

Inleiding

Deze bundel is een verzameling van artikelen over licht die tussen 22 juni 1984 en 26 juli 1985 in „Groenten en Fruit” zijn gepubliceerd. Een bijna identieke reeks is verschenen in het vakblad voor de Bloemisterij. De artikelen zijn globaal in te delen in vier onderwerpen:

- **Natuurkundige aspecten van licht.**
- **Fysiologische effecten van licht op plantengroei en produktie.**
- **Teeltkundige aspecten van licht.**
- **Economische beschouwingen over licht in de glastuinbouw.**

In de eerste artikelen over natuurkundige aspecten wordt uiteengezet wat licht en wat straling is, welke verschillende soorten licht en straling we kennen en welke meetapparatuur en welke eenheden we ervoor gebruiken. Tevens wordt een indruk gegeven van de in Nederland voorkomende hoeveelheden licht en straling. Daarna wordt in drie artikelen ingegaan op de lichtdoorlatendheid van het kasdek. Beschreven wordt dat de lichtdoorlating van het dek kan variëren in de loop van een dag en in de loop van het jaar, doordat de hoogte van de zon en de bewolking de lichtdoorlatendheid sterk beïnvloeden. Metingen ten aanzien van de lichtdoorlatendheid moeten daarom worden uitgevoerd bij egaal bewolkt weer. Gebleken is dat het meten van de lichtdoorlatendheid bij bewolkt weer een representatief cijfer oplevert voor de gemiddelde lichtdoorlatendheid van een kas en dat een dergelijke getal geschikt is om verschillende kassen met elkaar te vergelijken.

Voor verschillende kastypen worden de aldus bepaalde lichtdoorlatendheidspercentages

gegeven.

De laatste natuurkundige artikelen gaan over de effecten van licht en straling op de plantengroei en op het kasklimaat. Er worden richtlijnen gegeven voor het lichtafhankelijk regelen van het kasklimaat. Tenslotte wordt een overzicht gegeven van mogelijke maatregelen om teveel instraling (en daardoor te hoge temperaturen) in de zomer te voorkomen.

In de artikelen over plantenfysiologische onderwerpen, wordt de theoretische achtergrond beschreven van het verband tussen licht en produktie (bijvoorbeeld de vuistregel 1% licht = 1% produktie). Belangrijk is in dit verband de lichtonderschepping. Een enkel blad of een jong gewas met maar een bladlaag reageert heel anders op licht dan een volgroeid gewas met veel bladeren. Het verschil wordt veroorzaakt doordat in een vol gewas de bladeren elkaar beschaduwen. Het bovenste blad kan dan een overmaat aan licht ontvangen, terwijl het onderste blad zich vrijwel in het schemerdonker bevindt. Als er meer licht doordringt in de onderste bladlagen, kan de groei en produktie van een gewas toenemen. Hierdoor is er ook in de zomer nog geen sprake van teveel licht. Met andere woorden: ook in de zomer kan er meer worden geproduceerd als het gewas meer licht onderschept.

Niet alleen de plantafmetingen zijn van belang voor de reactie van planten op licht, ook het plantgewicht speelt een rol. Bij jonge planten zien we bovendien nog een aanpassingsverschijnsel optreden. Naarmate van meer licht sprake is, neemt de dikte van de bladeren toe. Dit betekent dat de extra suikers worden gebruikt om een extra dik blad te maken en niet alleen om het bladoppervlak te vergroten. Een groot bladoppervlak is echter bij jonge planten voordelig omdat daarmee weer meer licht wordt

onderschept. Verder is er bij gewassen die vruchten produceren (tomaten en komkommers) in het volgroeide stadium een ander effect te verwachten dan in een jonger stadium. Bij jonge planten leidt een grotere hoeveelheid licht tot een snellere groei en daardoor tot een vroegere start van de produktie. Bij producerende planten wordt meer licht omgezet in een grotere produktiesnelheid. Bij het bepalen van het verband tussen licht en produktie moet verschil worden gemaakt tussen vroegheid en produktiesnelheid. De effecten van licht hangen tenslotte ook nauw samen met de factoren temperatuur en CO₂-concentratie. Al deze effecten komen uitvoerig aan de orde in zeven artikelen over fysiologische achtergronden.

In de teeltkundige artikelen wordt voor tomaat en komkommer uiteengezet welke produktieverschillen werden gevonden tussen verschillende kassen met of zonder energiebesparende maatregelen (enkel en dubbel glas, met en zonder scherm, met en zonder reflectiekorrels, met een donker en een 'licht' dek). Wat betreft de vroegheid zijn er dan ook andere factoren in het spel, bijvoorbeeld een hogere luchtvochtigheid en temperatuur onder een scherm

of dubbel glas. Hierdoor werd soms de groei van de jonge planten en daardoor de vroegheid verbeterd. Wanneer alleen de factor licht verschillend is, is zowel de vroegheid als de produktiesnelheid in een lichte kas hoger. In het algemeen was in de zomer (vanaf half maart) het produktieverschil duidelijk merkbaar. In de meeste proeven, vooral die met tomaat, werd over het hele seizoen genomen de regel 1% licht = 1% produktie bevestigd. Bij het beoordelen van het lichteffect werd ook de kwaliteit (houdbaarheid) bekeken. Hoewel de andere factoren (luchtvochtigheid en temperatuur) bij energiebesparende maatregelen de kwaliteit sterk beïnvloeden, werd toch duidelijk dat meer licht de kwaliteit verbetert. Met name bij komkommer (die werd beoordeeld op kleur na een periode van bewaring) werd de lichtinvloed op de kwaliteit aangetoond.

Het gebruik van kunstlicht in de opkweek wordt besproken in de laatste twee teeltkundige artikelen. In de opkweekfase heeft bijbelichting (in de winter in de nachtelijke uren) een positief effect op de kwaliteit van de jonge planten. Met name bij komkommer is dit interessant, bij paprika en tomaat kan men even goed hetzelfde effect krijgen door vroeger te zaaien.

In een economische bijdrage wordt aangetoond dat bij verschillende gewassen het verband tussen licht en opbrengst onmiskenbaar aanwezig is. In een bedrijfseconomisch artikel tenslotte wordt de lichtopbrengst relatie gebruikt om te berekenen welke energiebesparende maatregelen het meest aantrekkelijk zijn bij verschillende teelten. Ook de vraag of een kas al dan niet moet worden vervangen, kan met de gebruikte berekeningsmethode worden beantwoord.



NATUURKUNDIGE ONDERWERPEN

Eenheden en hoeveelheden licht en straling	6
Natuurkundige aspecten van licht	9
Metten van „groeilicht“, „kijklicht“ en straling	12
Lichtdoorlatendheid van het kasdek.	14
Lichtdoorlatendheid onder verschillende omstandigheden	18
Metten van licht in de praktijk	22
Invloeden van licht en straling op kasklimaat en gewas	24
Licht afhankelijk klimaat regelen	26
Straling wegschermen in de zomer	28

FYSIOLOGISCHE ONDERWERPEN

Licht, plant en gewas	34
Licht en groei	36
Niet zomaar de 1%-regel hanteren	39
Licht in de kas ook in de zomer belangrijk	41
Lichtinvloeden bij laagblijvende gewassen	44
Relaties tussen licht, CO ₂ en temperatuur	47
Lichtvangst, plantgewicht en groei.	50

TEELTKUNDIGE ONDERWERPEN

Invloed van licht op produktie van tomaat.	54
Invloed van licht op produktie van komkommer	57
Invloed van licht op kwaliteit tomaat- en komkommervruchten.	60
Bodem bedekken bij groentegewassen. 63	
Kunstlicht in de kas.	66
Effecten bijbelichting tijdens opkweek van planten	70

ECONOMISCHE ONDERWERPEN

Bedrijfseconomische beschouwing licht-opbrengst relatie.	75
Licht-opbrengst relatie economisch bekeken	79

Licht is voor de groei en produktie van gewassen een zeer belangrijke factor. Dit geldt niet alleen voor de winterperiode maar vooral ook voor de zomerperiode. Voor de meeste gewassen geldt dat licht in de kas zal leiden tot een verbetering van de groei en daardoor tot meer produktie en een betere kwaliteit.

Dat licht van groot belang is voor de groei van gewassen, is geen nieuws. Door de energiecrisis in de jaren 70 rezen echter vragen over de mogelijkheden van energiebesparing en werden tal van isolatiemethoden bedacht, zoals dubbele gevels, dubbele kasbedekkingsmaterialen, energieschermen en gecoat glas. Wanneer deze mogelijkheden zouden worden toegepast, zou dit leiden tot een geringe lichtdoorlatendheid van het dek. Dit heeft geleid tot hernieuwde aandacht voor de factor licht bij de Proefstations en de onderzoeksinstituten in Wageningen.

Door de op talrijke plaatsen uitgevoerde onderzoeksprojecten is het inzicht in het belang van de factor licht voor de plantengroei in kassen vergroot. Met name over de betekenis van licht in de zomer is ook meer kennis verkregen. De verzamelde kennis is voor iedere teler van groot belang. Hij zal zich ervan moeten verzekeren dat aan de factor licht geen onnodige concessies kunnen worden gedaan. Bij het nemen van beslissingen over de kasconstructie, kasbedekkingsmaterialen, scherminstallaties, de ligging van het verwarmingssysteem en de glasreiniging moet voor iedere teler het licht een zeer belangrijke rol spelen. Geprobeerd is de kennis over de factor licht in relatie tot de teelt van gewassen in kassen door middel van een serie artikelen in de vakbladen aan de praktijk door te geven. Ook anderen die bij de tuinbouw zijn betrokken, kunnen hier profijt van hebben. Het leek ons van belang deze informatie ook gebundeld aan alle geïnteresseerden te kunnen verstrekken. Dit is de reden van het tot stand komen van deze brochure, die bestaat uit een samenbundeling van artikelen die al

zijn gepubliceerd.

Deze serie artikelen kon slechts worden gerealiseerd door de zeer positieve medewerking van veel personen, waarvan u de namen bij de artikelen zult vinden. Naast deze medewerkers moest er een stuwende kracht zijn, die zorgde voor het tot stand komen van een lijst met te behandelen onderwerpen, planning en onderlinge afstemming van de artikelen. In Ir. E. M. Nederhoff werd deze persoon gevonden. Naast alle anderen die een bijdrage aan het tot stand komen van deze brochure hebben geleverd, verdient zij veel dank voor het door haar verzette werk.

Ir. C. M. M. VAN WINDEN

Proefstation voor tuinbouw onder glas Naaldwijk

Opmerking over de gebruikte eenheden

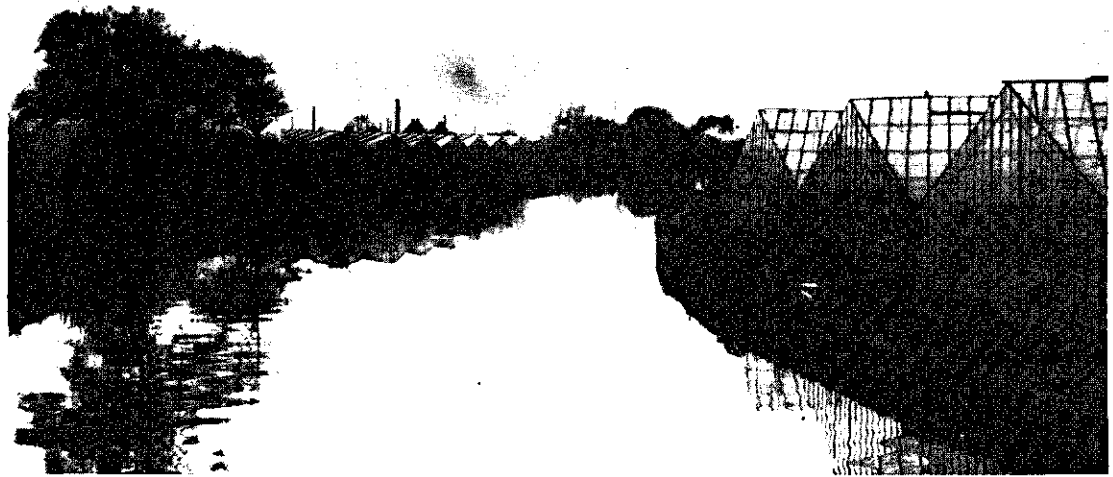
In vrijwel alle artikelen komen tabellen of figuren voor waarin hoeveelheden licht of straling worden genoemd. Het kan verwarrend zijn dat er soms verschillende eenheden worden gebruikt. In het ene geval wordt de stralingsintensiteit gebruikt (eenheid W/m²) en in het andere geval stralingsssom (eenheid J/cm²/dag). Bovendien wordt soms „straling“ of „globale straling“ gebruikt en soms „licht“. Het is belangrijk te weten dat licht en straling niet hetzelfde betekenen en dat de gebruikte eenheden en hoeveelheden ook verschillend kunnen zijn. In het kort komt het erop neer dat licht één van de vele soorten straling is. Het is de straling die wij kunnen zien en die ook belangrijk is voor de plantengroei. Globaal genomen maakt licht ongeveer 45 à 50% van de globale straling (=zonne-straling) uit. Het eerste artikel („licht en straling, eenheden en hoeveelheden“) kan hierover meer duidelijkheid geven.



**NATUURKUNDIGE
ONDERWERPEN**

EENHEDEN EN HOEVEELHEDEN LICHT EN STRALING

Voor het begrip straling bestaan heel veel verschillende termen en dat veroorzaakt vaak verwarring. Bekende termen zijn licht, globale straling, zichtbare straling, groei-licht, kijklicht, lichtsom, stralingsom en dagsom. Nog veel meer onduidelijkheid bestaat er over de gebruikte eenheden Watt per m², Joule, J per cm², Watt-uur per m², lux, lumen en luxuur. Bovendien is op de markt een bonte verzameling licht- en stralingsmeters te koop, die totaal verschillende resultaten produceren als ze met elkaar worden vergeleken. In dit artikel zullen we proberen een en ander wat toe te lichten.



Wat is nu licht en wat is straling? Straling is de algemene term waarmee allerlei elektromagnetische trillingen worden aangeduid. Bijvoorbeeld röntgen, televisiegolven, geluid, warmte en licht. Licht is het gedeelte van de zonnestraling waarvoor het menselijk oog gevoelig is. Licht is dus hetzelfde als zichtbare straling. Wanneer we ons beperken tot de straling die voor de tuinbouw van groot belang is, dan is dat de straling van de zon. Iedereen weet dat zonneshijn tenminste twee merkbare effecten heeft.

De zon geeft namelijk licht en warmte. Er zit dus zichtbare straling en warmtestraling in de straling van de zon. Eveneens bekende bestanddelen zijn ultraviolette straling (waardoor plastic snel verouderd) en infra rode straling. Infra-rood hoort bij de warmtestraling; het verwarmt de planten en kan ook worden gebruikt voor het meten van de gewastemperatuur.

Wanneer we nog iets meer over straling willen kunnen zeggen, moet het begrip golflengte worden geïntroduceerd. Met het woord golflengte wordt iedere

soort straling gekarakteriseerd. (Soms wordt ook wel de frequentie gegeven in plaats van de golflengte). De golflengte wordt uitgedrukt in nanometers (nm). Een nanometer is 0.00000001 meter.

De totale zonnestraling omvat de straling met een golflengte tussen 300 en 3000 nm. Warmtestraling en ook infra-roodstraling heeft een golflengte van 700 nm of hoger. Ultraviolet heeft een golflengte van 400 nm of lager. In figuur 1 is weergegeven dat deze drie componenten van zonnestraling door elkaar voorkomen. Het zal duidelijk zijn dat de zichtbare straling (of licht) bestaat uit een mengsel van verschillende lichtstralen met verschillende golflengten. Iedere golflengte is een kleur. Een lichtstraal met een golflengte van ongeveer 450 nm is bijvoorbeeld blauw, 550 nm is groen, 600 nm is geel en 650 nm is een rode lichtstraal. Deze twee begrippen, straling en licht, zullen wel duidelijk zijn. De andere begrippen kunnen hiermee nu makkelijk worden vergeleken. **Globale straling.** Dat is de totale zonnestraling, dus de genoemde

drie componenten bij elkaar met een golflengte tussen ongeveer 300 en 3000 nm.

„**Groeilicht**”. Dit is dat deel van de zonnestraling dat door bladgroenkorrels in planten wordt geabsorbeerd. Deze straling veroorzaakt in de plant assimilatie (CO₂-opname). De golflengte van deze straling ligt tussen 400 en 700 nm. Dat is dus hetzelfde als het golflengtegebied van het licht (= zichtbare straling). Dit betekent dat bladgroenkorrels voor dezelfde straling gevoelig zijn als waar het menselijk oog gevoelig voor is. Er is echter wel een verschil. Dat wordt duidelijk als het gaat over het meten van licht. Het aandeel van het „groeilicht” in de globale straling bedraagt 45 à 50%.

„**Kijklicht**”. Dat is de straling die door het menselijk oog wordt waargenomen. Ook hierbij is het golflengtegebied 400 tot 700 nm. Het verschil tussen „groeilicht” en „kijklicht” is niet het golflengtegebied, maar wel de samenstelling van het licht. Dit heeft te maken met de verschillende gevoeligheden van enerzijds de plant en anderzijds het menselijk oog. De plant absor-

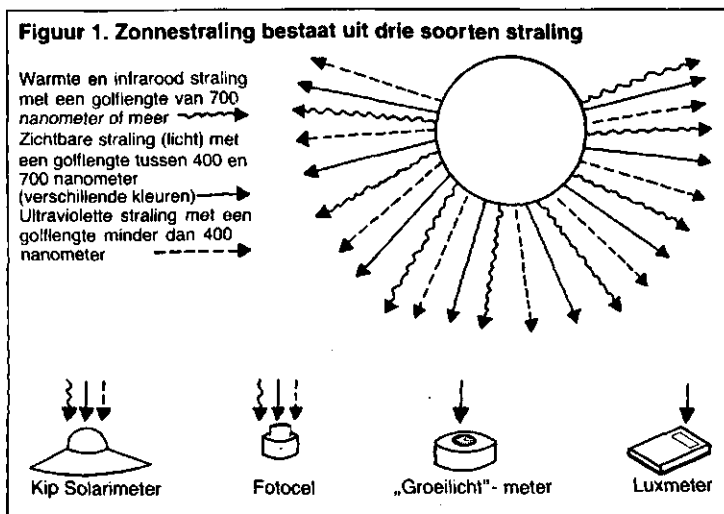
beert voornamelijk rood en oranje licht en weinig groen licht. Doordat groen weinig wordt geabsorbeerd, zien planten er groen uit. Het menselijk oog absorbeert de verschillende kleuren totaal anders. Ons oog is het meest gevoelig voor geel licht. Wanneer een bundel lichtstralen vooral rood en oranje licht bevat (golflengte 600 tot 700 nm) is dat dus goed „groeilicht”, maar dit wordt door ons oog niet zo sterk waargenomen. Een straal geel licht daarentegen (550 nm) is voor de groei van een plant minder interessant, maar wordt door ons wel duidelijk gezien. Overigens moet een plant wel van alle kleuren licht iets ontvangen om goed te kunnen groeien. Kunstlicht met alleen maar oranje-rood licht geeft dus een kwalitatief slechte plant.

De termen **lichtsom**, **stralingsom** en **dagsom** worden vaak gebruikt om aan te geven hoeveel licht of straling in een bepaalde tijd is „gevallen”. Vaak is het een probleem welke eenheden hierbij horen. Als het gewoon over licht en straling gaat, bedoelen we meestal de intensiteit

op een bepaald moment. Die wordt uitgedrukt in energie per seconde per oppervlakte, bijvoorbeeld in Joule per seconde per m^2 ($J/s.m^2$). Dit is hetzelfde als Watt per m^2 (W/m^2). Bij een stralingsom of lichtsom wordt de intensiteit vermenigvuldigd met de tijdsduur waarin die straling is gemeten. Een rekenvoorbeeld: Als er gedurende twee uur (= 7200 seconden) een intensiteit is geweest van 300 Joule per seconde per m^2 is de stralingsom $300 \times 7200 = 2160000 J/m^2$ ofwel $216 J/cm^2$. Dit is de eenheid die in de vakbladen wordt gebruikt voor de stralingsgegevens van het proefstation Naaldwijk. Het gaat hier dus om de globale straling die op één dag is gevallen; de stralingsom of de dagsom.

Stralingsmeters

Voor de verschillende soorten straling bestaan verschillende meters. Voor de globale straling (= totale zonnestraling) is de Kipp Solarimeter de meest geschikte meter. Deze meet de straling met een golflengte tussen 300 en 3000 nm, dus de zichtbare straling plus een hoeveelheid infra-rood en ultraviolet. Het resultaat wordt meestal gegeven in W/m^2 (of soms in $J/cm^2.uur$). Omdat deze Kipp Solarimeters nogal prijzig zijn, worden ze alleen geleverd als de tuinder bereid is daarvoor extra te betalen. Vaak wordt echter een goedkope fotocel voldoende gevonden. De gevoeligheid van een fotocel kan nogal sterk afwijken van die van een Kipp So-



larimeter. Het kan bijvoorbeeld zo zijn dat bepaalde kleuren of bepaalde componenten helemaal niet of niet met de juiste gevoeligheid worden gemeten. Bij het vergelijken van de verschillende stralingsmeters in de tuinbouw zijn erg grote verschillen aangetroffen (Zie G+F van 31 mei, V. Haasteren).

„Groeilicht“ wordt gemeten met verschillende meters, bijvoorbeeld met een TFDL-groeilichtmeter (TFDL = Technische Fysische Dienst voor de Landbouw in Wageningen) of met een PAR-meter. PAR staat voor de Engelse term Photosynthetic Active Radiation, dat wil zeggen de straling die door planten wordt gebruikt. Alleen de straling met een golflengte tussen 400 en 700 nm wordt door de PAR-meter „gezien“. De rest (infra-rood en ultraviolet) wordt niet meege-

meten. Dit betekent dat deze meter ongeveer 45 à 50% van de Kipp Solarimeter aangeeft, omdat 45 à 50% van de globale straling bestaat uit „groeilicht“. Belangrijk bij „groeilichtmeters“ is dat de meter ongeveer dezelfde kleurvoeligheid heeft als een plant. Dat wil zeggen dat de rode en oranje straling meestal sterker worden meegemeten dan de groene straling. De eenheid is net als bij Kipp Solarimeters de W/m^2 (of $J/cm^2.uur$). Enkele speciale PAR-meters gebruiken ook de eenheid Einstein/ $s.m^2$.

„Kijklicht“ wordt met een luxmeter gemeten. Deze meet dus ook alleen de straling met een golflengte tussen 400 en 700 nm, maar met een gevoeligheid voor kleuren die hetzelfde is als die van het menselijk oog. Dat betekent dat de gele straling veel sterker wordt gemeten dan andere straling. Daardoor is deze zeer speciale meter voor het gebruik in de tuinbouw beslist niet geschikt. Planten reageren immers maar weinig op geel en wel sterk op rood en oranje. De gebruikte eenheid is lux of kilolux ($klux$) en $1 lux = 1 lumen/m^2$.

Eenheden

De eenheden die al zijn genoemd, zullen we nog eens even op een rijtje zetten.

De intensiteit van de straling, zoals die wordt gemeten met een Kipp Solarimeter, wordt weergegeven in Watt per m^2 (W/m^2). Dat is precies hetzelfde als Joule

per seconde per m^2 ($J/s.m^2$). Een andere eenheid die wel eens wordt gebruikt, is de Joule per cm^2 per uur. Als we het een in het ander willen omrekenen, geldt het volgende: $1 W/m^2 (= 1 J/s.m^2) = 0.36 J/cm^2.uur$.

Als eenheid voor de intensiteit van licht kan ook W/m^2 worden gebruikt, net als voor straling. Bij het vergelijken van een groeilichtmeter en een Kipp Solarimeter zal echter blijken dat de Kipp Solarimeter in daglicht ongeveer twee keer zoveel aangeeft als de groeilichtmeter. Dit komt, zoals al eerder werd beschreven, omdat de groeilichtmeter maar een deel van de zonnestraling „ziet“. Door sommige lichtmeters wordt de hoeveelheid licht aangegeven in Einstein/ $s.m^2$. Deze eenheid kan niet zonder meer worden omgerekend naar W/m^2 of naar Joules/ $cm^2.uur$. Daarom blijft dit buiten beschouwing. De achtergrond van de Einstein is uitgelegd in het artikel van drs. O. Elgersma in deze serie.

Voor de lichtintensiteit wordt de lux en kilolux ($klux$) wel veel gebruikt (té veel zelfs). Deze eenheid past alleen bij luxmeters. Dat zijn dus de lichtmeters met een gevoeligheid zoals die van het menselijk oog. Ook de eenheid lux kan moeilijk naar W/m^2 worden omgerekend, omdat het voor iedere lichtbron anders is. Iedere lichtbron heeft namelijk zijn eigen kleurensamenstelling en zelfs voor één bron (bijvoorbeeld daglicht) kan het variëren. In de tabel zijn voor enkele bronnen de twee eenheden (lux en W/m^2) naar elkaar omgerekend. Deze tabel geeft alleen een globale indicatie.

Wanneer over de stralingsom of over lichtsom wordt gesproken, is dit de intensiteit vermenigvuldigd met de tijdsduur waarover de straling (of licht) is gemeten. De volgende eenheden zijn mogelijk:

$W/m^2 \times seconden = J/s.m^2 \times s = J/m^2 = 1/10000 J/cm^2$ of in $W/m^2 \times uur = Watt.uur/m^2 (Wh/m^2)$.

Als er bijvoorbeeld een uur lang (= 3600 seconden) een straling is geweest met een intensiteit van $300 W/m^2$, dan is de stralingsom:

Tabel. Het verband tussen de stralingsintensiteit gemeten met een Kipp-solarimeter (in W/m^2) en de lichtintensiteit gemeten met een luxmeter (in kilolux) bij verschillende lichtbronnen. Alleen een indicatie! Bijvoorbeeld gloeilamp: $1 klux = 4.2 W/m^2$. Ook geldt $1 W/m^2 = 1/4.2 = 0.24 klux$

Bron	1 klux = ... W/m^2
Daglicht op donkere dag ($25 W/m^2$)	24
Daglicht op lichtere dag ($300 W/m^2$)	14
Daglicht op lichte dag ($600 W/m^2$)	11
Daglicht op zonnige zomerdag ($1000 W/m^2$)	10
Gloeilamp (150 W)	4.2
TL, verschillende typen (36 W)	2.9
Hoge druk kwik, HPL-N (400 W)	2.9
Metaal-halide HPI-T (400 W)	2.8
Gasontlading SL (25 W)	2.8
Hoge natrium, SON-H en SON-T (350-400 W)	2.3
Lage druk natrium, SOX (180 W)	1.9

$300 \text{ W/m}^2 \times 3600 \text{ s} = 1.080.000 \text{ J/m}^2 = 1080 \text{ kiloJoule/m}^2 (\text{kJ/m}^2) = 1.08 \text{ MegaJoule/m}^2 \text{ of } 108 \text{ J/cm}^2$.

Dit is hetzelfde als $300 \text{ W/m}^2 \times 1 \text{ uur} = 300 \text{ Wh/m}^2$. Dus $1 \text{ Wh/m}^2 = 0.36 \text{ J/cm}^2$ ofwel $1 \text{ J/cm}^2 = 2.78 \text{ Wh/m}^2$.

De lichtsom die met een luxmeter wordt gemeten, wordt weergegeven in lux.uur. Dus bijvoorbeeld twee uur lang een lichtintensiteit van 25.000 lux (25 klux) geeft 50.000 lux.uur of 50 klux.uur.

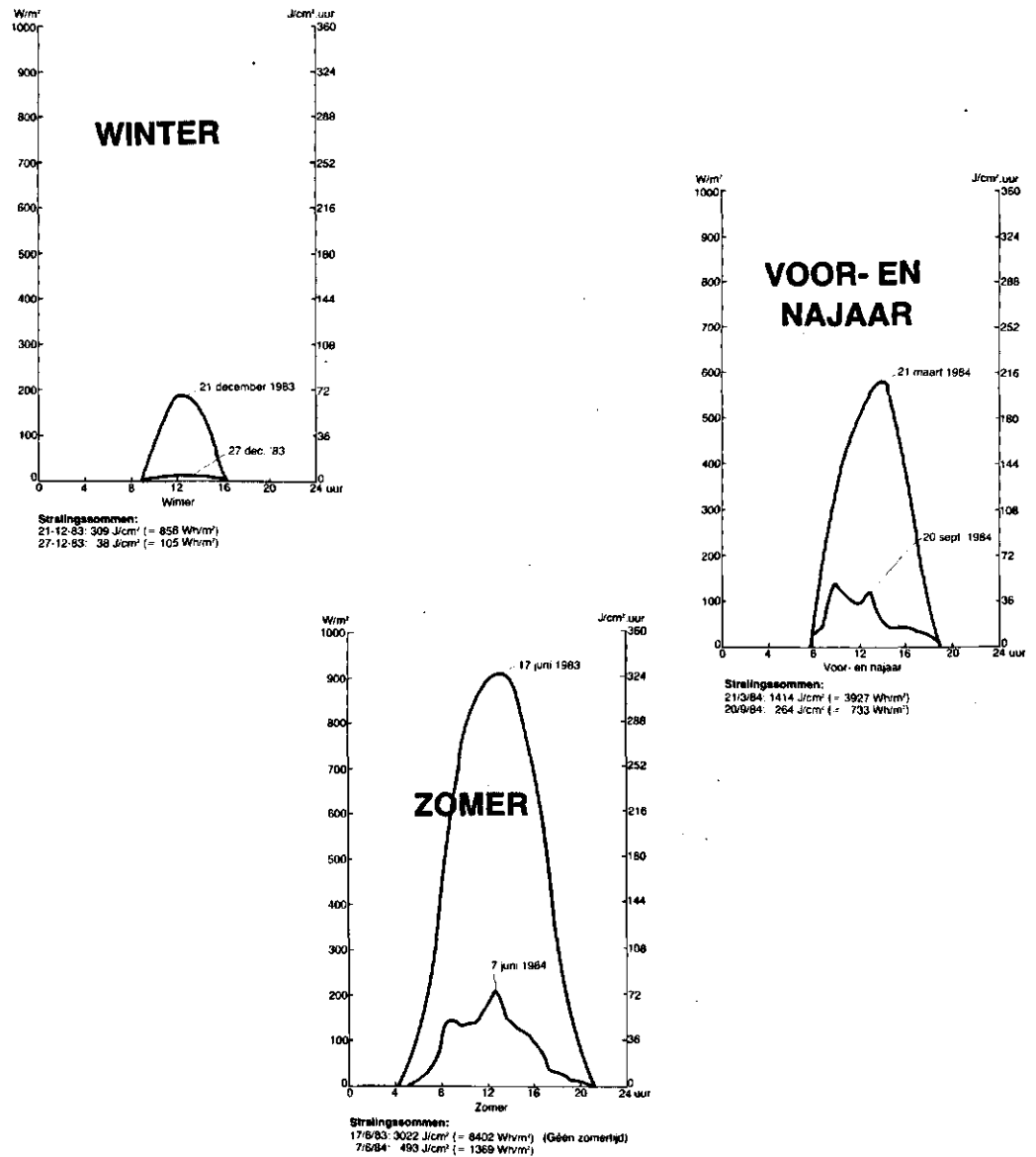
We moeten nogmaals benadrukken dat luxmeters ongeschikt zijn voor gebruik in de tuinbouw, hoewel dat op grote schaal wel gebeurt.

Hoeveelheden

Na alle uitleg over eenheden en over metingen kan een grafiek (figuur 2) misschien inzicht geven in de hoeveelheden straling die in Nederland voorkomen. Hiervoor is gebruik gemaakt van de stralingsmetingen die in Naaldwijk worden verricht en die wekelijks in dit vakblad worden vermeld.

Uit de metingen in de afgelopen vijf jaar zijn voor alle vier de jaargetijden de meest extreme dagen gekozen. Dat wil zeggen de lichtste en de donkerste dagen. Op de linker verticale as staat de gemeten globale straling in W/m^2 , op de rechter verticale as dezelfde straling in de eenheid $\text{J/cm}^2 \cdot \text{uur}$. Aangezien $1 \text{ W/m}^2 = 0.36 \text{ J/cm}^2 \cdot \text{uur}$, kan dit makkelijk in één figuur worden getekend. De eenheid lux is uiteraard niet van toepassing, omdat een Kipp Solarimeter is gebruikt. De stralingsommen zijn erbij vermeld in J/cm^2 en in Wh/m^2 . De hoogste stralingsom die in de afgelopen jaren in Nederland werd gemeten, is ruim 3000 J/cm^2 op één dag. De maximale intensiteit ligt in Nederland in de buurt van 1000 W/m^2 (soms korte tijd boven de 1000 W/m^2). Op een zeer lichte decemberdag werd een stralingsom gevonden die circa een tiende deel was van de som op een zeer lichte zomerdag. Op een donkere winterdag kan de stralingsom terugvallen tot een achtste van de maximale stralingsom in de winter.

Figuur 2. De in Nederland voorkomende straling, gemeten met een Kipp solarimeter in Naaldwijk. Voor verschillende seizoenen zijn de donkerste en lichtste dagen van de afgelopen vijf jaar weergegeven. De eenheden zijn W per m^2 en J per cm^2 per uur voor de stralingsintensiteit en J per cm^2 en Wh per m^2 voor de stralingsom



Zonnestraling bestaat uit drie componenten, namelijk zichtbare straling (= licht), warmtestraling (inclusief infra-rode straling) en ultraviolette straling. Licht bestaat uit straling van verschillende golflengten die variëren van 400 tot 700 nanometer (nm). Iedere golflengte is een kleur. Voor het meten van de totale zonnestraling (= globale straling) is een Kipp Solarimeter het meest geschikt. De meest gebruikte eenheid is W/m^2 . Voor de stralingsommen

wordt bijvoorbeeld J/cm^2 gebruikt.

Het meten van licht in de tuinbouw („groeilicht”) gebeurt met speciale meters. De eenheden zijn bij sommige meters hetzelfde als voor de straling (W/m^2 enzovoort) en bij sommige speciaal aangepast (Einstein/ s.m^2).

Vaak wordt licht met luxmeters gemeten, waarbij de eenheid lux wordt gebruikt voor de lichtintensiteit en de eenheid lux.uur voor de lichtsom. Deze meters zijn echter ongeschikt voor ge-

bruik in de tuinbouw, aangezien luxmeters de kleurgevoeligheid hebben van het menselijk oog en niet de gevoeligheid van de plant.

Verschillende eenheden voor de straling- en lichtintensiteit en sommen zijn naast elkaar gezet en in elkaar omgerekend. Tenslotte is in een figuur weergegeven welke stralingshoeveelheden in de verschillende jaargetijden in Nederland voorkomen.

ELLY NEDERHOFF
Proefstation Naaldwijk

NATUURKUNDIGE ASPECTEN VAN LICHT

Een groene plant kan koolzuurgas (CO₂) en water omzetten in suikers en zuurstof. Deze omzetting wordt fotosynthese genoemd. De energie-inhoud van het opgenomen koolzuurgas en water is kleiner dan die van de geproduceerde stoffen. De fotosynthese kan dus alleen plaatsvinden wanneer energie wordt toegevoerd. Bij het fotosyntheseproses vindt energietoevoer plaats wanneer de plant licht krijgt. Dit licht wordt in de plant geabsorbeerd door chlorofyl, de groene kleurstof in het blad. De suikers, die door de fotosynthese worden geproduceerd, worden als grondstoffen gebruikt voor de verdere uitbouw van de plant.

Licht is dus een noodzakelijke groeivoorwaarde voor planten net als andere goed bekende groeivoorwaarden, zoals warmte, water en meststoffen. Toch is in onderzoek en praktijk altijd minder aandacht aan licht besteed dan aan de andere groeifactoren. Vaak weet men wel hoe de thermostaat stond, of hoeveel kunstmest per m² is gebruikt, maar niet hoeveel licht op de planten is gevallen. Misschien komt dit omdat licht eigenlijk nog de enige groeifactor is waarvoor niet hoeft te worden betaald. Tenminste, als men genoeg neemt met de sterk wisselende en soms schaarse hoeveelheid licht die de natuur in ons land biedt.

Ook al is iets gratis: er kan toch van een tekort sprake zijn! Maar om te weten of men wel of niet tekort komt, moet men op zijn minst de noodzakelijke hoeveelheid licht in een voor plantengroei zinvol getal kunnen uitdrukken en vastleggen.

Het is de bedoeling van dit artikel om de hiervoor noodzakelijke achtergronden van deze groeifactor te belichten, zodat licht voor plantengroei met de bijbehorende eenheden een minder duistere zaak wordt dan het vaak schijnt te zijn.

Wat is licht?

Energie kan zich in veel gedaanten voordoen. Energie kan ook met meer of minder rendement van de ene in de andere vorm worden omgezet. De bekendste vorm van energie is waarschijnlijk warmte.

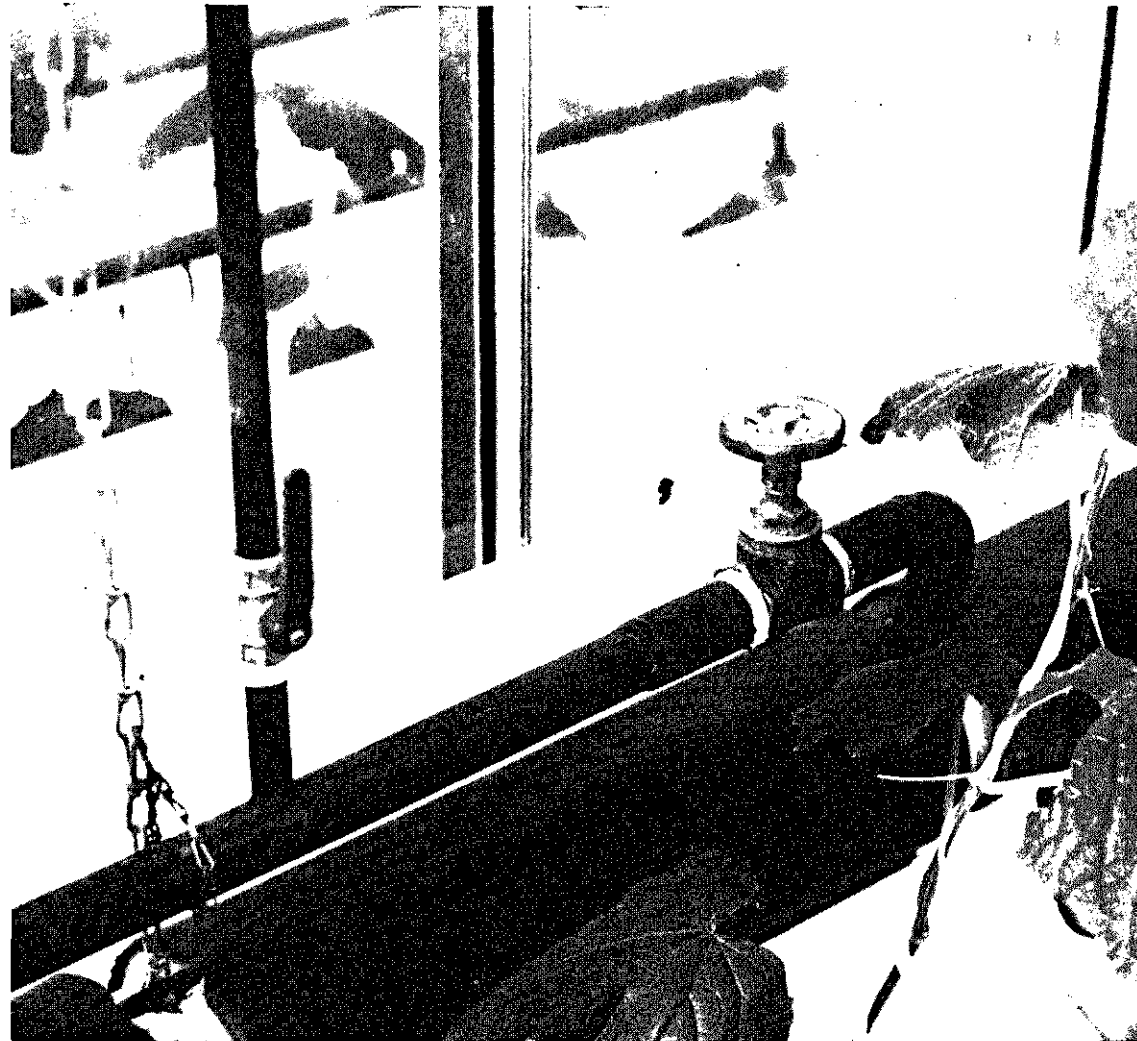
Ieder lichaam dat warmer is dan zijn omgeving, staat energie af aan die omgeving. Deze overdracht van energie kan op verschillende manieren plaatsvinden.

Eén daarvan is geleiding. Hoe

warmer het voorwerp is, des te meer warmte kan het afstaan. Brengen we nu bijvoorbeeld door een tussenstof een warm voorwerp in contact met een koud voorwerp, dan zal er via die tussenstof warmte worden doorgegeven naar het koude voorwerp. Het warme voorwerp wordt dan kouder en het koude warmer. Dit gaat net zolang

door totdat beide voorwerpen en de tussenstof even warm zijn. Het netto resultaat is dat er warmte is getransporteerd van het warme voorwerp naar het koude voorwerp.

Door het proces van geleiding vindt dus energietransport plaats van warm naar koud. De tussenstof hoeft niet per se een vaste stof te zijn. Ook via vloeistoffen en gassen kan warmte worden overgedragen. In dit geval gaat de geleiding (conductie) gepaard met stroming (convectie). Dit wil zeggen dat warmte wordt getransporteerd door een gas- of vloeistofstroming. Energietransport van warm naar koud kan ook plaatsvinden zonder tussenkomst van een tussenstof. In dat geval spreekt men van straling. Straling is energieoverdracht van het ene voorwerp naar het andere zonder tussenkomst van een geleidende stof. Bij deze overdracht spelen elektrische en magnetische krachten een rol. In tabel 1 zijn verschillende vormen van straling vermeld. Straling kan in de verschillende toepassingsgebieden worden geka-



rakteriseerd door de golflengte. In deze tabel zijn bij de eenheid van lengte, de meter (m), de voorvoegsels micro (m) en nano (n) gebruikt. Ze staan respectievelijk voor een miljoenste en een miljardste deel.

Ontvangers van straling, of dat nu radio- of TV-ontvangers zijn of chlorofylmoleculen in een

groene plant, zijn meestal alleen gevoelig voor een beperkt golflengtegebied. Een bladgroenkorrel (chlorofyldeeltje) absorbeert straling die ligt in het golflengtegebied van 400 tot 700 nm. Dit is dan ook het golflengtegebied waarin de voor fotosynthese bruikbare straling voorkomt. Toevallig is dat ongeveer het-

Verklaring tabel 4

2^e kolom: (J/cm² buiten) dagsom van de globale straling in De Bilt in 1951 t/m 1980

3^e kolom: (MJ/m² in kas) dagsom van de globale straling in een kas met 70% lichtdoorlating

4^e kolom: (Wh/m² in kas) dagsom van licht in de kas, aangenomen dat licht 45% van de globale straling uitmaakt

5^e kolom: (uren) gemiddelde daglengte

6^e kolom: (W/m² in kas) gemiddelde lichtintensiteit in de kas

Tabel 1. Verschillende vormen van straling met de golflengte, waardoor ze worden gekarakteriseerd

Soort straling	Golflengte
Radio (AM)	200-2000 m
Radio (FM)	3-3,3 m
TV	0,3-1,5 m
Infrarood	0,7-100 µm
Licht	400-700 nm
Ultraviolet	1-400 nm
Röntgen	0,01-1 nm

zelfde golflengtegebied waar ook de stralingsabsorberende pigmenten in ons oog gevoelig voor zijn. **Straling, die kan worden gezien, wordt licht genoemd.** Doordat het menselijk oog bovendien nog kleuren kan zien, zijn we in staat om dit stralingsgebied nog wat verder te splitsen. In tabel 2 zijn de ver-

water, dat uit de kraan komt met een temperatuur van 10°C, aan de kook te brengen, hebben we $1000 \times (100-10) \cdot 0,24 = 375.000 \text{ J} = 375 \text{ kJ}$ nodig. Nu is bij beschouwingen over energie niet alleen de hoeveelheid van belang, maar ook de snelheid waarmee de energie kan worden toegevoerd. Als we die liter water in vijf minuten aan de kook willen brengen, moeten we de benodigde energie toevoeren met een snelheid van $375.000:300 = 1.250 \text{ J}$ per seconde. De snelheid waarmee energie wordt toegevoerd, wordt vermogen genoemd. In plaats van J per seconde spreekt men meestal van Watt, afgekort W. Een vermogen van 1 W betekent dus dat energie wordt toegevoerd met een snelheid van 1 Joule per seconde.

Tabel 2. Lichtkleuren met de bijbehorende golflengtegebieden

Kleur van het licht	Golflengtegebied
Blauw	400-500 nm
Groen	500-550 nm
Geel	550-600 nm
Oranje	600-650 nm
Rood	650-700 nm

Tabel 3. Energiegrootheden

Energie	Joule (J) Watt.uur (Wh) 1 Wh = 3600 J
Energiedichtheid	J/cm ² MJ/m ² Wh/m ²
Vermogen	Watt (W) 1 W = 1 J/sec
Vermogensdichtheid of intensiteit	W/m ²

Geven we een vermogen van 1 W gedurende een uur, we noemen dat een Watt-uur — afgekort Wh, dan betekent dit een energiestroom van 1 J per seconde gedurende 3.600 seconden, dus een totale energie van 3.600 Joule: $1 \text{ Wh} = 3.600 \text{ J}$. De voor het meten van elektrische energie gebruikelijke kWh, voluit **kilo-Wattuur**, is dus gelijk aan $3.600.000 \text{ J} = 3,6 \text{ MJ}$ (MJ = mega Joule = miljoen Joule). Deze eenheden van energie en vermogen zijn nog eens samengevat weergegeven in tabel 3.

schillende lichtkleuren met de bijbehorende golflengtegebieden aangegeven.

Hoeveel licht is dit?

Om te kunnen praten over de hoeveelheid licht hebben we een eenheid nodig om die hoeveelheid in uit te drukken. In het voorgaande hebben we gezien dat licht niets anders is dan energietransport via straling in het golflengtegebied van 400 tot 700 nm en dat het effect van licht op de plantengroei berust op het beschikbaar stellen van energie voor de chemische omzettingen in het fotosyntheseproces. Het ligt daarom voor de hand om voor de lichteenheid aansluiting te zoeken bij de energie-eenheid. De eenheid van energie is de Joule, afgekort J. Om een indruk van de grootte van deze eenheid te krijgen: voeren we 1 J warmte toe aan een gram water, dan stijgt de temperatuur van dit water met 0,24°C. Om een liter

Een andere manier om gevoel te krijgen voor de energie-inhoud van globale straling, is door deze te vergelijken met die van aardgas. De energie-inhoud van aardgas is 31,65 MJ. Bij een verbrandingsrendement van 0,9 levert 1 m³ 28,5 MJ warmte. Voor de gemiddelde junidag is de zonne-straling per m² dan gelijkwaardig met de verbranding van 0,45 m³ aardgas. Voor de decemberdag is dat 0,045 m³. Op een glastuinbouwbedrijf, dat per jaar 50 m³ aardgas per m² verstoekt voor verwarming, is het gemiddelde dagverbruik in december ongeveer 0,4 m³ per m². Dit is duidelijk veel groter dan de warmte-inhoud van de straling van een decemberdag, maar van dezelfde orde van grootte als die van een junidag. Een goede en goedkope seizoenopslag van

Maand		J/cm ² buiten	MJ/m ² in kas	Wh/m ² in kas	Uren	W/m ² in kas
Jan	I	192	1,3	168	7,8	21
	II	242	1,7	212	8,1	26
	III	264	1,8	231	8,6	27
Feb.	I	361	2,5	316	9,2	34
	II	447	3,1	391	9,8	40
	III	607	4,2	531	10,4	51
Mrt	I	734	5,1	642	10,9	59
	II	774	5,4	678	11,6	58
	III	926	6,5	810	12,3	66
Apr.	I	1.107	7,8	969	13,0	75
	II	1.312	9,2	1.148	13,6	84
	III	1.440	10,1	1.260	14,2	88
Mei	I	1.571	11,0	1.375	14,8	93
	II	1.746	12,2	1.528	15,4	99
	III	1.751	12,3	1.533	15,9	97
Jun.	I	1.941	13,6	1.699	16,2	105
	II	1.880	13,2	1.645	16,4	101
	III	1.759	12,3	1.539	16,4	94
Jul.	I	1.756	12,3	1.537	16,2	95
	II	1.606	11,2	1.405	15,9	88
	III	1.581	11,1	1.383	15,4	90
Aug.	I	1.528	10,7	1.337	14,9	90
	II	1.437	10,1	1.257	14,3	88
	III	1.412	9,9	1.236	13,6	91
Sept.	I	1.212	8,5	1.061	13,0	82
	II	1.064	7,4	931	12,3	76
	III	883	6,2	773	11,6	66
Okt.	I	751	5,3	657	11,0	60
	II	626	4,4	548	10,4	53
	III	466	3,3	407	9,7	42
Nov.	I	355	2,5	311	9,1	34
	II	269	1,9	235	8,6	27
	III	210	1,5	184	8,1	23
Dec.	I	203	1,4	178	7,8	23
	II	163	1,1	142	7,6	19
	III	179	1,3	156	7,6	21

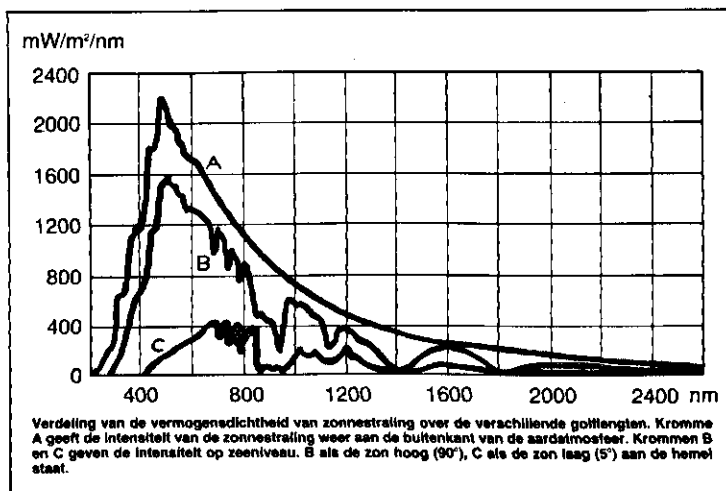
warmte zou het teveel van juni kunnen benutten om het tekort van december te dekken.

Omdat straling in feite niets anders is dan het transport van energie, kunnen we deze energie-eenheden ook voor straling gebruiken. De hoeveelheid straling wordt dan uitgedrukt in Joule en de toevoersnelheid of het vermogen van de straling in Joule per seconde of Watt.

Het is vaak ook van belang te weten hoe dicht de stralingsenergie is. Hoeveel straling valt op een oppervlak van een vierkante centimeter of een vierkante meter? Zo meet het KNMI in De Bilt en ook op de vier andere hoofdstations, hoeveel straling er in totaal iedere dag per cm^2 valt op een horizontaal vlak. Deze energiedichtheid van de straling wordt door het KNMI aangeduid met de naam **dagsom van de globale straling** en wordt uitgedrukt in J per cm^2 . Globaal wil in dit verband zeggen dat men zowel de directe als de diffuse straling meet. Meters waarmee dit soort metingen worden verricht worden meestal **solarimeters** genoemd.

In tabel 4 zijn de gemiddelde dagsommen van globale straling voor de verschillende decaden in het jaar gegeven over de periode 1951 tot en met 1980, uitgaande van de waarnemingen in De Bilt. Met de eerste en tweede decade van een maand wordt vanzelfsprekend respectievelijk de eerste en de tweede periode van tien dagen van die maand bedoeld. De derde decade is echter het nog resterende deel van de maand na de tweede decade. De derde decade van januari telt dus elf dagen, die van februari acht dagen, enzovoort.

Om een beetje gevoel voor de grootte van deze getallen te krijgen het volgende. Het daggemiddelde van de maand met de meeste straling, juni, is ongeveer tien keer zo groot als dat van de donkerste maand, december, namelijk 1800 J per cm^2 tegen 180 J per cm^2 . Zouden deze stralingsenergieën worden geabsorbeerd in 10 cm^3 water, dus een kolom van 10 cm onder het meetvlak van 1 cm^2 , en zou dit water geen warmte afstaan aan



de omgeving, dan zou op de gemiddelde junidag dit kolommetje water 43°C in temperatuur stijgen. In december zou dit echter maar 4,3°C zijn.

Het KNMI meet de straling buiten, maar voor het toepassen van deze getallen in de glastuinbouw willen we graag weten hoeveel straling in een kas komt. Uit het artikel van Nederhoff, De Graaf en Tooze, dat van Bot en dat van Middendorp en Nederhoff in deze serie bleek dat het moeilijk is een getal te geven voor de transmissie van een kasdek. De transmissie is afhankelijk van de tijd van de dag, de tijd van het jaar en de positie en de constructie van de kas. Toch volstaan we eenvoudigheidshalve met één getal voor de transmissie. Het gaat in dit artikel ook meer om een indruk te krijgen van de orde van grootte, dan het presenteren van exacte getallen. Voor de volgende berekeningen stellen we de transmissie van het kasdek op 70%. De globale dagsom in een kas wordt dan voor juni en december gemiddeld respectievelijk 1.300 en 130 J per cm^2 .

De cm^2 is als oppervlakte-eenheid in een kas niet zo handzaam. De m^2 is meer gebruikelijk. Voor juni en december worden de dagsommen dan 13 en 1,3 MJ per m^2 . Door een andere vorm te reserveren voor de eenheid kunnen we ook via de eenheids onderscheid maken: **stralingsdagsom buiten de kas** in J per cm^2 , **stralingsdagsom in de kas** in MJ per m^2 .

We hadden deze stralingsenergieën in plaats van in MJ per m^2 natuurlijk ook kunnen uitdrukken in Wh per m^2 . Dit zou voor de gemiddelde juni- en decemberdag respectievelijk 3.500 Wh per m^2 en 350 Wh per m^2 hebben opgeleverd. Maar we reserveren deze eenheid liever voor de lichtdagsom.

Behalve over de energiedichtheid van de straling kan men ook spreken over de vermogensdichtheid van de straling. Dit wordt meestal de **intensiteit van de straling genoemd**. De eenheid hiervoor is de Watt per vierkante meter, afgekort W per m^2 . In de figuur is de intensiteitsverdeling van de natuurlijke straling over de verschillende golflengten grafisch weergegeven. Voor de straling valt 90% van het vermogen in het golflengtegebied van 400 tot 1500 nm en 45% in het gebied van 400 tot 700 nm. Deze percentages zijn afhankelijk van de tijd van de dag, het seizoen, de aanwezigheid van wolken, enzovoort, maar gemiddeld is dit een redelijk goede benadering.

Met dit percentage, **45% van de natuurlijke straling is licht**, berekenen we de dagelijkse lichtsom in de kas uit de stralingsdagsom. Voor de gemiddelde juni- en decemberdag is dit respectievelijk 1.600 Wh per m^2 en 160 Wh per m^2 . De gemiddelde juni- en decemberdag zijn ongeveer zestien en acht uur lang. Door de energiedichtheid te delen door de daglengte wordt de

intensiteit verkregen. De **gemiddelde lichtintensiteit** is dan op de junidag $1.600:16=100$ W per m^2 , voor de decemberdag is de lichtintensiteit gemiddeld 20 W per m^2 . De **hoogste lichtintensiteit** (geen bewolking, heldere lucht en de zon zo hoog mogelijk aan de hemel) is ruim 450 W per m^2 . Dit komt overeen met een **totale straling** van ruim 950 W per m^2 (ongeveer 45% van de totale straling is licht).

In verschillende van de voorgaande artikelen hebben we gezien dat voor de groei van een plant niet alleen de hoeveelheid licht (in Wh per m^2) van belang is maar ook de intensiteit (in W per m^2). Naarmate de intensiteit groter wordt, wordt het effect van licht op de groei in verhouding kleiner. Dit verklaart waarom de verhouding van de groeisnelheden in zomer en winter minder is dan een factor tien, die we op grond van de verhouding van de dagelijkse lichtevoeligheden in juni en december zouden verwachten. Voor sla bijvoorbeeld is de teeltduur rond de langste en de kortste dag respectievelijk dertig en honderd dagen (een verhouding van 1:3).

De hiervoor beschreven omrekeningen van stralingsdagsom buiten naar stralingsdagsom in de kas en van deze naar de lichtsom in de kas en vervolgens naar de gemiddelde lichtintensiteit zijn uitgevoerd voor de verschillende decaden. De resultaten staan in tabel 4. In principe kunnen de gegevens van deze tabel worden gebruikt om de plantengroei in Nederland in de verschillende decaden van het jaar te schatten. In het artikel van Challa in deze serie is een verband aangegeven tussen de hoeveelheid licht en de plantengroei. Wel moet er rekening mee worden gehouden dat in dit artikel alle andere klimaatfactoren als constant zijn verondersteld. Na deze uitleg over hoe de lichtevoeligheden kunnen worden weergegeven, zal in een volgend artikel worden ingegaan op de verschillende manieren waarop licht kan worden gemeten.

DRS. O. ELGERSMA
Philips Natuurkundig
Laboratorium

METEN VAN „GROEILICHT”, „KIJKLICHT” EN STRALING

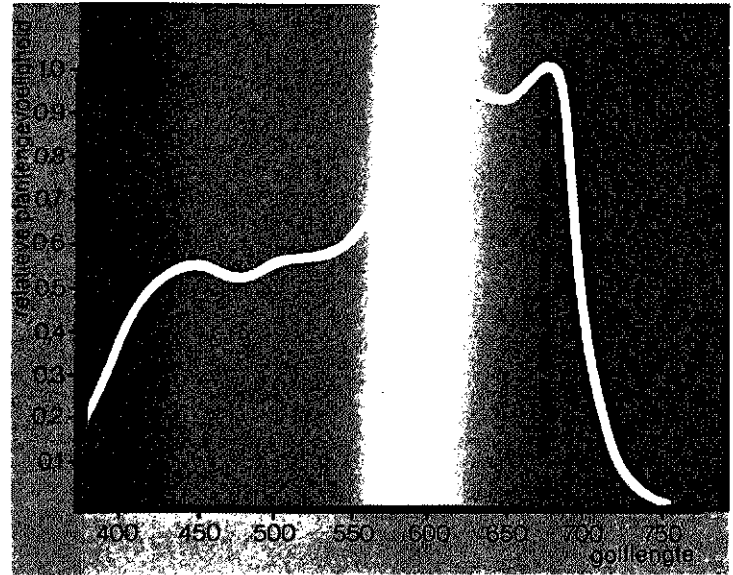
In het artikel „Natuurkundige aspecten van licht” werd beschreven wat licht is en in welke eenheid de hoeveelheid licht kan worden uitgedrukt. Gesteld werd dat licht een deel van de totale straling is en wel het deel met een golflengte tussen 400 en 700 nm (nm betekent nanometer. Dit is een miljardste meter). Eveneens werd gesteld dat de energie-inhoud van licht een goede maat zou zijn voor het omschrijven van de hoeveelheid licht. In dit artikel wordt ingegaan op de verschillende „soorten” licht – „groeilicht” en „kijklucht” – en hoe deze moeten worden gemeten.

Het gebruik van energie-eenheden (J per cm^2 , MJ per m^2 , Wh, KWh, Wh per m^2) is gebaseerd op het feit dat licht de energiebron voor de plantengroei is, met name voor de fotosynthese. Dit laatste is de omzetting van CO_2 en water naar suikers. Nu kan de energie van het licht niet zonder meer worden gemeten, wanneer we het effect van licht op de planten willen bekijken. Dat mag alleen als alle kleuren licht hetzelfde effect op de planten hebben. Dit is nu niet het geval, want de meeste planten zien er voornamelijk groen uit. Dit wil zeggen dat ze – net als alle voorwerpen die er groen uitzien – het groene licht meer verstrooien en dus minder groen absorberen dan andere kleuren licht. Licht zal in ieder geval door de plant moeten worden geabsorbeerd wanneer het werkzaam wil kunnen zijn in het fotosyntheseproces. Het ligt dus voor de hand dat een plant bij groen licht minder suikers zal produceren dan bij dezelfde hoeveelheid licht van een andere kleur.

Nog meer twijfel aan de gelijkwaardigheid van verschillende kleuren licht voor het fotosyntheseproces ontstaat door het deeltjeskarakter van straling. Veel processen in de natuur verlopen stap voor stap. De absorptie van licht en dus het effect op de fotosynthese blijkt ook stapsgewijs te gaan. We moeten aannemen dat de straling uit vaste eenheden is opgebouwd: pakketjes straling, die meestal quanta worden genoemd. De energie-inhoud van zo'n quantum straling is omgekeerd evenredig aan de golflengte van de straling. De energie-inhoud van een quantum blauw licht (400 nm) is $700 : 400 = 1,75$ keer zo groot als de energie-inhoud van een quantum rood licht (700 nm). Toch hebben beide quanta in het fotosyntheseproces hetzelfde re-

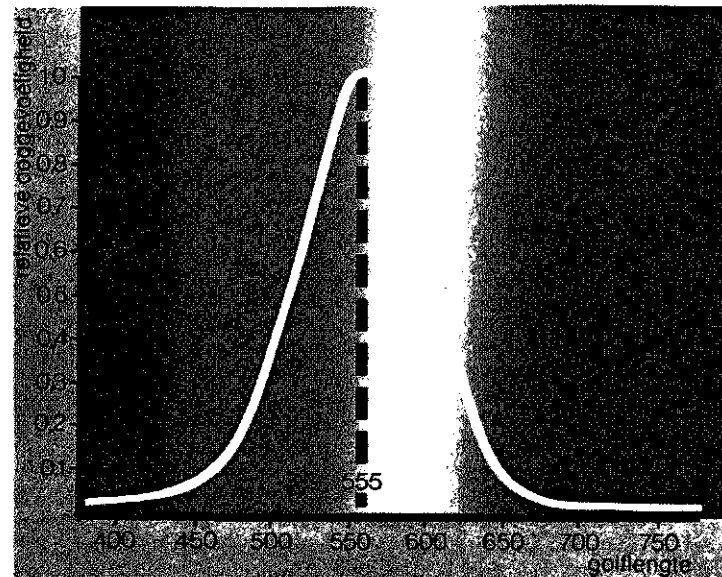
sultaat. De 75% meer energie van de blauwe quantum wordt in warmte omgezet en in het fotosyntheseproces niet benut. Voor het krijgen van dezelfde hoeveelheid fotosynthese is bij blauw licht dus meer energie nodig dan bij rood licht.

Het lijkt dus niet erg waarschijnlijk dat elke kleur licht hetzelfde effect op de fotosynthese zal hebben. Wanneer de opname van koolzuurgas van een plant wordt gemeten bij het belichten met verschillende kleuren licht met een gelijke energie, kan worden bepaald hoe de fotosynthese van de golflengte afhangt. De verschillen tussen de plantensoorten blijken betrekkelijk klein te zijn. Het is minder dan 5% afwijking van het gemiddelde. De gemiddelde plantgevoeligheid van tweeëntwintig soorten planten is in afhankelijkheid van de golflengte weergegeven in figuur 1.



Figuur 1. Het effect van licht op de fotosynthese van de groene plant bij gelijke energie in afhankelijkheid van de golflengte. De kromme is het gemiddelde van de resultaten van tweeëntwintig soorten planten

Figuur 2. De gemiddelde gevoeligheid van het menselijk oog voor licht van verschillende golflengten



Meters voor groeilicht

In figuur 1 zien we dat de fotosynthese door het quanteneffect van blauw licht naar rood licht toeneemt. De variaties op deze gestage toename worden veroorzaakt door verschillen in de absorptie en de bruikbaarheid van de absorptie. Wanneer we het licht voor de plantengroei – het zogenaamde „groeilicht” – goed willen kunnen meten, zouden we dus eigenlijk de beschikking moeten hebben over een lichtmeter, waarvan de gevoeligheid (de respons) op dezelfde manier van de golflengte afhangt als de fotosynthese. Als in het blauwe gebied rond 425 nm de fotosynthese de helft is van die in het rode gebied bij 680 nm, dan moet onze groeilichtmeter bij 425 nm ook de helft van de respons bij 680 nm hebben. Als heel precies te werk wordt gegaan, zou er voor ieder gewas

een andere meter moeten zijn. Dit laatste lijkt een beetje overdreven, gezien de kleine afwijkingen van de individuele plantensoorten van de gemiddelde kromme. Afwijkingen in andere groeivoorwaarden dan de belichting geven soms variaties, die aanmerkelijk groter kunnen zijn dan 5%. We zouden dus best tevreden zijn met een meter, waarvan de respons volgens figuur 1 verloopt. Een dergelijke meter voor het groeilicht is echter niet te koop. Er is een meter in de handel die wel rekening met het quanteneffect houdt, maar niet met de variaties door absorptieverschillen. De relatieve respons van deze meter neemt rechtlijnig toe met de golflengte van 0,57 bij 400 nm tot 1,00 bij 700 nm. Een dergelijke meter wordt de PAR-meter genoemd. PAR staat voor Photosynthesis Active Radiation. Een PAR-meter meet het aantal lichtquanten per vierkante meter per seconde en de uitslag wordt uitgedrukt in Einstein per m² per seconde, waarbij 1 Einstein staat voor een bepaald aantal quanten (om precies te zijn 6.023×10^{23}). Het is echter de vraag of een PAR-meter in de praktijk echt nodig is. In principe is er alleen behoefte aan, wanneer men te maken heeft met belichtingen van verschillende kleursamenstelling. In het algemeen heeft men in de glastuinbouw alleen te maken met daglicht. De variatie in de kleursamenstelling van dit licht is vrij gering.

Wanneer alleen het daglicht moet worden gemeten, kan dan ook worden volstaan met een meter, waarbij het meetgebied ook loopt van 400 nm tot 700 nm, maar waarvan de respons bij gelijke energie hetzelfde is voor alle kleuren licht. Deze meter (intensiteitsmeter) meet de werkelijke lichtintensiteit, uitgedrukt in W per m².

In principe kan voor het meten van daglicht ook de solarimeter worden gebruikt. Wel moet er dan rekening mee worden gehouden dat een solarimeter alle straling meet. De voor de fotosynthese bruikbare lichtenergie is gemiddeld 45% van de totale

stralingsenergie. Dit percentage kan - afhankelijk van de omstandigheden - variëren van 38% tot 46%. De situatie ligt anders, wanneer men het effect van verschillende soorten kunstlicht op de plantengroei met elkaar wil vergelijken. Men kan in dat geval te maken krijgen met vrij grote verschillen in de kleursamenstelling.

In het Philips Natuurkundig Laboratorium is voor verschillende in de glastuinbouw toepasbare lichtbronnen bepaald, hoe groot het verschil zal zijn tussen de resultaten van de groeilichtmeter en de intensiteitsmeter. De afwijking van het gemiddelde bleek, ondanks de verschillen in kleursamenstelling, steeds minder dan 10% te zijn.

Omdat de responskromme van de PAR-meter beter bij de plantengevoeligheidskromme aansluit dan bij die van de intensiteitsmeter, zal de afwijking van de PAR-meter nog kleiner zijn. Alleen voor metingen, waarbij een fout kleiner dan 10% is vereist, heeft het zin de duurere PAR-meter aan te schaffen. Het gebruik van de solarimeter bij het vergelijken van kunstlichtbronnen onderling en met daglicht moet echter sterk worden afgeraden. De verhouding lichtenergie tot stralingsenergie met een golflengte boven de 700 nm is namelijk voor de diverse lichtbronnen sterk verschillend. De eigenschappen van deze lichtmeters zijn samengevat in tabel 2. Door de Stichting Technische en Fysische Dienst voor de Landbouw (TFDL) in Wageningen zijn speciaal voor het ge-

bruik in de glastuinbouw en het landbouwkundig onderzoek enkele verschillende typen lichtmeters ontwikkeld.

Samenvattend kan het volgende worden gesteld. Hoewel het in principe eigenlijk niet juist is, wordt in de praktijk het effect van licht op de plantengroei toch voldoende nauwkeurig vastgelegd wanneer van de energie-inhoud van het licht wordt uitgegaan. De hoeveelheid licht wordt dan uitgedrukt in Watt uur (Wh), de dichtheid in Wh per m² en de intensiteit in W per m² (tabel 1). Dit geldt niet alleen voor daglicht, maar ook voor verschillende kunstlichtbronnen die in de tuinbouw worden gebruikt. (De totale straling die met een solarimeter wordt gemeten, wordt uitgedrukt in Joules (J) en de intensiteit in J per cm².)

Kijklicht-meter

Het gaat echter mis, wanneer het groeilicht wordt bepaald met een zogenaamde luxmeter. De gevoeligheid van deze meter

verloopt zoals in figuur 2 staat aangegeven. Het gebruik van deze meter geeft afwijkingen van 50% aan in vergelijking met groeilichtwaarden van lichtbronnen die in de glastuinbouw worden gebruikt. Deze meter zal ook bij het meten van daglicht door de wisselende kleursamenstelling daarvan onbetrouwbare resultaten geven.

Dat de meter zulke slechte resultaten geeft, wordt duidelijk wanneer de krommen van figuur 1 en 2 met elkaar worden vergeleken. Terwijl de fotosynthesekromme zijn maximum heeft bij 675 nm, heeft de kromme van figuur 2 daar maar 5% van zijn maximale waarde. Die maximale waarde ligt bij 555 nm. In het blauwe gebied heeft de fotosynthesekromme nog 50% tegenover de andere kromme 5%. Kortom, de twee krommen zijn totaal verschillend. Dit is geen wonder, want figuur 2 geeft namelijk de gevoeligheid van het menselijk oog weer. Een meter met deze gevoeligheid meet dus de zichtbaarheid van de straling: de hoeveelheid „kijklicht”. Het kijklichtvermogen wordt uitgedrukt in lumen en de dichtheid daarvan (de kijklichtintensiteit) in lux (1 lux = 1 lumen per m²). Zo'n meter heet daarom een lux-meter. We stellen met nadruk dat een lux-meter „kijk”-licht meet en niet geschikt is voor het meten van „groei”-licht. Groeilicht moet net zo min meer in luxen worden uitgedrukt als afstanden in uren gaans.

Mocht iemand bij gebrek aan beter het daglicht voor de plantenbelichting toch met een lux-meter willen meten, dan kunnen we hem een strohalm aanreiken. Voor het gemiddelde daglicht komt 1000 lux overeen met 4 W per m². U moet zich er echter bewust van zijn dat deze strohalm broos is. De omrekeningsfactor hangt sterk af van het weer, het seizoen en de tijd van de dag. Voor kunstlicht bestaan ook soortgelijke conversiefactoren om lux om te rekenen naar W per m². Ondanks dat is het vergelijken of meten van een combinatie van belichtingen met verschillende kleursamenstelling via

Tabel 1. Energiegrootheden met de bijbehorende eenheden en omrekeningsfactoren

Energie	Joule (J) Watt/uur (Wh) 1 Wh = 3600 J
Energiedichtheid	J/cm ² MJ/m ² Wh/m ²
Vermogen	Watt (W) 1 W = 1 J/sec
Vermogens- of dichtheid intensiteit	W/m ²

Tabel 2. Bruikbaarheid van verschillende stralingsmeters voor het meten van groeilicht. ++ is zeer bruikbaar (fout is minder dan 5%), + is bruikbaar (fout is minder dan 10%), - is onbruikbaar

Soort meter	Respons	Bruikbaarheid om effect op plantengroei te meten van	
		Daglicht	Dag+kunstl.
Groeilichtmeter	400 nm-700 nm plantengevoeligheid	++	++
PAR-meter	400 nm-700 nm quanten	++	++
Intensiteitsmeter	400 nm-700 nm energie	+	+
Solarimeter	alle golflengten energie	+	-
Lux meter	400-700 nm ooggevoeligheid		

LICHTDOORLATENDHEID VAN HET KASDEK

een luxmeter een lastige zaak. Natuurlijk kan met een luxmeter wel direct de gelijkmatigheid van een belichtingsinstallatie met één soort lichtbron worden gecontroleerd. Het verdient verder aanbeveling dat in het spraakgebruik goed onderscheid wordt gemaakt tussen groeilicht en kijklicht. Daarom wordt bij groeilicht over belichting gesproken en bij kijklicht over verlichting.

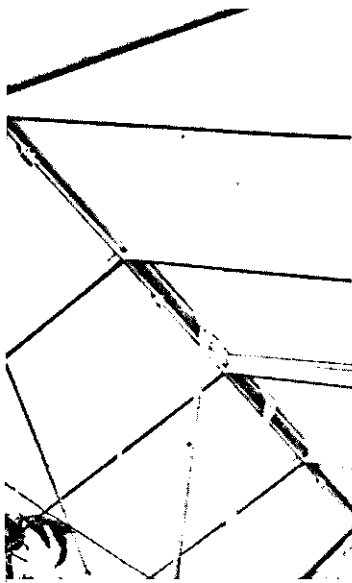
Samenvatting

Via straling wordt energie van de zon aan de aarde overgedragen. Licht is de straling, waar het oog gevoelig voor is. De groene plant is voor zijn groei gevoelig voor dezelfde straling, maar de mate van gevoeligheid voor de verschillende lichtkleuren is totaal verschillend van die van het oog.

Een meter die de waarde van de straling voor het fotosyntheseproses moet vastleggen, zou dezelfde gevoeligheid voor straling moeten hebben als de fotosynthese zelf. Gebleken is echter dat de resultaten van een meter die de totale lichtenergie meet, minder dan 10% afwijken van de resultaten van een echte groei-lichtmeter. Dit geldt ook voor de in de glastuinbouw gebruikte soorten kunstlicht. Deze nauwkeurigheid is voor de meeste toepassingen voldoende en daarom kan in de meeste gevallen de bruikbaarheid van licht voor de fotosynthese worden vastgelegd door de energie-inhoud van het licht. De intensiteit wordt dan uitgedrukt in W per m^2 en de energiedichtheid in Wh per m^2 . Door de totaal andere gevoeligheid van het oog voor lichtkleuren leidt het gebruik van luxmeter die op die gevoeligheid van het oog zijn gebaseerd voor het waarden van licht voor de plantengroei tot onjuiste resultaten en vaak tot een niet meer te verhelpen spraakverwarring.

DRS. O. ELGERSMA
Philips Natuurkundig
Laboratorium

Licht is één van de belangrijke factoren die de opbrengst van tuinbouwgewassen onder glas bepalen. Meer licht betekent in het algemeen meer groei, meer productie en een betere kwaliteit. Ook is licht van invloed op de ontwikkeling. De snelheid van aanleg van plantorganen en de vorm van plantedelen worden mede door het licht bepaald. Over de aspecten van het licht in relatie tot de glastuinbouw valt heel veel op te merken. Medewerkers van het onderzoek en de voorlichting in Naaldwijk zullen, samen met collega's van enkele andere instellingen, de problematiek van licht in een serie artikelen behandelen. In de eerste artikelen daarover gaat het voornamelijk om de lichttoetreding in de kas en in het tweede deel van de serie worden de reacties van de planten op het licht behandeld. Aansluitend daarop zullen enige consequenties daarvan (lichtafhankelijk regelen, lichtafhankelijk watergeven, economische- en kwaliteitsaspecten) worden besproken.



Al sinds een aantal jaren wordt in de glastuinbouw veel aandacht aan de lichtdoorlatendheid van kasdekken besteed. Bij de bouw van nieuwe kassen wordt geprobeerd een dek te construeren met een zo gering mogelijk lichtverlies. Licht is immers één van de belangrijkste factoren, die de groei en productie van onze tuinbouwgewassen bepalen.

De lichtdoorlatendheid of lichttransmissie van een kasdek wordt vaak uitgedrukt in een percentage. De hoeveelheid licht buiten wordt op 100% gesteld en de hoeveelheid licht in de kas wordt weergegeven in procenten van het buitenlicht. Er wordt gesproken over een lichttransmissie van bijvoorbeeld 65%, wat betekent dat het kasdek 65% van het licht doorlaat. Tot zover is dat niets nieuws. Minder bekend is dat de lichtdoorlatendheid niet constant is. Onder sommige omstandigheden kan het wel eens sterk afwijken van het bovengenoemde percentage (65%). Met andere woorden, soms komt er veel minder licht binnen in de kas dan wordt gedacht. De oorzaak hiervan is dat de lichtdoorlatendheid wordt beïnvloed door de lichtomstandigheden en deze kunnen zeer verschillend zijn. Bij zonnig weer, in het bijzonder bij lage zonnestanden, is er veel reflectie op het glas en in de kas komen vrij grote schaduwplekken voor. Hierdoor komt er minder licht binnen dan wordt verwacht.

Het kan voor sommige toepassingen belangrijk zijn dat men onder alle omstandigheden (ook bij zon) de juiste lichtdoorlatendheid weet. Dit is bijvoorbeeld het geval bij teelmaatregelen die afhankelijk zijn van de intensiteit van het licht of bij economische berekeningen waarbij een relatie tussen licht en opbrengst wordt gebruikt. De lichtdoorlatendheid wordt ook gebruikt als een soort kwaliteits-

teitskenmerk van kassen. Nu blijkt het erg moeilijk te zijn licht in de kas te meten, met name onder zonnige omstandigheden. Er werd daarom weinig aandacht aan geschonken. In Naaldwijk zijn onlangs een groot aantal lichtmetingen nader bekeken die over verschillende jaren zijn uitgevoerd. Hieruit bleek duidelijk hoe laag de transmissie kan worden bij lage zonnestanden. In Wageningen is eveneens vrij recentelijk een nieuw rekenmodel ontwikkeld, waarmee de lichtdoorlatendheid onder verschillende lichtomstandigheden met de computer kan worden berekend. In dit artikel zal worden ingegaan op de verschillen in lichtdoorlatendheid die in een kas kunnen voorkomen.

Meting bij bewolkt weer

Een praktische methode voor het bepalen van een waarde voor de lichtdoorlatendheid, is de methode die onder andere door de voorlichting in Naaldwijk wordt gebruikt (het IMAG in Wageningen gebruikt een vergelijkbare, maar meer uitgebreide methode). Alleen onder een egaal bewolkte hemel wordt gemeten. Twee lichtmeters worden op een recorder aangesloten. Eén van de meters staat buiten op een gunstige plaats (dus bijvoorbeeld niet beschaduwd) en de andere meter wordt in de kas gebracht. Over de plaatsen in de kas waar de meter moet worden gehouden, zijn afspraken gemaakt. Dit is belangrijk, omdat bijvoorbeeld onder de goot de lichtintensiteit lager is dan onder de nok. De hoeveelheid licht wordt op de afgesproken plaatsen in de kas gemeten en weergegeven in procenten van de lichthoeveelheid buiten. Bij een nauwkeurige en juiste uitvoering van deze metingen – met enkele herhalingen – vindt men een redelijk betrouwbaar getal voor de transmissie bij bewolkte omstandigheden.

De vraag is echter: Wat verstaan we onder bewolkte omstandigheden? Ook hierover zijn afspraken gemaakt. Een objectieve en reproduceerbare meting van de transmissie is in principe alleen

mogelijk onder een dik, gesloten wolkendek. De zon moet dus totaal onzichtbaar zijn en er mag ook geen heldere plek in het wolkendek zijn. We kunnen dan spreken van standaard meetomstandigheden. Er is dan geen direct zonlicht, alleen verstrooid licht (=diffuus licht). Zie **figuur 1**. In dit plaatje is de hemelkoepel getekend met daarin pijltjes, die aangeven dat van alle kanten licht op de lichtmeter valt. In **figuur 2** is weergegeven dat bij een niet gesloten wolkendek niet wordt voldaan aan de standaard meetomstandigheden. De dikke pijlen betekenen dat vanuit bepaalde richtingen meer licht komt dan uit andere richtingen. Onder die omstandigheden blijkt de lichtdoorlatendheid van een kasdek anders te zijn dan onder standaard omstandigheden. De afwijkingen kunnen zelf 10% of meer bedragen. Hierover later meer.

Samengevat komt het hierop neer dat het reproduceerbaar meten van de lichtdoorlatendheid, bijvoorbeeld voor het vergelijken van kassen, alleen kan plaatsvinden wanneer aan twee voorwaarden wordt voldaan. Als hier niet zorgvuldig op wordt gelet, ontstaan al snel meetfouten van enkele procenten. De eerste voorwaarde is dat op dezelfde manier wordt gemeten op een groot aantal afgesproken plaatsen in de kas. Daarbij moet de lichtmeting in de kas worden vergeleken met een gelijktijdige lichtmeting buiten. Beide lichtmeters moeten identiek zijn en goed geijkt. De tweede voorwaarde is dat wordt gemeten bij standaard lichtomstandigheden: onder een dik, gesloten wolkendek, waarbij geen straaltje zonneshijn en zelfs geen heldere plek in het wolkendek zichtbaar is.

Dit laatste betekent wel dat het transmissiepercentage dat wordt gevonden alleen geldig is onder die omstandigheden waaronder dit percentage is bepaald. Het zegt dus alleen iets over de lichtdoorlatendheid onder een bewolkte hemel. Hoewel dit een grote beperking betekent, is het voor het vergelijken van kasdekken momenteel wel

de beste manier van werken. Voor andere doelstellingen kan het soms te weinig informatie geven.

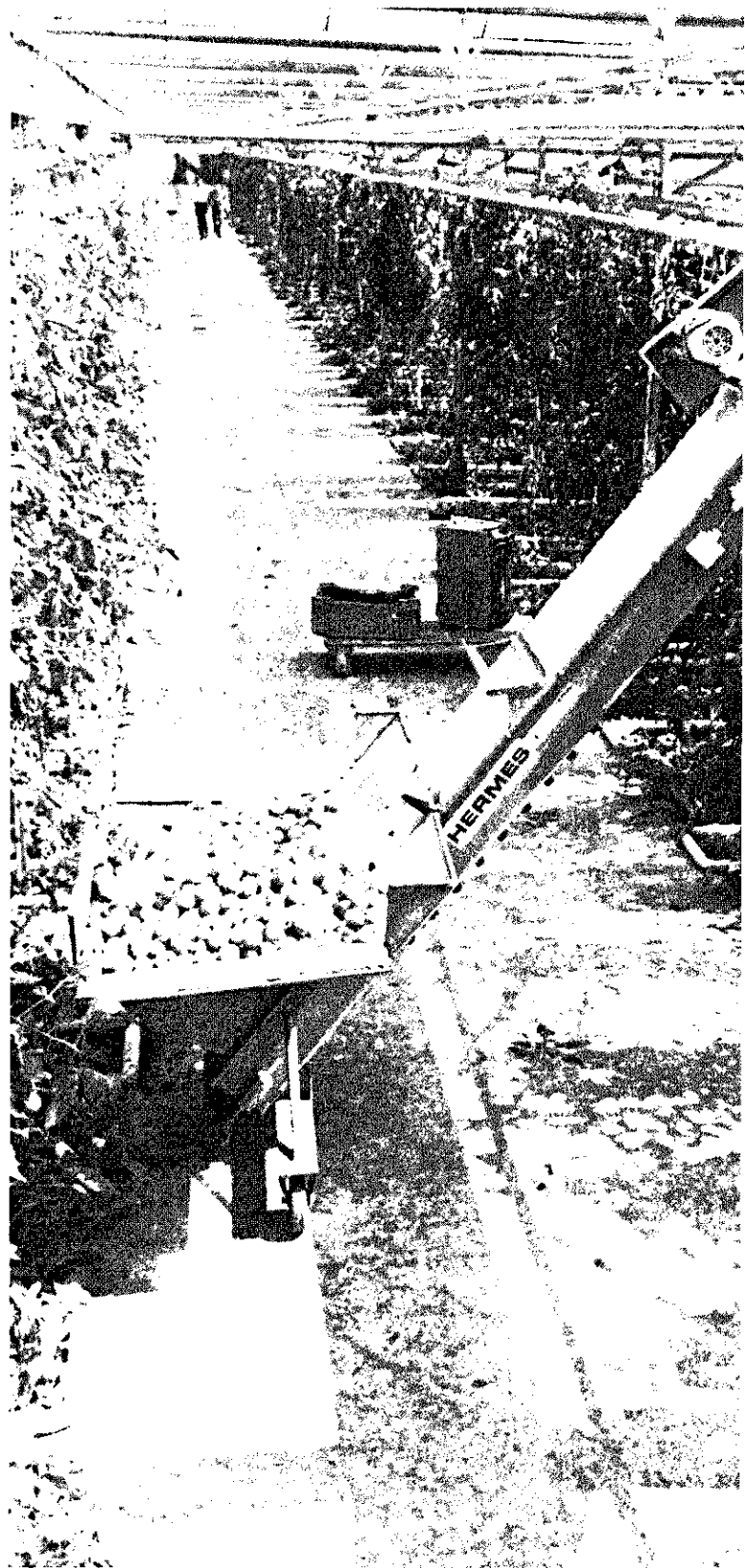
Bij zonneshijn

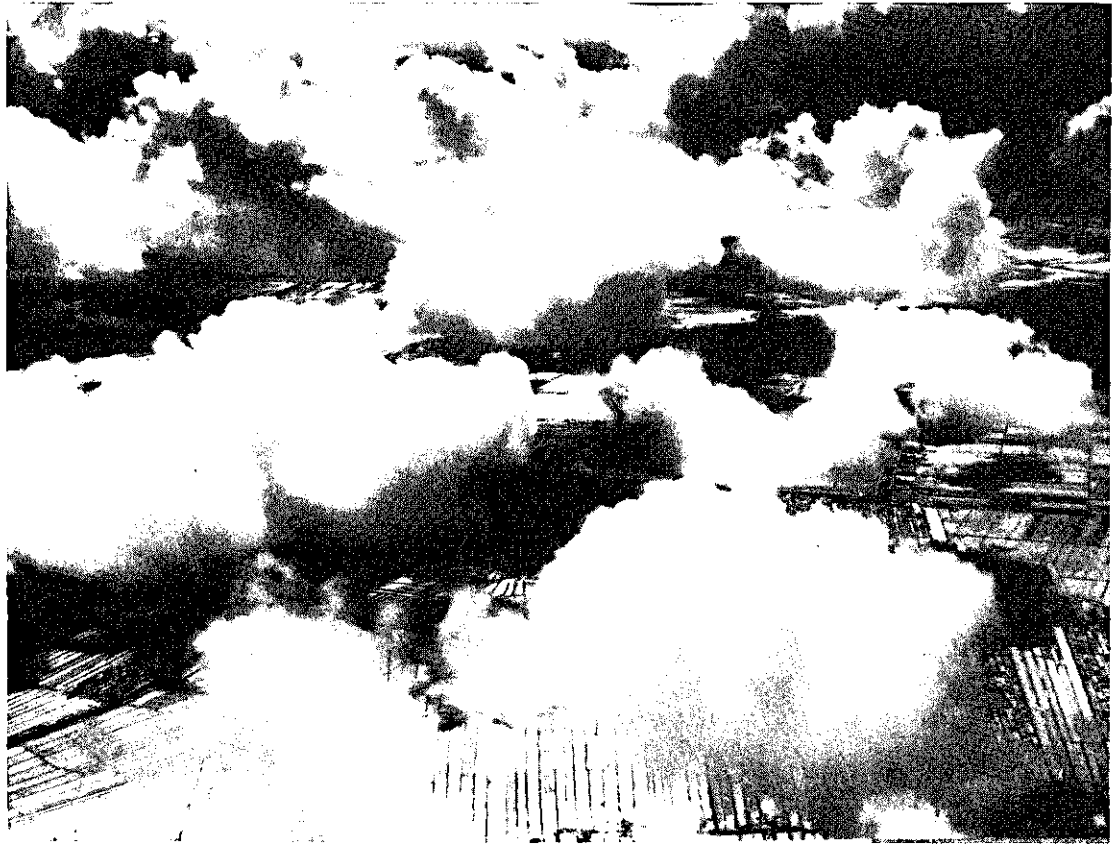
Bij zonnig weer zijn de lichtomstandigheden totaal anders als bij een bewolkte hemel. Dit is weergegeven in **figuur 3**. Vanuit de richting waar de zon staat, komt een grote hoeveelheid licht (dikke pijl) en vanuit alle andere plaatsen van de hemelkoepel relatief weinig (dunne pijltjes). Dus bij zonneshijn is er naast een grote hoeveelheid direct licht ook diffuus licht. Overigens komt er bij zonnig weer meestal wel meer licht vanaf de hemelkoepel dan bij bewolkte omstandigheden.

Een verschijnsel dat zich bij zonneshijn kan voordoen – vooral bij lage zonnestanden – is dat veel licht wordt gereflecteerd op het glas. Iedereen kent wel het beeld van het weerkaatsen van de zon in de kassen. Het is duidelijk dat al het licht dat wordt gereflecteerd niet in de kas terecht komt. Bij hogere zonnestanden zien we veel minder reflectie dan bij lage zonnestanden. Behalve met het verschijnsel reflectie, hebben we ook te maken met schaduweffecten van constructiedelen. Bij lage zonnestanden zijn de schaduwplekken groter dan bij hoge zonnestanden. De lichtdoorlatendheid wordt dus sterk beïnvloed door de hoeveelheid direct zonlicht en door de zonnestand. Bij iedere zonnestand hoort een iets andere transmissiewaarde. Bij lage zonnestanden ('s morgens en 's avonds en in de winter ook overdag) hebben zowel de reflectie als de schaduwwerking het meest ongunstige effect op de hoeveelheid licht in de kas. In die gevallen kan het transmissiepercentage erg laag uitvallen.

Willekeurige lichtomstandigheden

Zoals in **figuur 2** en **3** is weergegeven, hebben we meestal te maken met een combinatie van direct licht (van de zon) en diffuus licht (vanuit alle richtingen). We kunnen spreken van een bepaalde lichtverdeling; dat is de ver-





deling van de lichtintensiteit over de hemelkoepel. Er zijn een aantal oorzaken waardoor de lichtverdeling steeds verandert. Ten eerste door de mate van bewolking: een dik, gesloten wolkendek (zon steeds onzichtbaar), een dun wolkendek (zon vaag), half bewolkt (zon af en toe scherp) of onbewolkt. De helderheid van de atmosfeer heeft invloed op de mate van verstrooiing en daardoor op de verdeling tussen direct en diffuus licht. Ook witte wolken kunnen het zonlicht sterk reflecteren en daardoor als een soort lichtbron gaan werken. Bovendien verandert de lichtverdeling doordat de zonnestand doorlopend verandert, zowel op een dag als door het jaar heen. Het zal duidelijk zijn dat de lichtverdelingsplaatjes als in figuur 1 tot 3 ieder moment anders kunnen zijn.

De verdeling van de lichtintensiteit over de hemelkoepel is belangrijk, omdat deze bepaalt hoe groot de lichttransmissie van het kasdek is. Dit kan men als volgt zien. De totale lichttransmissie is opgebouwd uit de transmissie van direct licht en de transmissie van diffuus licht. Alleen voor de transmissie van diffuus licht onder standaard omstandigheden geldt een vaste waarde, zoals we hebben gezien. Voor diffuus licht met een niet standaard verdeling (bijvoorbeeld als in figuur 2) en voor direct licht is de transmissie echter zeer variabel. Hierdoor is de totale lichttransmissie onder willekeurige lichtomstandigheden zeer verschillend.

Het meten van de transmissie is onder deze omstandigheden praktisch onmogelijk en in ieder geval tijdrovend, omdat dit zou moeten gebeuren bij vele lichtomstandigheden en zonnestanden en op veel plaatsen in de kas. Voor sommige toepassingen wil men toch bij benadering weten hoeveel licht bij willekeurige omstandigheden in de kas doordringt. Daartoe is in Wageningen door Bot een computermodel (rekenmodel) ontwikkeld. Er moeten gegevens over de kaseigenschappen en de kasafmetingen worden ingevuld, naast ge-

gevens over de lichtomstandigheden. Met dit model is bijvoorbeeld berekend wat het effect is van de richting waarin de kas is gebouwd. Hierbij bleek duidelijk dat 's winters een oost-west gelegen kas het meeste licht binnen krijgt en dat 's zomers een noord-zuid kas het gunstigste ligt. Zie hiervoor het volgende artikel in deze serie.

Resultaten metingen

Ter illustratie van het voorgaande zijn in **figuur 4** de resultaten weergegeven van transmissiemetingen in een kas in Naaldwijk. Gedurende lange perioden zijn de lighthoeveelheden (als dagsommen) in een kas en buiten geregistreerd. De lichtsom die over een hele dag in de kas werd gemeten, is vergeleken met de buiten gemeten lichtsom. Hiermee werd een transmissiewaarde gevonden voor een hele dag. Dit wordt de effectieve transmissie genoemd. Het effect van de dagelijkse zonnebanen (verschil van uur tot uur) is daardoor niet te achterhalen. Wel is een verloop door het jaar heen te zien en ook het verschil tussen een bewolkte dag en een zonnige dag kan worden teruggevonden.

De lijn die de transmissie van begin februari weergeeft, loopt schuin omlaag vanaf ongeveer 70% bij heel weinig licht (ongee-

veer 100 J per cm² per dag) tot zo'n 30% bij meer licht (600 J per cm² per dag). Deze schuine lijn betekent dat bij een toenemende lichtintensiteit buiten relatief veel minder licht binnenkomt. Dit kan als volgt worden verklaard: Weinig licht betekent dat het zwaar bewolkt is geweest en onder die omstandigheden (standaard meetomstandigheden) is de transmissie in het algemeen constant (ongeveer 70% in deze kas). Een lichtsom van 600 J per cm² per dag is hoog voor begin februari. Het betekent dat het zonnig is geweest. Bij de lage stand van de zon in de winter is er veel reflectie en schaduw, waardoor de transmissie dan zeer laag is. Verder in het jaar neemt de hoogte van de zon toe, waardoor de reflectie en schaduwwerking minder worden en meer licht in de kas doordringt. Hierdoor stijgt de transmissie in de loop van het voorjaar: de lijnen komen hoger te liggen. In de zomer, wanneer de zon hoog staat, is de reflectie en schaduwwerking relatief klein en de transmissie komt hoog uit. Midden op een heldere zomerdag kan een erg hoge transmissie worden gemeten. De effectieve transmissie over een heldere zomerdag is ongeveer even hoog als over een bewolkte dag. Vanaf begin mei tot in juli is in deze kas voor de ef-

Ook de bewolkingstoestand en de zonnestand beïnvloeden de lichtdoorlating. Bij een lagere zonnestand is de schaduw van de dakconstructie en de pijpen nog groter

fectieve transmissie op bewolkte en onbewolkte dagen steeds een waarde van rond de 70% gevonden. Van moment tot moment kan de transmissie nog wel verschillen, maar dat blijkt niet uit deze figuur met dagwaarden. Ook is in figuur 4 te zien dat vanaf het vroege voorjaar naar de zomer de lighthoeveelheden groter worden: de lijnen komen meer naar rechts te liggen. In de figuur wordt alleen het verloop van het eerste halfjaar weergegeven. In het tweede halfjaar, wanneer de zonnestand gemiddeld weer lager wordt (vanaf juli), daalt de transmissie weer. Het verloop is dan omgekeerd aan dat van de eerste helft van het jaar.

Het bovenstaande is vastgesteld in een kleine onderzoekskas op het Proefstation met een ongunstige oriëntatie (noord-zuid) en er werd wat extra schaduw meegemeten. Wanneer midden in een praktijkkas wordt gemeten, zal het lichtverlies iets minder ernstig zijn. Het verloop door het jaar vertoont echter precies dezelfde tendens.

Gevolgen

Het feit dat de lichttransmissie sterk varieert en zeer lage waarden kan bereiken – vooral bij lage zonnestanden – heeft een aantal gevolgen. We zullen er enkele noemen, zonder er diep op in te gaan.

Lichtafhankelijk regelen. Voor de huidige lichtafhankelijke (temperatuur) instellingen is het nog niet zo belangrijk dat men de exacte lichtevoelheid in de kas weet. Het instellen van lichtafhankelijke verhogingen gebeurt toch vooral „op gevoel”. Het is echter te verwachten dat in deze regelingen verbeteringen aangebracht gaan worden. Ook zullen in de toekomst uitgebreide regelingen worden ontwikkeld voor bijvoorbeeld het lichtafhankelijk doseren van CO₂, schermen en water geven. Het is begrijpelijk dat het lichtafhankelijk regelen alleen een succes kan zijn, wanneer de hoeveelheid licht op de juiste manier wordt bepaald. In de kas licht meten stuit op praktische bezwaren. Het is beter wanneer de lichtmeter buiten kan blijven hangen. Het is in principe mogelijk om het licht buiten te meten en, wanneer van de mogelijkheden van de computer gebruik wordt gemaakt, de lichttransmissie van het dek te schatten.

Relaties licht en produktie. Men zal nog nauwkeuriger te werk moeten gaan wanneer produktieverschillen tussen kassen worden gekoppeld aan lichtverschillen of wanneer berekeningen worden gemaakt met licht/produktie-relaties.

Kassen vergelijken. Vergelijkende transmissie-metingen moeten volgens een standaard methode worden uitgevoerd. Dat kan alleen bij standaard lichtomstandigheden (gesloten, dik wolkendek). Hoewel men dan alleen een transmissiewaarde vindt voor bewolkt weer, is dat momenteel de beste manier van werken.

Licht in de kas. Gebleken is dat vooral in de winter veel minder licht in de kas komt dan algemeen wordt aangenomen. Dit

kan alleen maar een aansporing zijn te proberen onnodig lichtverlies zoveel mogelijk te voorkomen. Dat betekent: het glas schoonhouden en het beperken van schaduw (bijvoorbeeld van schermzakketten)!

Samenvatting

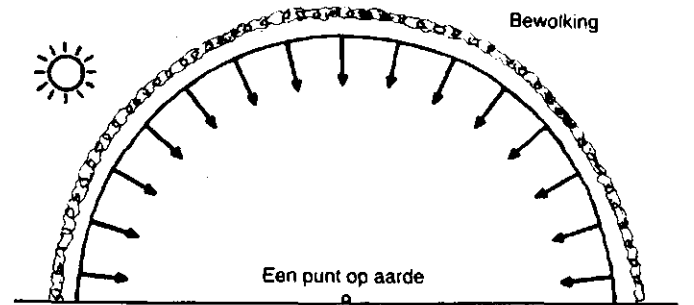
In dit artikel is geconstateerd dat de lichtdoorlatendheid van een kas niet zo eenvoudig in elkaar zit als vaak werd aangenomen. De lichtdoorlatendheid blijkt niet altijd constant te zijn (bijvoorbeeld 65%). Het blijkt onder andere afhankelijk te zijn van de verdeling van de lichtintensiteit over de hemelkoepel. Belangrijk is hoeveel direct licht (vanaf de zon) en hoeveel diffuus licht (vanuit alle richtingen) er is. Bij zware, gesloten bewolking kunnen we spreken van standaard meetomstandigheden. Alleen dan is het tot nu toe gehanteerde percentage geldig.

Bij een gedeeltelijk bewolkte of onbewolkte hemel heeft de stand van de zon invloed op het transmissie-percentage. Bij lage zonnestanden ('s winters en in de zomer bij zonsopkomst en zonsondergang) is er veel reflectie en veel schaduw, waardoor het transmissie-percentage zeer laag kan uitvallen. De effectieve transmissie (transmissie over een hele dag) is op een zonnige winterdag dus veel lager dan op een bewolkte dag. In een ongunstig gelegen kas werd zelfs een transmissie-waarde van 30% gevonden.

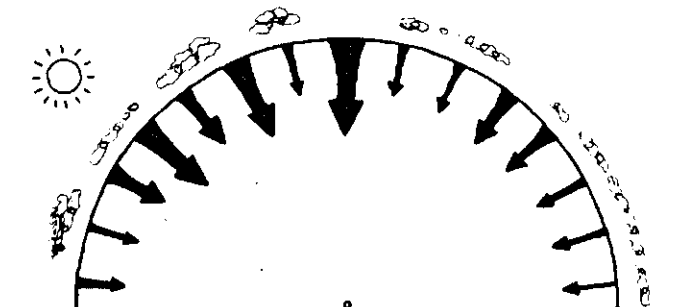
Bij hoge zonnestanden is het transmissie-percentage hoog. De effectieve transmissie op een willekeurige zomerdag (zonnig of bewolkt) ligt daardoor in de orde van grootte van die voor diffuus licht (dus in het algemeen ongeveer 60 à 70%, afhankelijk van de kas). Tenslotte zijn enkele consequenties aangestipt van de veranderende lichtdoorlatendheid. In de volgende artikelen in deze serie zullen verschillende onderwerpen uitgebreid aan de orde komen.

IR. E. M. NEDERHOFF
R. DE GRAAF
S. A. TOOZE
Proefstation Naaldwijk

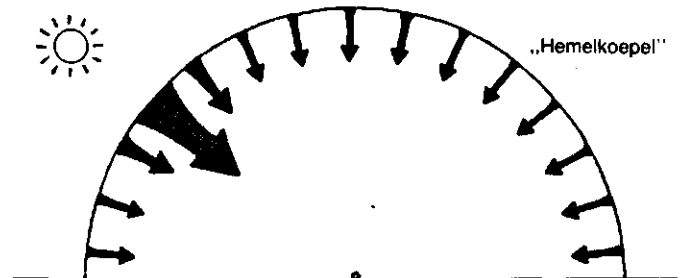
Figuur 1. Dik, gesloten wolkendek: het licht is diffuus. Een punt op aarde ontvangt licht vanuit alle richtingen



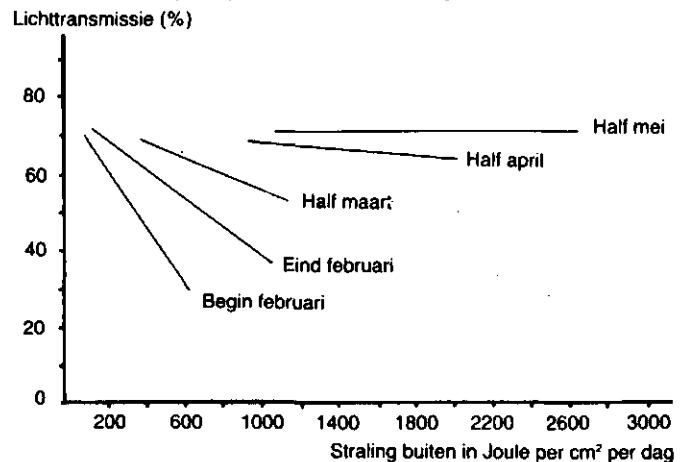
Figuur 2. Half bewolkt: direct en diffuus licht. De lichtverdeling verandert steeds



Figuur 3. Onbewolkte hemel: direct en diffuus licht



Figuur 4. Verband tussen de stralingsom (buiten) en de lichttransmissie van een kas op het proefstation in Naaldwijk



LICHTDOORLATENDHEID ONDER VERSCHILLENDE OMSTANDIGHEDEN

Bij het telen in kassen is het beschikbare licht een belangrijke klimaatfactor. Hier worden in het algemeen de andere klimaatfactoren op aangepast. Meer beschikbaar licht betekent een hogere opbrengst. Daarnaast betekent het lagere stookkosten gedurende een deel van het groeiseizoen. Het mes snijdt dus aan twee kanten bij een verhoging van de hoeveelheid beschikbaar licht in de kas. De hoeveelheid beschikbaar licht kan worden verhoogd door het verhogen van de lichtdoorlatendheid van het kasdek. Deze lichtdoorlatendheid zelf is echter afhankelijk van de lichtomstandigheden buiten. Een goed begrip van de factoren, waarvan de lichtdoorlatendheid afhangt, is nodig om te weten hoeveel licht onder verschillende omstandigheden in de kas terecht komt. Bovendien kan het leiden tot het ontwerpen van kassen met een hoge lichtdoorlatendheid.

De lichtdoorlatendheid van een kasdek hangt uiteraard af van de manier waarop de kas is gebouwd en welke materialen hierbij zijn gebruikt. Het ligt minder voor de hand dat de lichtdoorlatendheid ook afhangt van de manier waarop het licht invalt. De lichtdoorlatendheid van een bepaalde kas heeft daardoor geen vaste waarde, maar kan variëren onder invloed van veranderende lichtcondities. Om te laten zien dat lichtcondities kunnen variëren, wordt een dag met een gesloten, dik wolkendek vergeleken met een dag zonder bewolking. Door een dicht wolkendek wordt het zonlicht onderschept en gedeeltelijk geabsorbeerd. Daardoor bereikt minder licht het aardoppervlak dan op een dag zonder bewolking. Bovendien wordt het licht door de bewolking verstrooid. Het lijkt daardoor of uit alle punten van de bewolking evenveel licht afkomstig is. Schaduwen zijn daarom onder deze omstandigheden niet te zien.

In figuur 1 is de lichtinval onder zwaar bewolkte omstandigheden geschetst. Het licht dat op iedere plaats boven de kas van alle richtingen invalt, wordt diffuus licht genoemd. Bij heldere hemel kan een deel van het zonlicht het aardoppervlak direct bereiken. Dit licht heeft een door de zonnestand bepaalde invalrichting en wordt direct licht genoemd. Onder deze omstandigheden worden wel scha-

duwen gevormd. Toch bestaat bij heldere hemel het licht niet alleen uit direct licht. In de schaduw is het namelijk niet aarde-donker. Daar is te zien dat ook bij heldere hemel een hoeveelheid diffuus licht wordt ontvangen. Dit ontstaat door een verstrooiing van het zonlicht in de aardatmosfeer. De lichtintensiteit wordt dan ook gegeven door de som van de directe en de diffuse straling, de zogenaamde globale straling.

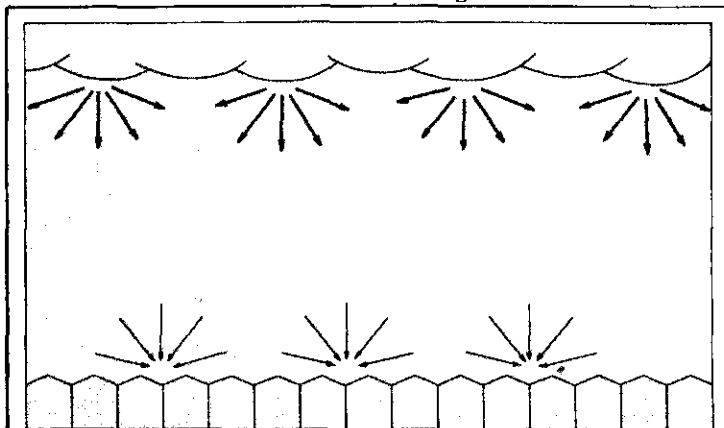
De verhouding van de directe en de diffuse straling hangt sterk af van de atmosferische condities van het jaargetijde. In de winter staat de zon laag en legt het zonlicht door de aardatmosfeer een langere weg af dan in de zomer. Daardoor is de verstrooiing groter, maar ook de absorptie van het licht door de atmosfeer is groter. Zodoende wordt in de winter een groter aandeel diffuus en een lagere lichtintensiteit gemeten dan in de zomer. In de winter is op een heldere dag 35% al een lage waarde voor het aandeel van het diffuse licht in de dagsom van de globale straling. In het voorjaar (april) kan dit op een prachtige dag dalen tot 15%. Als illustratie hiervan worden in de figuren 2 en 3 de globale, directe en diffuse straling gedurende de dag gegeven op een mooie zonnige dag in respectievelijk januari en april. Ook de toename van de maximale lichtintensiteit kan uit de figuren worden afgelezen als respectievelijk 250 en 750 W per m². In de zomer wordt wel eens een maximale waarde van de instraling van ongeveer 1000 W per m² gerealiseerd. De waarde van de lichtintensiteit net buiten de dampkring, loodrecht onder de zon bedraagt 1350 W per m² (de zogenaamde zonneconstante). Dit betekent dat ook op heldere dagen in de zomer een aanmerkelijk deel van de instraling door de atmosfeer wordt geabsorbeerd.

De zwaar bewolkte en de heldere hemel kunnen worden beschouwd als twee extreme omstandigheden. Hiertussen treden alle mogelijke mengvormen op. Als opvallendste verschil tussen deze twee extreme condi-

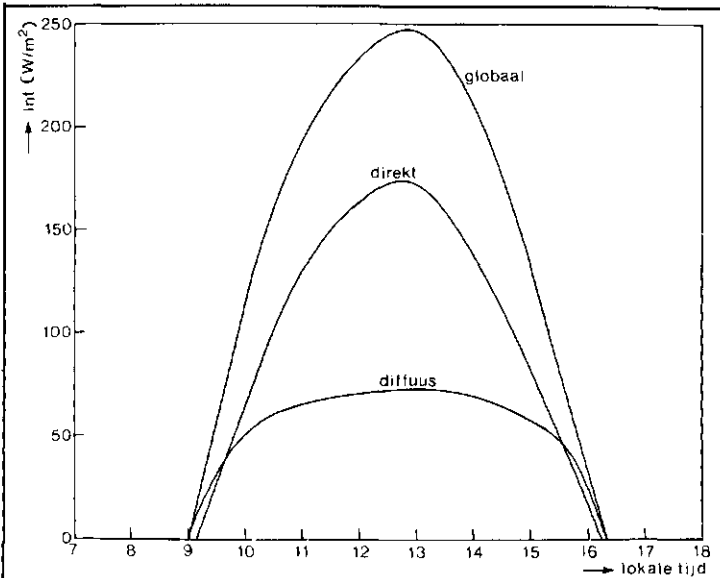
ties werd al genoemd dat bij zwaar bewolkte hemel géén en bij heldere hemel wél directe straling optreedt. In beide gevallen is diffuse straling aanwezig. De aard van de diffuse straling onder een zwaar bewolkte hemel verschilt echter van die bij een heldere hemel. Onder een zwaar bewolkte hemel lijkt het of uit ieder punt van het wolkendek evenveel licht afkomstig is. De straling lijkt homogeen verdeeld over de hemel. Bij een heldere hemel evenwel wordt het meeste licht verstrooid in het gebied rond de zon. Uit dit deel van de hemel komt dan ook de meeste diffuse straling. Van hemelgedeelten die verder van de zon af liggen, komt minder. Er is dus een intensiteitsverdeling van de diffuse straling over de hemelkoepel, waarbij het maximum meeschuift met de plaats van de zon. De verdeling van de intensiteit van de diffuse straling bij heldere hemel is daardoor totaal anders dan die bij zwaar bewolkte hemel. In figuur 4 wordt de intensiteitsverdeling van de instraling bij heldere hemel geschetst. Schematisch is daarin aangegeven dat van de globale straling een deel uit direct licht en een deel uit diffuus licht bestaat. Bovendien is aangegeven dat het karakter van het diffuse licht verschilt van dat bij een zwaar bewolkte hemel (figuur 1).

Doorlatendheid en omstandigheden

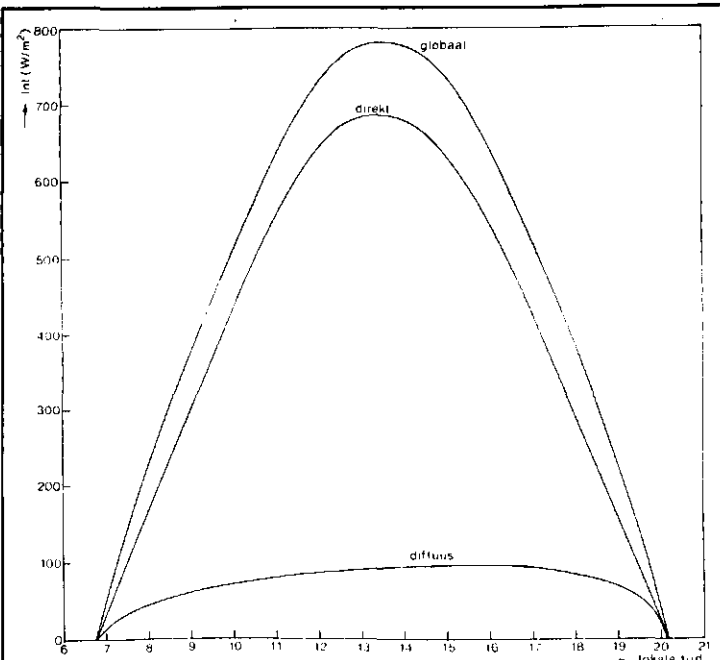
De lichtdoorlatendheid van een kasdek wordt bepaald door de lichtonderschepping van de ondoorzichtige delen (nok, goot, roede, liggers, scherm pakket) en van de onderschepping (weerskaatsing en absorptie) door het glas. Beide zijn afhankelijk van de richting waarin het licht invalt. Dit is duidelijk voor de lichtonderschepping door de nok, de goot enzovoort: het schaduwoppervlak neemt toe naarmate het licht invalt met kleinere hoeken ten opzichte van de horizon. Ook de onderschepping door het glas is afhankelijk van de invalshoek van het licht. Hiervoor gelden de natuurkundige wetten van reflec-



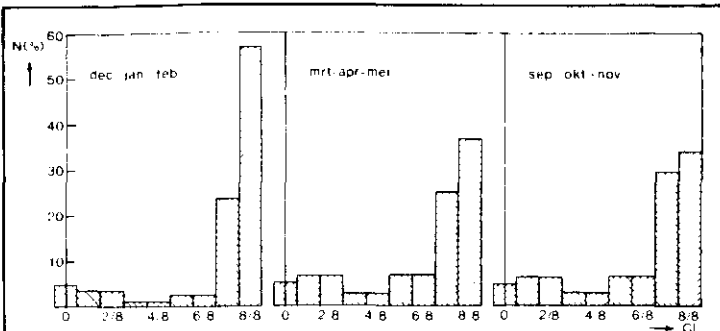
Figuur 1. Instraling onder een dicht wolkendek: ieder punt van de bewolking verstrooit het licht naar alle kanten, zodat ieder punt van de kas licht uit alle richtingen ontvangt van ongeveer dezelfde intensiteit



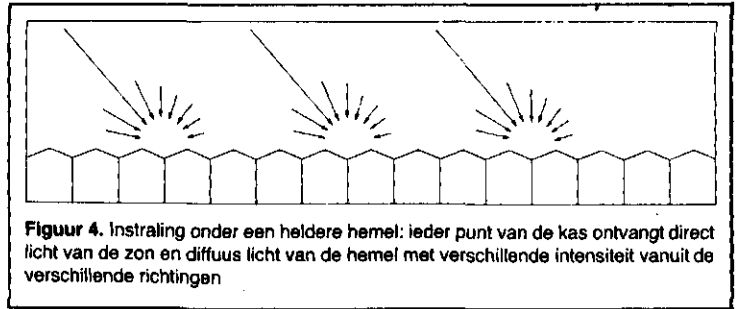
Figuur 2. Instraling op een mooie dag in januari (20 januari 1984) in Wageningen. Aandeel diffuus in de dagsom is 37%. Maximale intensiteit 250 W per m², daglengte ongeveer 7u20 minuten. Dagsom globale straling 425 J per cm²



Figuur 3. Instraling op een mooie dag in april (27 april 1984) in Wageningen. Aandeel diffuus in de dagsom is 15,5%. Maximale intensiteit 780 W per m²; daglengte ongeveer 13u30 minuten. Dagsom globale straling 2367 J per cm²



Figuur 5. Het relatieve aantal uren waarin een bepaalde bewolgingsgraad (C1) wordt waargenomen gedurende enkele seizoenen als gemiddelde over tien jaar in Hamburg

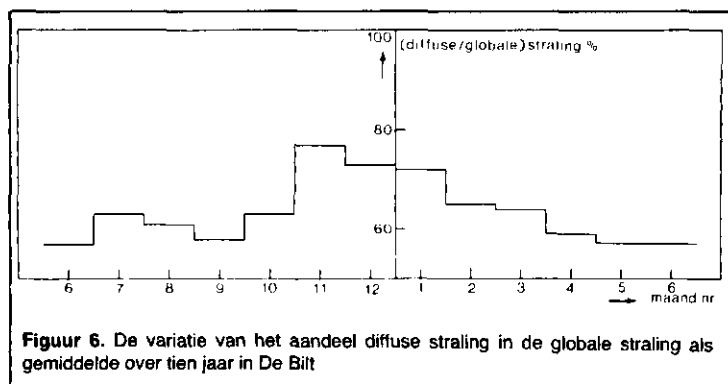


Figuur 4. Instraling onder een heldere hemel: ieder punt van de kas ontvangt direct licht van de zon en diffuus licht van de hemel met verschillende intensiteit vanuit de verschillende richtingen

tie (weerkaatsing) en absorptie (opname in het glas). Als licht loodrecht op een glasplaat invalt, wordt hiervan ongeveer 10% gereflecteerd en 1% geabsorbeerd. Bij schuin invallend licht legt het licht een langere weg door het glas af en daardoor wordt de absorptie hoger. De reflectie hangt ook af van de invalshoek: tussen loodrecht en onder een hoek van 45° invallend licht blijft de reflectie zo'n 10%, voor kleinere invalshoeken ten opzichte van het glas neemt zij echter snel toe. Het bovenstaande betekent dat de lichtdoorlatendheid voor directe straling bij lage zonnestanden lager zal zijn dan die bij hoge zonnestanden. In de winter met gemiddeld lage zonnestanden zal de lichtdoorlatendheid voor directe straling daarom relatief laag zijn en in de zomer met gemiddeld hoge zonnestanden relatief hoog.

Voor diffuse straling is de zaak gecompliceerder. Bij een zwaar bewolkte hemel komt ongeveer evenveel licht uit alle richtingen. De lichtdoorlatendheid is hier een soort gemiddelde van de lichtdoorlatendheid voor het licht uit de verschillende richtingen. Alle richtingen tellen ongeveer even zwaar mee. De stand van de zon heeft hierop in het ideale geval geen invloed. Bij een heldere hemel komt meer diffuse straling uit de hemelgedeelten dicht bij de zon. Bij een lage zonnestand zal dit licht slechter door het kasdek worden doorgelaten dan bij een hoge zonnestand. De transmissie van het kasdek voor de diffuse straling van een heldere hemel is daardoor ook afhankelijk van de zonnestand en zal dus in de

winter lager zijn dan in de zomer. Tussen de extreme situaties van een heldere hemel en een zwaar bewolkte hemel treden alle mogelijke mengvormen op. Om een idee te geven van de kans dat een bepaalde situatie optreedt, kan worden gekeken naar de bewolkingstoestand. Deze wordt uitgedrukt in de mate waarin de hemel door wolken wordt bedekt. Een heldere hemel betekent dan een bewolgingsgraad van 0/8 en een volledig bewolkte hemel een bewolgingsgraad van 8/8. Daartussen wordt de bedekking in klassen van 1/8 geschat. In **figuur 5** wordt aangegeven hoe het relatieve aantal uren met een bepaalde bewolgingsgraad in de seizoenen varieert. De **figuur** geeft het gemiddelde van uurwaarnemingen die gedurende tien jaar in Hamburg zijn verricht. Grote verschillen met het klimaat in onze kuststreek zijn niet te verwachten. Opvallend is het grote aandeel van de uren met een volledig en bijna volledig bedekte hemel (8/8 en 7/8 bewolgingsgraad), niet alleen in de winterperiode maar ook in de andere seizoenen. Gedurende deze uren worden lage lichtintensiteiten gerealiseerd. Daarom kunnen we het vergelijken met het gemiddelde verloop van het aandeel van de diffuse straling in de globale straling voor de verschillende maanden. Dit is in **figuur 6** gegeven, weér als een gemiddelde van tien jaar, ditmaal gemeten in De Bilt door het KNMI. Het valt op dat het aandeel van het diffuse licht groot is, vooral in de wintermaanden. Toch wordt in het relatief kleine aantal uren met zonneshijn (zie **figuur 5**) nog ongeveer 1/3 van de totale lichtevoelheid als di-



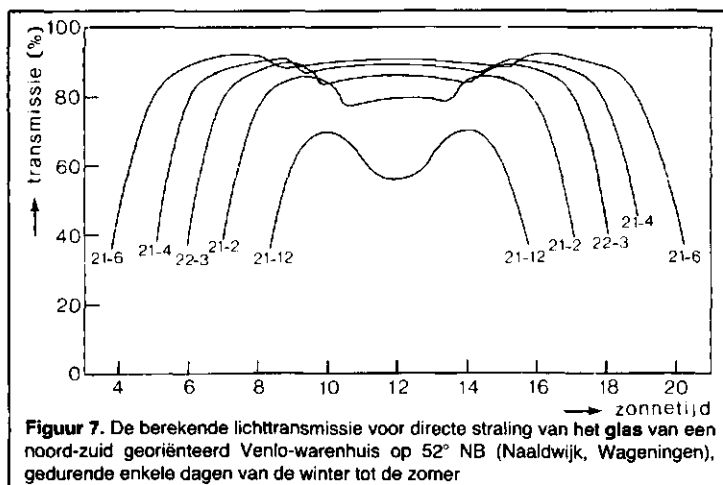
Figuur 6. De variatie van het aandeel diffuse straling in de globale straling als gemiddelde over tien jaar in De Bilt

rect licht ingestraald. Bovendien wordt in deze uren ook diffuus licht ontvangen met een hogere intensiteit dan die onder zwaar bewolkte hemel. Het aandeel van de instraling gedurende zonnige uren zal daardoor tot meer dan 50% van de totale lichthoeveelheid toenemen. Op dagen dat de zon schijnt, is de lichtintensiteit dan ook véél hoger dan die op zwaar bewolkte dagen. De vraag naar de lichtdoorlatendheid op deze dagen is zeker niet overbodig.

Berekende doorlatendheid

Directe straling. Op grond van het voorgaande is het duidelijk dat de lichtdoorlatendheid voor directe straling van de stand van de zon afhangt. De zonnestand kan makkelijk worden berekend met behulp van de datum, het tijdstip op de dag en de breedtegraad waarop de kas zich bevindt. Met behulp van de zonnestand kan de lichtonderschepping van de kasconstructie worden berekend uit de afmetingen en oriëntaties van de constructiedelen. De transmissie van het glas kan worden berekend uit de dakhelling en oriëntatie van de kas en de dikte en optimale eigenschappen van het glas. Deze berekeningen zijn vrij complex en worden daarom met behulp van een computer uitgevoerd.

De berekening van de lichtdoorlatendheid voor directe straling van een Venlo-warenhuis met een dakhelling van 22°, gesitueerd in Naaldwijk of Wageningen (52° NB) illustreert de sterke afhankelijkheid van de zonnestand. We laten de invloed zien



Figuur 7. De berekende lichttransmissie voor directe straling van het glas van een noord-zuid georiënteerd Venlo-warenhuis op 52° NB (Naaldwijk, Wageningen), gedurende enkele dagen van de winter tot de zomer

op de doorlatendheid van het glas, op de schaduwwerking van de nokken en goten en op de totale transmissie. Dit is uitgerekend voor enkele dagen verspreid over het jaar van winter tot zomer. In de periode van zomer tot winter verloopt dit symmetrisch. In **figuur 7** wordt de transmissie gegeven van een denkbeeldige kas met een noord-zuid oriëntatie die alleen uit glas zou bestaan. De tijd is nu uitgedrukt in de zonnetijd. Het toenemen van de transmissie op hetzelfde tijdstip van de dag voor de dagen van winter naar zomer is duidelijk te zien. Ook het toenemen van de daglengte kan worden waargenomen. De transmissie is hier gedefinieerd als het percentage van het licht dat wordt doorgelaten. Eenzelfde figuur (**figuur 8**) kan worden gemaakt voor de transmissie van een denkbeeldige kas, die alleen bestaat uit nokken en goten, ook met noord-zuid oriëntaties.

Voor alle beschouwde dagen is de beschaduwing om 12.00 uur (zonnetijd) 's middags dezelfde, de zon staat dan namelijk steeds in het verlengde van de nokken en goten en de zonshoogte bepaalt niet de breedte van de schaduwen.

In de winter neemt de transmissie in de ochtend snel toe en in de middag weer snel af, in de zomer verloopt dit minder snel. Op de transmissiecurven zijn kleine bultjes te zien. Deze worden veroorzaakt door het samenvallen

georiënteerde kas in de wintermaanden iets gunstiger is. Voor een goede vergelijking voeren we het begrip effectieve transmissie in als de verhouding van de dagsom van de instraling in de kas en de dagsom van de instraling buiten. De uit het voorgaande volgende effectieve transmissiewaarden voor direct licht zijn in de tabel samengevat voor de noord-zuid en de oost-west georiënteerde kas. Tot ongeveer half maart worden in de oost-west kas hogere effectieve transmissiewaarden voor direct licht gerealiseerd dan in de noord-zuid kas. Daarna is het andersom.

Diffuse straling

Bij diffuse straling is de belichting niet afkomstig uit een richting als bij directe straling, maar zij is afkomstig uit alle richtingen. De transmissie kan nu worden beschouwd als de combinatie van de transmissies van alle uit de verschillende richtingen afkomstige lichtstralen. De transmissie voor diffuus licht wordt nu bepaald door de verdeling van het licht over alle richtingen. Immers, licht dat binnenkomt onder lage invalshoeken wordt slecht doorgelaten, licht dat binnenkomt onder hoge invalshoeken wordt goed doorgelaten. Bij een heldere hemel wordt dicht langs de baan van het zonlicht meer licht verstrooid dan verder weg. Daardoor is de intensiteit van het diffuse licht rondom de zon hoger dan op enige afstand van de zon. Zodoende zal ook de transmissie voor diffuus licht op een heldere dag in de winter met een lage zonnestand lager zijn dan die op een heldere dag in de zomer.

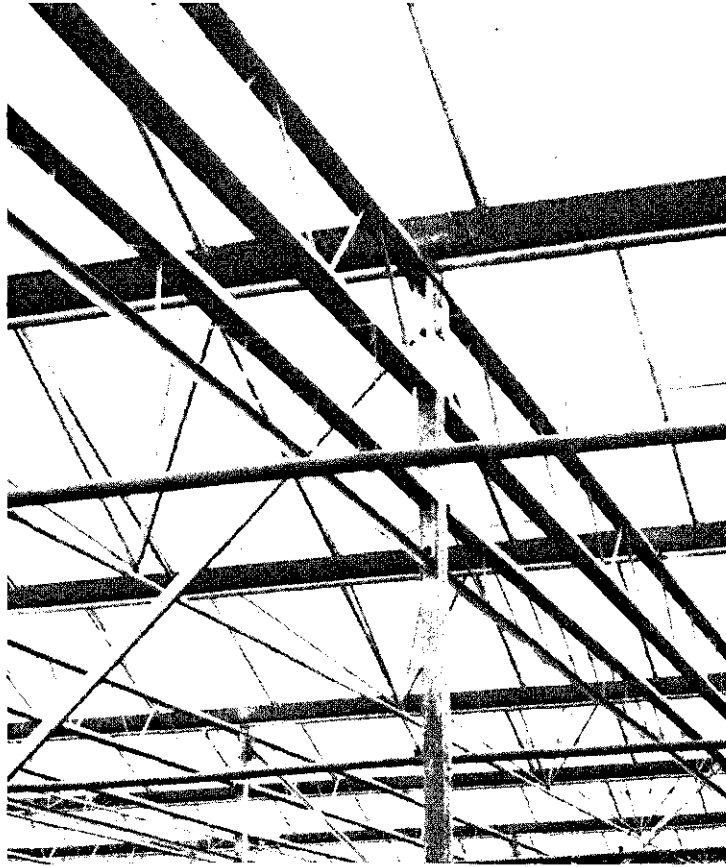
Op een bewolkte dag zal de aard van het diffuse licht afhangen van de bewolkingstoestand. Voor een zwaar, gesloten wolkendek is zij nauwelijks afhankelijk van de zonnestand en daardoor in principe ook niet afhankelijk van het jaargetijde. We kunnen daardoor spreken van standaardmeetomstandigheden. De meest eenvoudige lichtverdeling zou die zijn waarbij uit alle richtingen evenveel licht wordt ontvangen (in de meteorologie de zogenaamde uni-

form bewolkte hemel). Deze verdeling is echter louter theoretisch.

De berekening van de transmissie van het eerder genoemde Venlowarenhuis leverde voor deze theoretische intensiteitsverdeling een transmissiewaarde op van 70%. Een iets realistischere intensiteitsverdeling voor een zwaar, gesloten wolkendek is die waarbij uit de bewolking recht boven de kas wat meer licht wordt ontvangen dan van de bewolking wat meer in de richting van de horizon (de zogenaamde standaard bewolkte hemel). Voor dit geval is een transmissie berekend van 72%. Metingen in het Venlo-warenhuis leverden een diffuse transmissie op van 70%. Deze metingen zijn uitgevoerd door het IMAG volgens de door hen ontwikkelde methode. De methode wordt gebruikt om de transmissie van verschillende kasdekken onder standaard meetomstandigheden met elkaar te vergelijken.

Conclusies

De lichttransmissie van een kasdek is geen constante factor, maar hangt af van de aard van het invallende licht (aandelen direct en diffuus en bewolkings-toestand). Als de lichttransmissie van verschillende kasdekken met elkaar worden vergeleken, moet worden gemeten onder zoveel mogelijk dezelfde omstandigheden. Alleen als wordt gemeten onder een zwaar, gesloten wolkendek (standaard meetom-



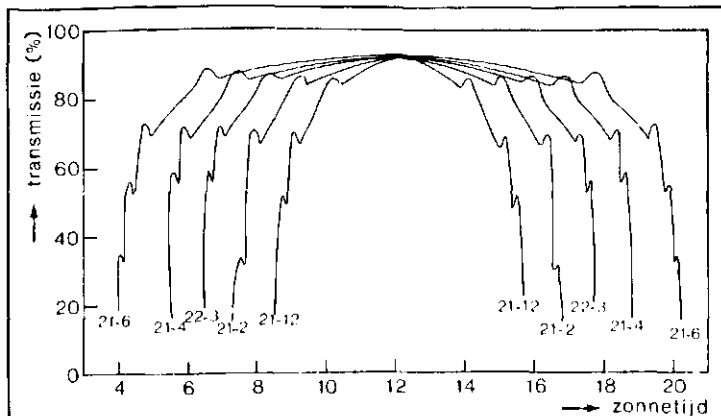
standigheden) kan van redelijk dezelfde condities op verschillende tijdstippen worden gesproken. In de door het IMAG ontwikkelde meetmethode wordt dan ook onder deze omstandigheden gemeten. De gevonden transmissie voor

diffuse straling onder standaard meetomstandigheden is een goede maat voor het vergelijken van verschillende kasdekken. Als bij metingen van de lichttransmissie deze voorzorgen niet in acht worden genomen, zullen de variaties in de meetcondities al de

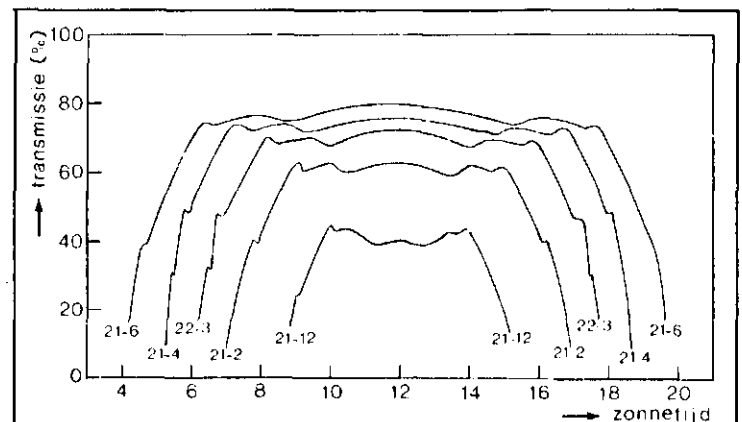
De lichtdoorlatendheid van een kas wordt bepaald door de lichtonderschepping van de ondoorzichtige delen en van de weerkaatsing en absorptie van het glas. Beide zijn afhankelijk van de richting waarin het licht invalt

oorzaak kunnen zijn van verschillen in de meetresultaten. Vooral in de wintermaanden zal een toenemend aandeel van de directe straling een steeds lagere transmissie tot gevolg hebben. Dit werd ook in het eerste artikel in deze serie geïllustreerd. Hoewel het aantal uren met direct zonlicht vooral in de winter betrekkelijk gering is, wordt hierin toch een behoorlijk aandeel van de totale globale instraling gerealiseerd. Een goed begrip van de lichtdoorlatendheid onder deze omstandigheden is dan ook zeker relevant voor allerlei processen in de kas.

De berekeningen van de transmissie voor directe en diffuse straling kunnen aangeven welk gevolg veranderingen in de kasconstructie of materiaaleigenschappen voor de transmissie hebben. Zo levert volgens de berekeningen een verandering in de dakhelling van een Venlo-warenhuis van 15 naar 30° slechts een verhoging van de transmissie voor diffuus licht op van ongeveer 1%. Dit kan, gezien de inspanning, worden verwaarloosd. Een vergroting van de roede-afstand van 74 naar 100 cm leverde een winst in dezelfde



Figuur 8. De berekende lichttransmissie voor directe straling van de constructiedelen van een noord-zuid georiënteerd Venlo-warenhuis op 52° NB (Naaldwijk, Wageningen), gedurende enkele dagen van de winter tot de zomer



Figuur 9. De berekende lichttransmissie voor direct licht van het kasdek van een noord-zuid georiënteerd Venlo-warenhuis op 52° NB (Naaldwijk, Wageningen), gedurende enkele dagen van de winter tot de zomer

METEN VAN LICHT IN DE PRAKTIJK



Het schoonhouden van het glas, juist in de wintermaanden, is dan ook van groot belang

transmissie op van 2 tot 4%, afhankelijk van de stralingscondities. Ook allerlei andere variaties in de maten van de constructies en de constructiedelen kunnen worden ingevoerd om het gevolg voor de transmissie te berekenen.

De transmissie van het glas kan worden verbeterd door de optische eigenschappen te verbeteren. Iedereen weet dat schoonhouden van het glas, juist in de wintermaanden, van belang is.

De effectieve transmissiecoëfficiënt voor direct licht voor enkele dagen verspreid over het jaar, voor zowel een noord-zuid als een oost-west geïoriënteerd Venlowarenhuis (52° NBr, Naaldwijk, Wageningen)

Datum	Noord-zuid	Oost-west
21/12	35	45
21/12 en 17/10	53	58
22/3 en 21/9	62	59
21/4 en 21/8	67	60
21/6	77	65

De optische eigenschappen kunnen ook worden verbeterd door het glas een behandeling te geven. Er wordt op het ogenblik onderzoek uitgevoerd om dit op een goedkope manier te realiseren. Dit kan een winst van 2 tot 5% in de transmissie opleveren. Enerzijds verhoogt het de transmissie van het enkele glasdek, anderzijds opent het mogelijkheden isolerende glasdekken te construeren met weinig extra lichtverlies.

DR. IR. G. P. A. BOT
Landbouwhogeschool
Wageningen

In twee eerdere artikelen in deze serie over licht werden de achtergronden van de lichtdoorlatendheid van kasdekken beschreven. Hierin werd uiteengezet dat de lichtdoorlatendheid niet altijd een vaste waarde heeft (bijvoorbeeld 60 of 70%), maar dat deze, afhankelijk van de lichtomstandigheden, sterk varieert. Dit maakt het erg moeilijk in praktijkkassen de lichtdoorlatendheid te meten. Toch wordt vanuit de praktijk vaak om dergelijke lichtmetingen gevraagd. Meestal realiseert men zich niet dat het verkregen meetresultaat met grote voorzichtigheid moet worden gehanteerd. Daarover gaat dit artikel onder meer.

In dit artikel worden tevens enkele resultaten van lichtmetingen gegeven die door het Consultantschap Naaldwijk zijn uitgevoerd. In de loop van de tijd is veel cijfermateriaal verzameld over de lichtdoorlatendheidspercentages van Venlowarenhuizen (onder een bewolkte hemel). Daardoor kunnen enkele algeme-

nene cijfers over verschillende typen kasdek worden gegeven. In een overzichtstabel worden de percentages lichtverlies vermeld van enkele kasdekken die zijn vergeleken met een denkbeeldige „standaardkas”. We beginnen echter met het beschrijven van de verschillende dekconstructies en bedekkingsmaterialen.

Kassen

Standaardkas. De kas die is gekozen voor het vergelijken van de lichtdoorlatendheid van andere kassen, is een traliakas van 6,4 m. Deze zogenaamde standaardkas heeft een smalle goot (16 cm), een vakmaat van 4 m en enkel glas met een breedte van 100 cm op het dek. De lichtdoorlatendheid van de kas is 73%. Dit betekent dat bij egaal bewolkt weer ongeveer 73% van het buitenlicht in de kas doordringt. Uit recente metingen bleek dat er nauwelijks verschil in lichtverlies bestaat tussen een kas van 3,2 m en een traliakas van 6,4 m. Het spreekt vanzelf dat hierbij werd uitgegaan van dezelfde materialen in het dek en van dezelfde kwaliteit glas. In de tabel staat de standaardkas onder nr 1A.

Andere kassen. De kassen die met de standaardkas zijn vergeleken, hebben dezelfde onderbouw (6,4 m tralieligger). Zoals gezegd gelden de resultaten in principe ook voor een 3,2 m-wa-

renhuis. De kassen verschillen onderling op de volgende punten: de gootbreedte, de glasbreedte, de vakmaat, het schermpakket en het bedekkingsmateriaal. In de tabel kunnen deze verschillen worden teruggevonden.

Bij de goot is alleen onderscheid gemaakt tussen breed en smal. Als brede goot wordt onder meer de 22 cm-AC-goot beschouwd. Smalle goten zijn bijvoorbeeld de HI-goot van Inveka/v. d. Hoeven, de smalle AP-goot van Alcomy/Prins Dokkum en de aluminium goten van Boal en Alcoa. Deze smalle goten zijn ongeveer 16 cm breed.

Het effect van het schermpakket is aan de hand van metingen bepaald. Het kan ook globaal op de volgende manier worden berekend: Een pakket van 8 cm breed en 10 cm hoog op iedere 4 meter geeft een lichtverlies van

$$\left(\frac{10+8}{400}\right) \times 100\% = 4,5\%.$$

Door reflectie van het licht op het pakket mag hiervan een vijfde deel worden afgetrokken. Het lichtverlies dat door het scherm wordt veroorzaakt, komt hiermee op ongeveer 4%. In warenhuizen met een vakmaat van 3 m zijn per oppervlak meer schermpakketten aanwezig, maar die zijn wel iets smaller (ongeveer 1 cm). Het berekende lichtverlies door het scherm bij een 3 m vakmaat komt dan op ongeveer 5%. Deze lage cijfers voor lichtverlies door scherminstallaties gelden in nieuwe kassen, waar het scherm goed is gemonteerd. Er zijn natuurlijk ook veel gevallen waar het schermpakket onnodig veel meer lichtverlies veroorzaakt.

Lichtverlies

Bij het vergelijken van kassen met de standaardkas kan het verschil in lichtdoorlatendheid in een aantal procenten lichtverlies worden uitgedrukt. In dit artikel wordt daarmee steeds een relatief lichtverlies bedoeld. Dit wil zeggen dat het verschil in lichtdoorlatendheid wordt gegeven in vergelijking met de 73% lichtdoorlatendheid van de standaardkas (nr 1A).

Lichtdoorlatendheidspercentages van zeven typen tralielassen van 6,4 m met en zonder energiescherm. In de laatste kolom het relatieve lichtverlies ten opzichte van een denkbeeldige „standaardkas”.

Type kas	Breedte goot	Vakmaat	Glasmaat	Schermpakket	Lichtdoorlatendheid	Relatief lichtverlies
1A „Standaardkas”	smal	4	100	-	73	0
2A Enkel glas	breed	3	73	-	68	7
3A Enkel glas	smal	4	73	-	71	3
4A Dubbel glas	breed	3	73	-	59	19
5A Dubbel glas	smal	3	73	-	61	16
6A Hortiplus	breed	3	73	-	59	19
7A Hortiplus	smal	4	100	-	63	13
1B „Standaardkas”	smal	4	100	+	70	4
2B Enkel glas	breed	3	73	+	65	11
3B Enkel glas	smal	4	73	+	68	7
4B Dubbel glas	breed	3	73	+	56	23
5B Dubbel glas	smal	3	73	+	57	22
6B Hortiplus	breed	3	73	+	56	23
7B Hortiplus	smal	4	100	+	61	16

Als voorbeeld kijken we naar kas 2 A, een traliekas van 6,4 m met een brede goot en glas van 73 cm breed. Uit metingen bleek dat de lichtdoorlatendheid van deze kas 68% is, dus 5% lager dan de doorlatendheid van de standaardkas. Het relatieve lichtverlies is dan

$$\left(\frac{73-68}{73}\right) \times 100\% = 6,8\%.$$

Dit wordt in de tabel naar 7% afgerond. De andere cijfers zijn op dezelfde manier gevonden. De tabel spreekt verder voor zichzelf.

Via deze manier van weergeven kan het effect van verschillende veranderingen aan het kasdek worden aangegeven. Nadrukkelijk moet worden gesteld dat de cijfers maar een indruk geven en dat het beslist geen „keiharde” waarden zijn. De cijfers zijn verkregen door het beschouwen van een groot aantal metingen, waarna ze met enig rekenwerk zijn aangevuld. Alle cijfers gelden in principe alleen voor bewolkte omstandigheden. Bij zonneshijn moet met allerlei verschijnselen rekening worden gehouden, waardoor de lichtdoorlatendheid heel anders kan uitpakken (zie hiervoor ook de eerdere artikelen).

Invoeden

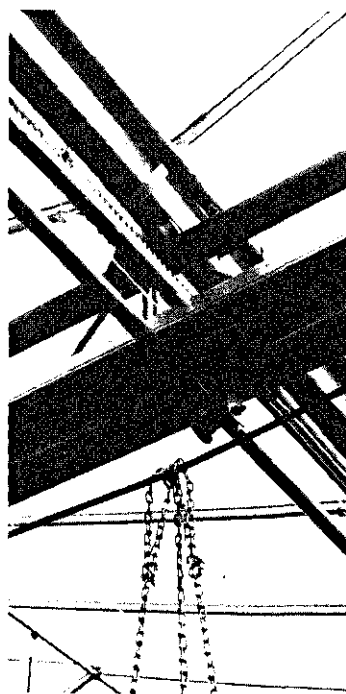
In de één na laatste kolom van de tabel worden lichtdoorlatendheidscijfers van de diverse deken vermeld. Het zal duidelijk zijn dat voor een willekeurige kas niet zomaar een bepaalde lichtdoorlatendheid uit deze tabel kan worden afgelezen. Teveel factoren hebben er invloed op. In de tabel zijn er al enkele verwerkt, namelijk de breedte van de goot, de vakafstand, de glasmaat, het schermpakket en het soort bedekkingsmateriaal. Andere factoren die nog een rol spelen, zijn de kwaliteit van het glas (89 of 91% lichtdoorlating), de plaats van de verwarming (boven of onder), de afmetingen en de kleur van de buizen (donker of licht), het luchtmechaniek (motoren, aandrijfassen) en het aantal luchtramen per oppervlak, de kleur van de bodem (zand, klei, reflectiefolie), de

velinvloeden), de vochttoestand van het dek (droog of nat van condens, wat een tijdelijk effect geeft) en de lichtomstandigheden.

Wil men over de lichtdoorlatendheid van een willekeurige kas iets kunnen zeggen, dan is het moeilijk het effect van al die kaseigenschappen goed in te schatten. Het is dan toch noodzakelijk dat lichtmetingen worden uitgevoerd.

In de praktijk

Voor het bepalen van de lichtdoorlatendheid van een willekeurige kas moet dus worden gemeten. Eén lichtmeter wordt buiten de kas geplaatst en tegelijkertijd wordt in de kas met een identieke lichtopnemer gemeten. Door het vergelijken van de twee opnemers vindt men het percentage lichtdoorlatendheid. Bij het uitvoeren van de metingen veroorzaakt vooral de weersgesteldheid makkelijk problemen. Al eerder werd gesteld dat alleen bij een egale bewolking goed kan worden gemeten. Metingen die onder zonnige of half bewolkte omstandigheden worden uitgevoerd, leveren een getal op dat voor die kas beslist niet representatief is. Wanneer men lichtmetingen voor het nemen van belangrijke beslis-



singen wil gebruiken, verdient het aanbeveling dat de verkregen lichtdoorlatendheid-waarde zeer kritisch wordt bekeken. Een lichtdoorlatendheidsgetal dat uit één meting is ontstaan, moet worden nagerekend of worden vergeleken met andere waarnemingen. Het is echter beter als een lichtmeting nog eens

wordt herhaald en dan het liefst op een andere dag, bij (eveneens) bewolkte omstandigheden.

Samenvatting

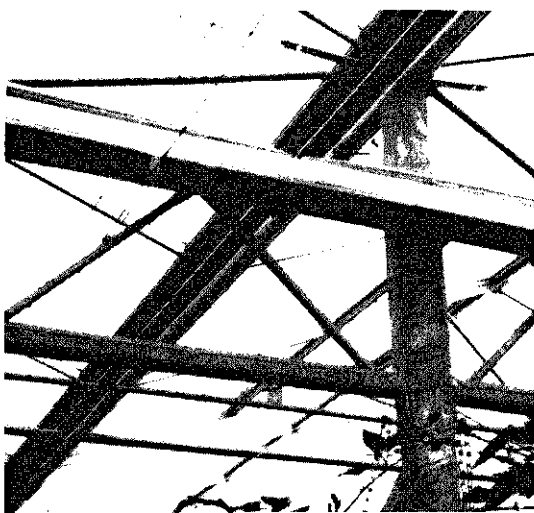
In dit artikel zijn de resultaten van een groot aantal metingen in praktijkkassen tot een overzichtstabel verwerkt. Hieruit kan worden afgelezen wat globaal het lichtverlies is dat door verschillende onderdelen wordt veroorzaakt. Dit alles ten opzichte van een standaardkas.

Wanneer men van een willekeurige kas het percentage lichtdoorlatendheid wil bepalen, is dit in principe mogelijk door het uitvoeren van een aantal metingen. Dit moet op de juiste en op dezelfde manier worden uitgevoerd bij egaal bewolkt weer.

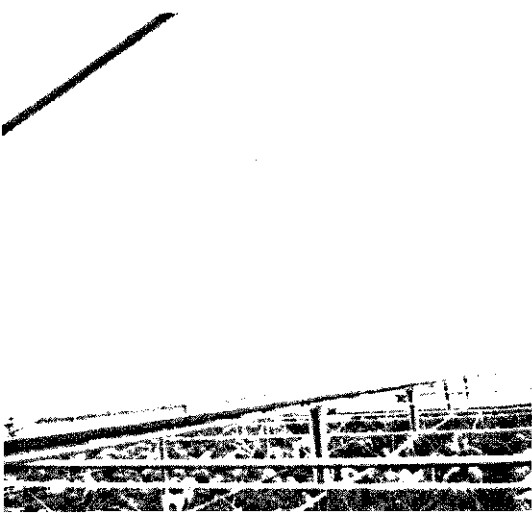
Het doormeten van individuele kassen blijft een riskante zaak. Het cijfer dat dan wordt verkregen, moet met grote voorzichtigheid worden bekeken. Dergelijke lichtmeetresultaten moeten worden gecontroleerd. Dit kan door het herhalen van de meting, door het cijfer te vergelijken met andere resultaten of door berekeningen.

ING. C. A. J. MIDDENDORP
IR. E. M. NEDERHOFF
Consulentschap/Proefstation
Naaldwijk

Op deze foto is de standaardkas met een scherm uitgevoerd. De lichtdoorlatendheid bedraagt ongeveer 70% bij egaal bewolkte omstandigheden



Het dek van de standaardkas zonder scherm. De condens op het glas beïnvloedt uiteraard wel het resultaat van een lichtmeting



INVLOEDEN VAN LICHT EN STRALING OP KASKLIMAAT EN GEWAS

In het kader van de serie over licht wordt in dit artikel ingegaan op de verschillende effecten van licht en straling op het kasklimaat en het gewas. Dit vormt een inleiding op een volgend artikel, waarin het lichtafhankelijk regelen aan de orde zal komen. Bij lichtafhankelijk regelen zijn de verschillende effecten van licht van groot belang.

Uit eerder gepubliceerde artikelen is duidelijk naar voren gekomen dat licht één van de belangrijkste factoren van het kasklimaat is. Licht heeft invloed op de gewas- en de luchttemperatuur, de verdamping en relatieve vochtigheid en ook op de fotosynthese (groei) en daardoor op de CO₂-concentratie in de kas. Door deze invloed op het klimaat en de fotosynthese is uiteindelijk ook de groei en de produktie van het gewas sterk afhankelijk van de hoeveelheid licht.

Als we het hebben over licht en kasklimaat moet onderscheid worden gemaakt tussen straling en (zichtbaar) licht. Het zichtbare licht vormt slechts een beperkt deel van de straling. Met licht wordt het deel van de straling bedoeld dat we kunnen zien en dat ook van belang is voor de groei (fotosynthese) van het gewas. Voor het kasklimaat is niet alleen dit zichtbare deel van de straling belangrijk, maar ook de warmtestraling. Door de zonne-straling die de kas binnenvalt, loopt de kastemperatuur immers op. De straling levert dus een belangrijk deel van de totale warmtebehoefte van de kas.

De hoeveelheid straling die de kas binnenkomt, is afhankelijk van de hoeveelheid straling buiten de kas en de lichtdoorlatendheid (transmissie) van de kas. In de winter is de hoeveelheid straling in de kas veel lager dan in de zomer. Dit komt natuurlijk in de eerste plaats doordat er buiten veel minder straling is, maar ook omdat de transmissie in de winter (bij lage zonnestanden) lager kan zijn (figuur 1).

In de zomer is de hoeveelheid straling buiten niet alleen veel hoger, maar ook de gemiddelde lichtdoorlatendheid is hoog. In de zomer komt dan ook meer energie naar binnen dan noodzakelijk is voor het bereiken van de gewenste temperatuur. Om deze overmaat aan energie weer

geventileerd. De zonne-energie zorgt ervoor dat de kasconstructie, de bodem en natuurlijk ook het gewas worden opgewarmd. Hier zien we meteen het eerste effect van de straling op de planten: de planttemperatuur wordt hoger. De kaslucht wordt indirect opgewarmd doordat de constructiedelen, de bodem en de planten warmte overdragen aan de lucht.

Luchtvochtigheid en verdamping

Wanneer sprake is van meer instraling zien we dat twee effecten de verdamping beïnvloeden. Ten eerste is dat het stijgen van de bladtemperatuur. Ten tweede kan de lucht meer waterdamp bevatten doordat de temperatuur van de kaslucht stijgt. Dit betekent dat de relatieve vochtigheid daalt. Het gevolg van het dalen van de relatieve vochtigheid en het stijgen van de temperatuur van de plant is dat de verdamping toeneemt. Uiteindelijk zal weer een nieuwe evenwichtssituatie ontstaan. Door de verdamping koelen de planten zichzelf en wordt voorkomen dat de planttemperatuur te hoog oploopt en verbranding kan ontstaan. Dit koelmechanisme werkt natuurlijk alleen wanneer de planten voldoende water uit de bodem kunnen opnemen. Bij een te droge bodem kan de planttemperatuur – wanneer

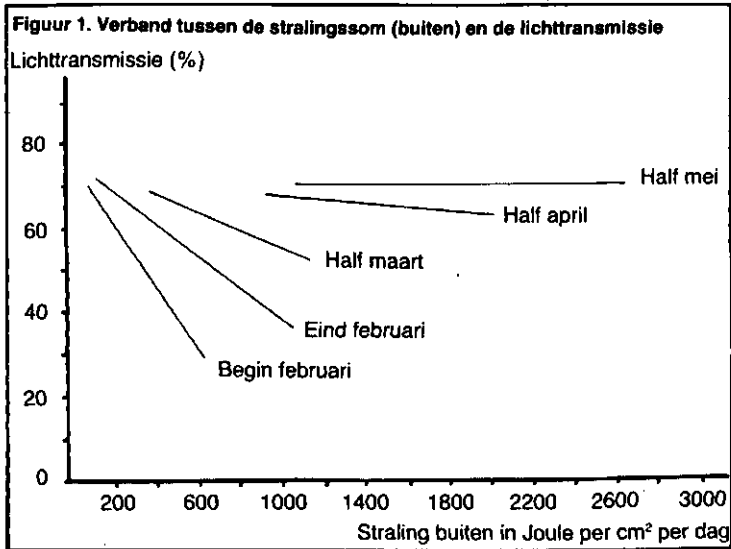


ver oplopen dat dit bladverbranding tot gevolg heeft. Dit risico lopen we ook als de bodemtemperatuur laag is en de wortels dus minder actief zijn. Verdamping betekent dus koeling en voor koeling is energie nodig. Dit houdt in dat de planten een groot deel van de ingestraalde energie omzetten in verdamping. Wanneer dit niet zou gebeuren, gaat alle energie zitten in het verhogen van de kastemperatuur. Dit merken we dan ook goed in een lege kas. De temperatuur kan daarin tot zeer hoge waarden oplopen. Het gewas beïnvloedt dus voor een zeer belangrijk deel het klimaat in de kas.

Er zijn ook situaties waarin van

Verbranding als gevolg van een complex van factoren

sprake is, bijvoorbeeld bij donker weer en 's nachts. Om de gewenste kastemperatuur te bereiken, moet dan de noodzakelijke hoeveelheid energie in de kas worden gebracht door het verwarmingssysteem. De warmtestraling komt door de buizen de kas binnen en deze warmtestraling heeft in principe hetzelfde effect op het gewas en het kasklimaat als de warmtestraling van de zon. Het grote verschil is dat er in dit geval geen of weinig zichtbaar licht is omdat er geen of weinig daglicht is. Hierdoor kan maar weinig fotosynthese



den. Dit verklaart waarom de CO_2 -concentratie in de kassen bij weinig daglichtstraling meestal op een vrij hoog niveau ligt.

CO_2 , fotosynthese en verademing

De fotosynthese van de planten is het proces waarbij uit CO_2 en water suikers worden gemaakt. Deze suikers vormen de basisstoffen die worden gebruikt bij de groei van de plant en het vormen van de vruchten. Voor dit proces is energie nodig en wel in de vorm van licht. De fotosynthese is daardoor in sterke mate afhankelijk van de hoeveelheid licht en daarnaast ook van de CO_2 -concentratie (figuur 2).

De temperatuur is van minder belang. Zolang de temperatuur niet teveel afwijkt van de gangbare teelttemperatuur, wordt de fotosynthese hierdoor meestal niet erg veel beïnvloed. Als er veel licht is, neemt het gewas veel CO_2 op. Wanneer dan niet wordt gedoseerd, kan de CO_2 -concentratie tot beneden de 150 à 200 ppm dalen. Door een tekort aan CO_2 neemt de fotosynthese sterk af en er worden dus ook minder suikers gemaakt.

In de winter zijn de dagen kort en is de hoeveelheid licht erg klein. Daardoor is de fotosynthese dan vele malen lager dan in de zomer. Een belangrijk punt is dat een deel van de door de

fotosynthese gemaakte suikers in de plant zelf worden verbrand en dus niet kunnen worden gebruikt voor de groei. Dit wordt de verademing van het gewas genoemd. Deze verademing is hoger naarmate het gewas groter is en ook de temperatuur hoger is.

Groei en produktie

Bij een lage fotosynthese (bij weinig licht) en een hoge ademhaling blijft er dus weinig voedsel over voor de groei en de produktie. Er zijn situaties waarin de planten bijna niet of helemaal niet groeien of zelfs (tijdelijk) in gewicht afnemen. We zien dan

een dun en licht gewas ontstaan met dunne en grote bladeren. De grote, dunne bladeren ontstaan doordat de planten proberen nog zoveel mogelijk van het beschikbare licht op te vangen om daarmee de fotosynthese te verhogen. Het droge stofgehalte van deze planten en vruchten is laag. De planten zijn waterig. Deze gewassen zijn extra gevoelig voor veranderingen in het klimaat en er kan makkelijk bladverbranding of -vergeling optreden. Bovendien zijn de vruchten vaak korter houdbaar. De fotosynthese is een proces dat snel reageert op veranderingen in de hoeveelheid licht en CO_2 . De verademing is een proces dat nauwelijks reageert op CO_2 - en lichtveranderingen, maar wel op veranderingen in temperatuur. De groei en de produktie zijn zeer trage processen, die afhankelijk zijn van het verschil tussen de fotosynthese en de ademhaling. Hierdoor reageren de groei en de produktie ook veel langzamer op veranderingen van het lichtniveau dan de fotosynthese.

De groei en de produktie zijn niet alleen afhankelijk van de hoeveelheid fotosynthese, maar bijvoorbeeld ook van de voeding, de temperatuur en de verdeling van de voeding en suikers binnen de plant. Zelfs wanneer de fotosynthese hoog is, wil dit bij tomaat bijvoorbeeld helemaal niet zeggen dat ook veel to-

maten worden geproduceerd. Het is mogelijk dat door een slechte zetting – bijvoorbeeld als gevolg van een lage temperatuur of relatieve vochtigheid – bijna alleen blad wordt geproduceerd. Een hoge fotosynthese zegt dus op zichzelf nog niet alles over de groei en de produktie. Het omgekeerde gaat meestal wel op. Bij een zeer geringe fotosynthese wordt door de plant bezuinigd op de vruchten. We zien dit dan vaak in de vorm van vruchtabortie of het afvallen van bloemen.

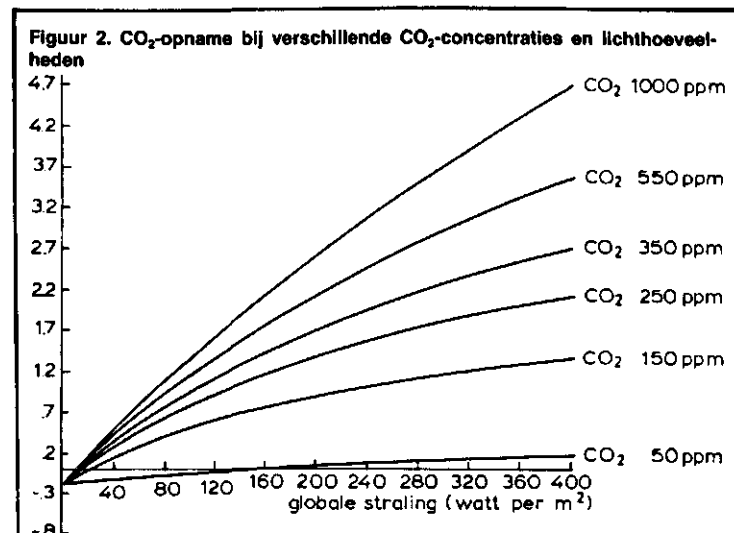
Samenvatting

Met het oog op een komend artikel over lichtafhankelijk regelen worden in dit artikel verschillende effecten van licht en straling op het kasklimaat en het gewas beschreven.

Licht vormt het zichtbare deel van de straling en heeft een sterke invloed op de fotosynthese. De warmtestraling zorgt voor het opwarmen van het gewas en de kas en daardoor daalt de luchtvochtigheid. Door deze verschillende effecten hebben licht en straling in grote mate invloed op het kasklimaat (temperatuur, relatieve vochtigheid, CO_2), de fotosynthese, de verdamping, de groei en de produktie.

De fotosynthese vormt hierbij een belangrijke schakel. Door de fotosynthese worden immers de basisvoedingsstoffen voor de groei en de produktie gemaakt. Hoewel dit erg belangrijk is, zegt een hoge fotosynthese op zich nog niet alles over de groei en de produktie. Daarbij spelen ook andere factoren een belangrijke rol.

De temperatuur is bij kasteelten meestal hoog genoeg voor een optimale fotosynthese. Het lichtafhankelijk verhogen van de temperatuur voor een optimale fotosynthese is daarom niet effectief. Het is wel een zinvolle zaak wanneer andere processen die een rol spelen bij de groei, de ontwikkeling en de produktie, door het lichtafhankelijk regelen positief worden beïnvloed.



LICHT AFHANKELIJK KLIMAAT REGELEN

In dit artikel in de serie over licht zal het een en ander worden geschreven over „lichtafhankelijk klimaat regelen”. Dit betekent regelen van het klimaat op basis van de gemeten lichtintensiteit, dus bijvoorbeeld lichtafhankelijk de ventilatietemperatuur verhogen.

In het voorgaande artikel zijn verschillende effecten van licht en straling besproken, die voor het lichtafhankelijk regelen van belang zijn. We geven hier nog even de belangrijkste zaken weer.

De straling vormt een belangrijke energiebron voor de kas. Die straling zorgt voor de opwarming van de bodem, het gewas en de kaslucht. Door het opwarmen van de kaslucht zal de relatieve vochtigheid dalen en de verdamping van het gewas zal toenemen. Door het gewas wordt een deel van de invallende stralingsenergie omgezet in verdamping. Dit heeft een koelend effect, zowel op de plant als op de kaslucht.

Licht vormt het zichtbare deel van de straling en is van belang voor de fotosynthese (CO₂-opname). Hoe hoger de hoeveelheid licht, hoe hoger de fotosynthese. De groei en produktie hangen af van de fotosynthese maar bijvoorbeeld ook van de verdeling van de voeding binnen de plant. Deze verdeling wordt onder andere beïnvloed door de temperatuur, dus indirect ook door de straling. Een hoge fotosynthese zegt dus op zichzelf nog niet alles over een goede groei en produktie. Bij lichtafhankelijk

De buiten gemeten hoeveelheid straling grijpt bij een lichtafhankelijke regeling direct in op het klimaat in de kas

regelen hebben we met al deze verschillende effecten van straling en licht te maken. Met een lichtafhankelijke regeling bedoelen we een regeling waarbij de buiten gemeten hoeveelheid straling direct ingrijpt in de klimaatregeling. Een voorbeeld is de verhoging van de ingestelde ventilatiewaarde bij hoge instraling. Ook regelingen, waarbij de gemeten stralingsom wordt gebruikt om een bepaalde regelactie uit te voeren – zoals bijvoorbeeld de watergift – vallen onder de term lichtafhankelijk regelen.

De eerste vraag die we moeten beantwoorden is: „Wat willen we bereiken met een lichtafhankelijke regeling van het klimaat?” We kunnen hierbij denken aan het optimaliseren (verhogen) van de groei en produktie of het voorkomen van stress-situaties. Een ander doel kan zijn het zo economisch mogelijk gebruik maken van de zonne-energie. Op deze drie zaken zal in het vervolg van dit artikel verder worden ingegaan. Daarbij zullen ook de diverse regelmogelijkheden die we kunnen gebruiken aan de orde komen.

Optimalisatie van groei en produktie wil zeggen dat de produktie zo ver wordt verhoogd als economisch is verantwoord. Verhogen van de produktie gaat in veel gevallen gepaard met extra kosten, bijvoorbeeld voor energie, kunstmest en dergelij-

ke. Als er meer wordt geproduceerd dan de kosten daarvoor dan is het aantrekkelijk.

Optimaliseren is niet zo eenvoudig, want dan moet precies bekend zijn wat de kosten zijn en hoe hoog de produktie onder bepaalde omstandigheden zal zijn. De omstandigheden waarbij het gewas het beste groeit en produceert, komen niet altijd overeen met het optimale financiële resultaat. Een simpel voorbeeld kan dit illustreren. Als we iets hoger stoken, kan de produktie (in kilo's en guldens) hoger zijn, maar daartegenover staat natuurlijk wel een hogere gasrekening. Uiteindelijk kunnen we daardoor toch slechter af zijn. Het is duidelijk dat er wat dit betreft verschillen bestaan tussen de diverse gewassen, maar ook tussen de bedrijven onderling. In een zwaar geïsoleerde kas is het eerder rendabel om iets hoger te stoken dan op een bedrijf zonder energiebesparende maatregelen.

Bij optimalisatie moeten we dus altijd de voor- en nadelen van een bepaalde regelactie tegen elkaar afwegen. Dit is een zeer moeilijke zaak. Wat is bijvoorbeeld het effect van enkele dagen of weken een hogere stooktemperatuur op de produktie en is dit de moeite waard? Ook het onderzoek heeft op deze vragen nog geen pasklaar antwoord. Toch zijn er wel enkele algemene richtlijnen te geven.

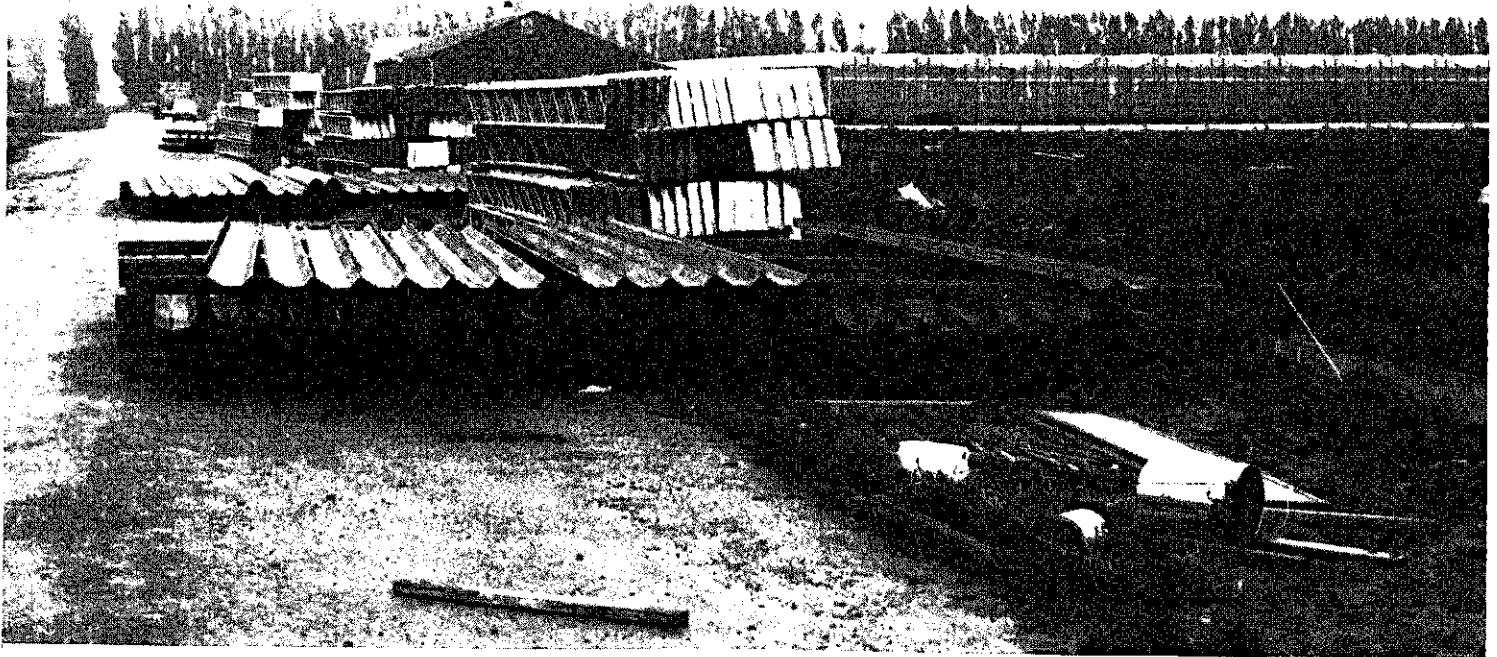
Allereerst het effect van een verandering in de temperatuur. Het is bekend dat de groei en produktie afhangen van de CO₂-opname en hoe lager de verbranding, hoe hoger het uiteindelijke netto resultaat. In de winter wordt de fotosynthese meestal niet beperkt door de aanvoer van CO₂, maar door de hoeveelheid licht. Het fotosyntheseniveau is 's winters daardoor laag. Als de verbranding in de planten dan erg hoog is, blijft er weinig over voor de groei en de produktie. Het kan dan ook verstandig zijn om na dagen met een zeer lage lichtintensiteit de nachten daarop niet te hoog te stoken om daardoor de verbranding in de planten laag te houden. Hierbij moeten we natuurlijk wel reke-

ning houden met bepaalde temperatuurgrenzen die belangrijk zijn voor andere zaken, zoals de ontwikkelingssnelheid, vruchtgroei en dergelijke.

In het voorjaar geldt het bovenstaande ook. Er kunnen dan echter ook dagen zijn met juist véél instraling, waardoor de warmtevraag laag is. Er ontstaat dan een tekort aan CO₂. We kunnen in die gevallen proberen door een lichtafhankelijke verhoging van de ingestelde ventilatiewaarde en door het terugregelen van de brander de CO₂-concentratie op peil te houden. In het voorjaar is CO₂ dus soms een beperkende factor. In de zomer is dit zelfs meestal het geval, want dan is de hoeveelheid zonne-energie meestal ruim voldoende om aan de energiebehoefte van de kas te voldoen. Er is dan juist een overschot aan energie (warmte) dat moet worden weggelucht. Hierdoor is er geen warmtevraag. Bovendien gaat de CO₂, als er boven de buitenwaarde wordt gedoseerd, via de ventilatie verloren. Op dit moment wordt doseren tot de buitenwaarde rendabel geacht. Er zijn aanwijzingen dat het ook economisch rendabel kan zijn tot hogere concentraties te doseren. Het onderzoek zal hierover uitsluitsel moeten geven.

In de herfst is de situatie in feite vaak het slechtst van alle seizoenen. De warmtevraag van de kas is gering en er is dus weinig CO₂ beschikbaar, terwijl ook het lichtniveau snel afneemt. Bovendien is de (nacht)temperatuur vrij hoog en daardoor is in de nacht de verbranding van het gewas relatief hoog. De hoeveelheid suikers, die de plant dan netto per etmaal produceert, is hierdoor vrij laag. In deze periode kunnen we door het instellen van een lichtafhankelijke minimum buistemperatuur overdag twee zaken tegelijk beïnvloeden. In de eerste plaats wordt de verdamping geactiveerd. Dit is gunstig voor de opname van voeding uit de bodem. In de tweede plaats komt er meer CO₂ ter beschikking, waardoor de fotosynthese hoger wordt. Desondanks zal de produktie in de herfst duidelijk achterblijven ten opzichte





van het voorjaar en de zomer. Een tweede doel van lichtafhankelijk regelen kan zijn het voorkomen van stress-situaties en/of het corrigeren van extreme klimaatomstandigheden. Stress ontstaat in veel gevallen door een vrij snelle verandering van het klimaat. Het kan echter ook het gevolg zijn van bijvoorbeeld het langzaam uitdrogen van de grond. Een voorbeeld van een klimaatverandering is als een aantal donkere dagen worden gevolgd door enkele dagen met helder weer. Dan kan de verdamping zeer sterk toenemen. Om te voorkomen dat hierdoor schade optreedt kunnen we de verdamping afremmen door het instelpunt van de ventilatie lichtafhankelijk te verhogen en de minimumbuis lichtafhankelijk te verlagen. In zeer extreme gevallen kan ook het scherm worden gesloten om daarmee een te sterke verdamping te voorkomen. Dit soort problemen kunnen met name in het voorjaar optreden.

Aan de andere kant kunnen er situaties zijn waarin de verdamping juist moet worden gestimuleerd om allerlei problemen (zoals calciumgebrek) te voorkomen. Dit speelt met name in de herfst. De verdamping kan op verschillende manieren worden geactiveerd. De eerste mogelijkheid is meer (stralings)warmte in de kas te brengen via het verwarmingssysteem. Dit kan òf door hoger te stoken òf door de minimum buistemperatuur te verhogen. Een andere mogelijkheid om de verdamping te activeren is de ingestelde ventilatiewaarde verlagen of de minimum ventilatie bij lage lichtniveau's verhogen. Zoals eerder opgemerkt zijn de verdamping en de planttemperatuur gekoppeld; de planten koelen zichzelf via de verdamping. Bij het opvangen van klimaatovergangen moet daarom ook worden gezorgd dat de planten voldoende water ter beschikking hebben en kunnen opnemen. Hierbij spelen het vochtgehalte van de bodem

(of substraat) en de worteltemperatuur een belangrijke rol. Hoe lager de temperatuur bij de wortels, hoe lager de wortelactiviteit. Juist bij een lage worteltemperatuur moeten we daarom oppassen voor momenten dat de lighthoeveelheid plotseling sterk toeneemt. Behalve het klimaat kan ook de watergift lichtafhankelijk worden geregeld om stress te voorkomen. Op het lichtafhankelijk watergeven wordt in een volgend artikel uitgebreid ingegaan. Dit aspect wordt daarom hier niet verder behandeld.

Zonne-energie

Het laatste doel van het lichtafhankelijk regelen dat we hier bespreken, is een zo optimaal mogelijk gebruik van de zonne-energie. De warmte die door de zon de kas binnenkomt is immers gratis en we moeten dus proberen hier zo goed mogelijk gebruik van te maken. Vanuit dit oogpunt is het aan te bevelen, zeker tijdens de wintermaanden,

Breed glas, een vakafstand van vier meter en een smalle goot zorgen voor een zo groot mogelijke hoeveelheid licht in de kas

den, zo min mogelijk te ventileren. Daarnaast kunnen de ketel- en buistemperatuur lichtafhankelijk worden verlaagd.

Om de warmte tijdens de nacht zo lang mogelijk vast te houden moet ook 's nachts de ventilatietemperatuur worden verhoogd. Een tweede mogelijkheid is het scherm vroeg in de avond of aan het einde van de dag te sluiten. Hierbij is het van belang dat na sluiten van het scherm de temperatuur oploopt. De gemiddelde nachttemperatuur zal, als we de stooktemperatuur voor de nacht gelijk houden, hoger worden. Dit kan worden voorkomen door te regelen op een gewenste gemiddelde nachttemperatuur. Dit houdt in dat

STRALING WEGSCHERMEN IN DE ZOMER

een hogere temperatuur tijdens de voornacht wordt gecompenseerd door een lagere temperatuur tijdens de nacht. Op dit moment wordt op het proefstation het effect hiervan op de groei en produktie bij tomaat onderzocht. Door deze werkwijze kunnen grote verschillen tussen de nacht- en de dagtemperatuur optreden, waardoor het risico van condensatie op het gewas toeneemt.

Bij het opstoken 's morgens kunnen we proberen het opwarmen van de kas voor het grootste deel door de zon te laten plaatsvinden. Hierbij kunnen we gebruik maken van een lichtafhankelijke verhoging van de ingestelde ventilatiewaarde en een lichtafhankelijke verlaging van de buistemperatuur. Ook in dit geval moet het natslaan van het gewas zoveel mogelijk worden voorkomen in verband met het werkklimaat en de kans op schimmelinfecties.

Richtlijn

In de meeste gevallen zal het doel van lichtafhankelijk regelen bestaan uit een combinatie van bovengenoemde zaken. Van tijd tot tijd kan het doel ook veranderen. Steeds moet de afweging worden gemaakt wat we het belangrijkste vinden. De tuinder kijkt naar het gewas en neemt vervolgens de beslissing wat er moet gebeuren. Het instellen van het klimaat is dus één eenmalige gebeurtenis. Elke keer opnieuw moeten we de verschillende zaken tegen elkaar afwegen. Het bovenstaande artikel is dan ook bedoeld als richtlijn en om aan te geven hoe de verschillende processen in de kas met elkaar samenhangen. Het is duidelijk dat als we één bepaalde instelling veranderen, dit verschillende effecten heeft. Waar we bovendien steeds op moeten letten is, dat we het licht niet al te direct op de klimaatregeling laten ingrijpen. We kunnen hierbij bijvoorbeeld denken aan het gebruik van de gemiddelde lichtintensiteit over het afgelopen half uur. Doordat het lichtniveau in zeer korte tijd (minuten) nogal sterk kan wisselen, kan een te directe invloed

van het licht leiden tot een instabiele regeling. Dit hangt samen met de verschillen in reactiesnelheid van de diverse regelsystemen. Een verwarmingssysteem heeft een vrij lange tijd nodig om op te warmen en af te koelen. De ventilatie is duidelijk veel sneller. Bij een te sterke en/of directe invloed van het licht op de regeling zou dit kunnen leiden tot gevaarlijke situaties. De buizen zijn bijvoorbeeld nog vrij warm (door een trage afkoeling) terwijl het licht alweer sterk is toegenomen. Hierdoor zal de verdamping worden gestimuleerd en de planttemperatuur sterk kunnen oplopen. Het is dus mogelijk dat juist het tegenovergestelde ontstaat van datgene wat we met lichtafhankelijk regelen willen bereiken. Voorzichtigheid bij de instelling blijft dus steeds noodzakelijk.

Samenvatting

Bij lichtafhankelijk regelen hebben we te maken met verschillende effecten van licht en straling. Zowel het effect van de straling op het kasklimaat als de invloed van het licht op het gewas zijn belangrijk. Met lichtafhankelijk regelen kunnen we verschillende zaken proberen te bereiken, zoals optimalisatie van groei en produktie, het voorkomen van stress-situaties en een optimaal gebruik van de zonne-energie. Het doel kan in verschillende situaties steeds anders zijn; de tuinder zal zelf moeten beslissen wat hij het belangrijkste vindt.

Om het inzicht te vergroten en tevens om een richtlijn te geven voor het instellen van de lichtafhankelijke regeling, zijn in dit artikel de diverse invloeden van de straling en het licht nog eens op een rijtje gezet. Daarnaast worden enkele verschillende mogelijkheden van lichtafhankelijk regelen besproken. Het instellen van de lichtafhankelijke regeling moet steeds met de nodige voorzichtigheid gebeuren. Bij een te sterke of te directe invloed van het licht op de regeling kunnen namelijk gevaarlijke situaties ontstaan.

IR. J. C. BAKKER
Proefstation Naaldwijk

In verschillende gepubliceerde artikelen in de serie „Licht in de kas” is erop gewezen dat meer licht praktisch altijd meer groei betekent. In het algemeen – maar niet altijd – is de verhouding tussen licht en produktie 1 op 1. Veel kassen worden in het voorjaar en de zomer echter gekrijt. Blijkbaar komen omstandigheden voor waarin voor een goede groei teveel licht aanwezig is. Onder deze groei moet niet worden verstaan een maximale toename van het gewicht, maar een dergelijke groei dat het maximum aan geldelijke opbrengst wordt gehaald. Daarbij speelt de kwaliteit van het geoogste produkt een belangrijke rol. Bij groenten, maar vooral ook bij bloemen en potplanten is kwaliteit een belangrijk waarde-aspect. Juist op de kwaliteit van het produkt heeft de zon soms een nadelige invloed.

Uit niets blijkt dat een overdaad aan licht als zodanig schade zou kunnen aanrichten.

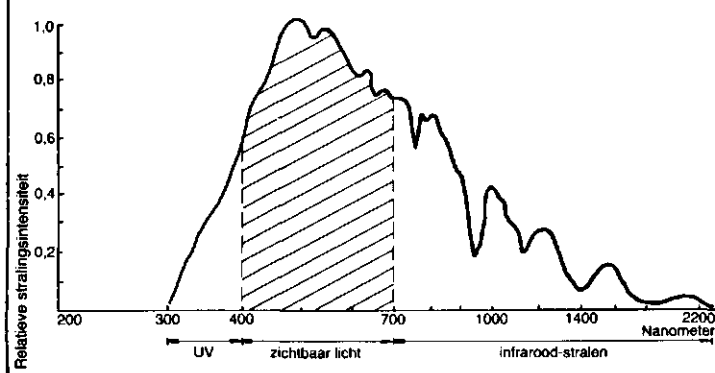
De ontstane schade moet dan ook worden geweten aan een teveel aan energie dat met het licht samenhangt.

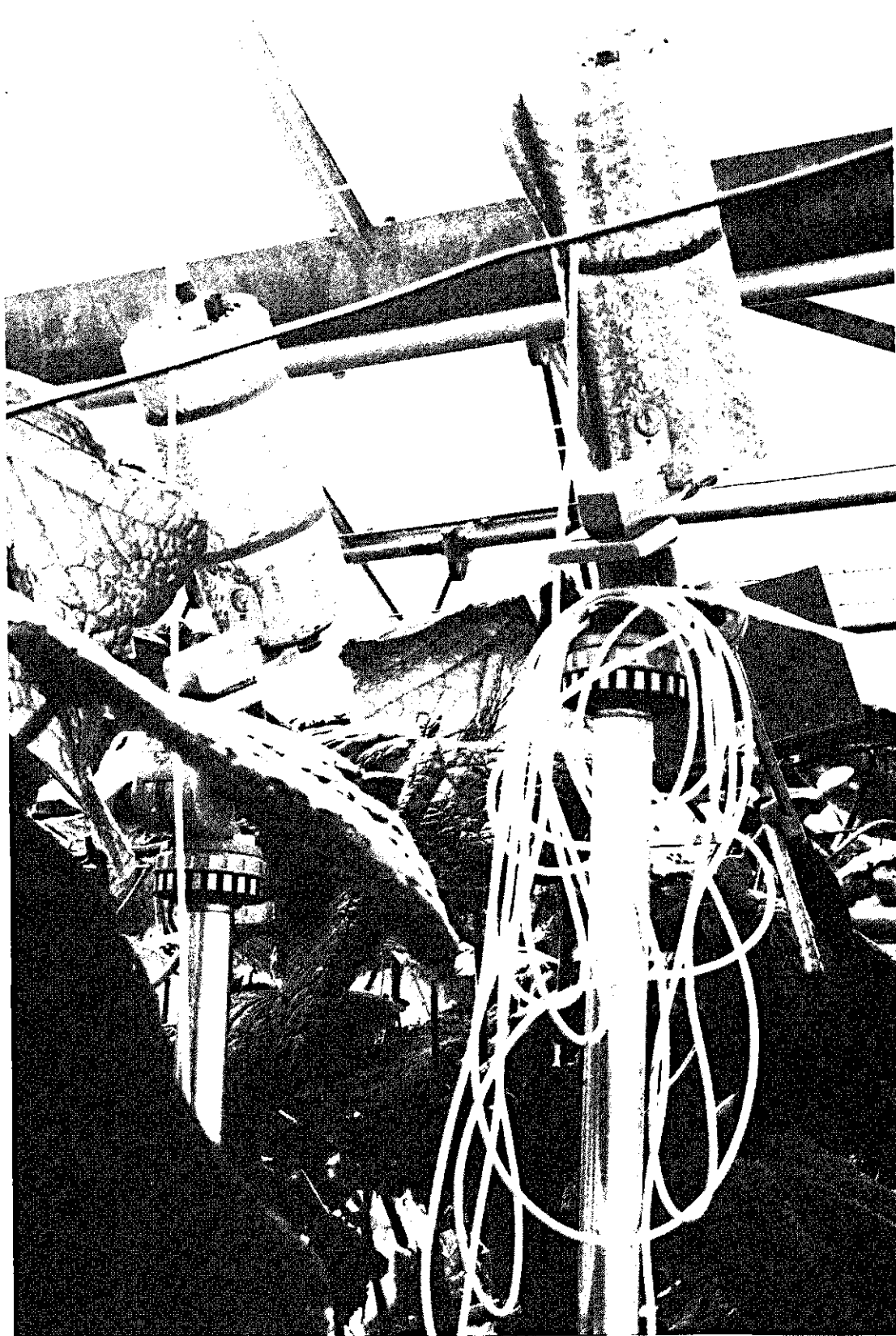
Door te schermen kan de energiestroom voor een deel worden tegengehouden. Het lichtverlies dat hiermee gepaard gaat, is echter nadelig voor een maximale groei. Er zal in de nabije toekomst naar betere methoden moeten worden gezocht, waarbij de plant zoveel mogelijk licht blijft ontvangen en het teveel aan energie op een andere manier wordt afgevoerd. Zo lang die methode er niet is of onvoldoende effect heeft, zal moeten worden geschermd. Het is belangrijk dat dit op zo'n manier wordt gedaan, dat de nadelen zo klein mogelijk zijn.

Problemen en achtergronden

Ongeveer vijftig procent van de energie die via straling op de aarde valt, bestaat uit licht. De andere vijftig procent bestaat uit ultraviolette en kortgolvlige warmtestralen (figuur 1). Bij onbewolkt weer in de zomer laat het kasdek de zonnestrallen – licht en warmte – voor ongeveer zeventig procent door. In de kas worden de stralen door de constructie van deze kas, door de grond en door het gewas opgenomen. De kortgolvlige warmtestraling wordt daar omgezet in voelbare warmte. Alles wat door de zon is opgewarmd, geeft weer warmte aan de omgeving af. Dit gebeurt door uitstraling (langgolvlige warmtestralen), door

Figuur 1. Verdeling over de golflengten van de zonnestrallen bij onbewolkt weer





Met infrarood-thermometers is vastgesteld dat de temperatuur van het blad onder extreme omstandigheden tot 45°C kan oplopen

convectie of bij een gewas door transpiratie (verdamping).

Al deze warmtestromen kunnen echter niet zonder meer door het kasdek en zorgen gezamenlijk voor het zogenaamde „kaseffect”. De luchttemperatuur kan tot hoge waarden oplopen, vooral op die plaatsen waar de zonnestralen de planten of de constructie direct beschijnen, dus ook bij de hoogste bladeren van een gewas. De temperatuur van het blad wordt daar nog weer vele graden hoger. Onder extreme omstandigheden zijn bladtemperaturen van 45°C of meer geen uitzondering. Te hoge temperaturen van het blad, de bloem of de vrucht veroorzaken bij een aantal gewassen ongewenste verkleuringen. Soms treedt beschadiging op door een tekort aan vocht.

Het is duidelijk dat dergelijke beschadigingen in ieder geval moeten worden voorkomen, desnoods ten koste van enige produktie op een ander moment.

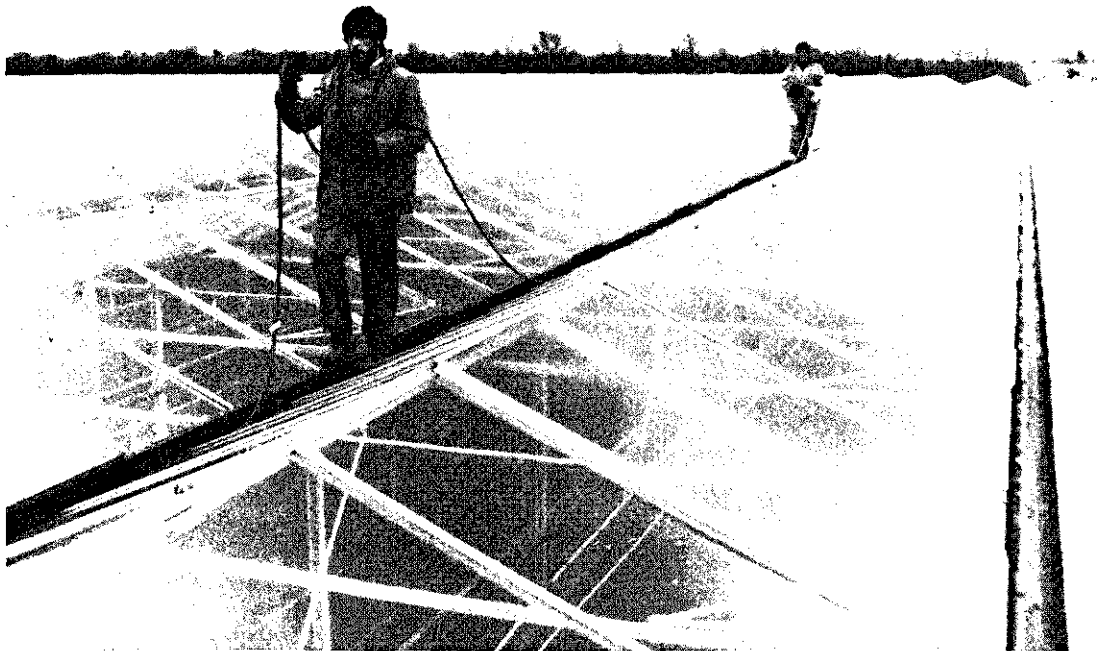
Hoeveel energie daarvoor moet worden tegengehouden of zo snel mogelijk moet worden weggevoerd, kan niet exact worden aangegeven. Dat hangt af van de gevoeligheid van het gewas. Deze gevoeligheid kan van ras tot ras verschillen en is vaak afhankelijk van het stadium waarin het gewas verkeert. Bij de overgang van een periode met donker naar zeer zonnig weer blijkt de plant extra gevoelig. Behalve dat dan moet worden geventileerd, moet men proberen de waterhuishouding optimaal te beheersen. De temperatuur van het blad of orgaan zal namelijk minder hoog oplopen naarmate de plant meer verdampt.

Als alle andere hulpmiddelen tekort schieten, moet worden geschermd. Dit kan door het krijten van de kas, het geheel of gedeeltelijk sluiten van een beweegbaar scherm of door een combinatie van beide.

Schermen en klimaat

Hiervoor werd beschreven dat de delen van de plant die bij zonnig weer door de zon worden beschienen soms vele graden warmer zijn dan de temperatuur van de lucht in hun directe omgeving. Wanneer die delen worden beschaduwed, zal de temperatuur minder hoog oplopen. De exacte omvang van het scherm-effect hangt enerzijds af van de intensiteit van de zonnestrallen en de mate van koeling door transpiratie en anderzijds van de lichtdoorlatendheid van het scherm. **Figuur 2** geeft een beeld van de temperatuur van een tomatenblad midden in de zomer (juni) dat door de zon werd beschienen, goed verdampte en dat tijdelijk werd beschaduwed met een voor licht ondoorlatende plaat op ongeveer 1 meter vanaf het blad.

Een ideaal scherm zou de lichtstralen moeten doorlaten en de kortgolvlige warmestrallen moeten tegenhouden. Zo'n scherm of schermmiddel bestaat helaas nog niet. We moeten er dus van uit gaan dat schermen altijd gepaard gaat met ongewenst lichtverlies en daarmee mogelijk groeiverlies. Juist in de zomer, als er veel licht is, zou eigenlijk zuinig met het licht moeten wor-



den omgesprongen. Een bepaald percentage van veel licht is immers altijd meer dan een zelfde percentage van weinig licht! Bij schermen blijkt steeds weer dat de lichtintensiteit bij de planten erg laag is in vergelij-

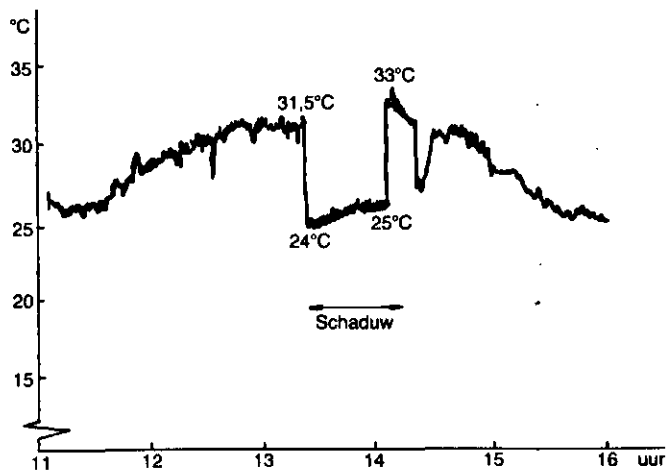
king met de lichtintensiteit buiten de kas. Met andere woorden: erg veel licht wordt weg geschermd. In veel kassen komt niet meer dan 10 tot 15% van het buitenlicht in de kas.

Tabel 1 geeft hiervan een voor-

Schermmiddelen moeten makkelijk met water en een borstel kunnen worden verwijderd

beeld. In de toekomst moet er nog veel zijn te verdienen met een andere manier van klimaat

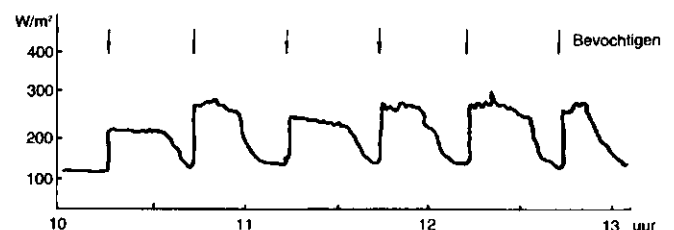
Figuur 2. Temperatuur van een blad in de zon dat gedurende drie kwartier kunstmatig werd beschaduwed (gemeten met infraroodthermometer)



Tabel 1. Lichtdoorlatendheid (licht in de kas ten opzichte van buiten in %) van enige kassen op een Anthuriumbedrijf bij zonnig weer in juni

Schermmethode	Licht in de kas (%)
Krijt (scherm open)	23-27
Krijt + LS-16 (95% gesloten)	11,5
Krijt + EAL-66 (95% gesloten)	13,0
Krijt + ES (95% gesloten)	16,5

Figuur 3. Lichtdoorlatendheid van een kas met „transparant” scherm bij periodiek bevochtigen





beheersen. Het is zeker dat daar perspectieven voor zijn. Alleen al door een betere waterhuishouding wordt bij veel gewassen de laatste vijftien jaar aanmerkelijk minder geschermd dan daarvoor en het schermen in de groenteteelt blijft nu praktisch geheel achterwege.

Krijten van de kas

De traditionele manier van schermen is het krijten van het kasdek met kalk of een regenvast materiaal. Daar kleven een aantal bezwaren aan. Het krijt is altijd te lang aanwezig en kan moeilijk op het juiste moment snel worden aangebracht of verwijderd. Aan deze manier van schermen zitten echter ook enige voordelen. Het vraagt bijvoorbeeld geen grote investeringen en het kan per periode worden aangepast aan de behoefte.

Wanneer maar kort hoeft te worden geschermd, wordt kalk zonder lijm gebruikt. Bijvoorbeeld als we het gewas even over een moeilijke periode heen willen helpen. Met een flinke regenbui is de kalk weer van het glas af. Als die bui niet op tijd komt,

kunnen daksproeiërs met water helpen. Dat krijt met regen zo makkelijk van het glas spoelt, wordt in de praktijk meestal als een groot nadeel ervaren. Daarom wordt vaak gebruik gemaakt van een regenvast schermmiddel. Bij zo'n middel is het nadeel weer groter dan het te lang aanwezig blijft. Dit soort middelen moet dan ook extra kritisch worden gebruikt. In het voorjaar moet niet zwaarder worden geschermd dan nodig is en in het najaar moet zo snel mogelijk worden verwijderd wat kan worden gemist, eventueel in een aantal stappen.

Uit onderzoek van ongeveer tien jaar geleden bleek dat de meeste regenvast schermmiddelen die toen in de handel waren meer licht doorlieten als ze nat waren. Dit is een interessante eigenschap van schermmiddelen. Donker weer gaat namelijk vaak met regen gepaard. Wanneer dat niet zo is, kan het gekrijte kasdek via daksproeiërs worden bevochtigd. Ongeveer tien jaar geleden werden schermmiddelen ontwikkeld die deze eigenschap in sterke mate bezitten. Voor

Tabel 2. Lichtdoorlatendheid (in %) van glas met twee typen regenvast schermmiddelen, droog en na bevochtigen

Hoeveelheid scherm	Doorlatendheid		
	Droog	Nat	
		Nor-maal	Trans-parant
Veel	10	18	40
Minder	25	35	67
Vrij weinig	40	50	79
Weinig	60	67	86

kassen die langdurig moeten worden geschermd, zijn deze middelen erg interessant. Niet alleen voor gewassen die een zwaar scherm vragen, maar misschien nog wel meer voor gewassen waarvoor alleen de scherpste pieken in energie moeten worden afgevlakt. De winst aan licht die bij bevochtiging kan worden gehaald, wordt weergegeven in tabel 2 en zichtbaar gemaakt in figuur 3.

Het gebruik van de zogenaamde „transparante” schermmiddelen verdient meer toepassing dan tot nu toe gebeurt. Het is mogelijk dat ze zo weinig worden gebruikt omdat er in het verleden een paar vervelende

Door te hoge temperaturen en directe zonbestraling kunnen tomaten te geel worden

nadelen aan kleefden. Volgens informatie van één fabrikant kunnen die nadelen nu worden opgelost en dit zou voor een deel ook al zijn gebeurd. De nadelen waren onder andere dat bij het opbrengen van het middel moeilijk kon worden vastgesteld hoe zwaar werd geschermd en hoeveel bij het schoonmaken van het glas was verwijderd. In beide gevallen wordt als oplosmiddel namelijk water gebruikt, terwijl het scherm hierdoor extra doorlatend, dus minder zichtbaar wordt. Een tweede probleem was de onvoldoende hechting op het glas. In de zomer moet deze hechting zeer sterk zijn vooral bij het gebruik van daksproeiërs. In het najaar moet het middel daarentegen weer makkelijk met water en een borstel kunnen worden verwijderd.

Beweegbare schermen

De laatste jaren werden veel beweegbare zonnenschermen geïnstalleerd, die tevens kunnen worden gebruikt voor het bespa-

ren van energie. Een ideale combinatie van zonnescherm en energiescherm in één doek kan niet of zeer moeilijk worden ontwikkeld. Er moet dus een keus worden gemaakt welke eigenschap het meest belangrijk wordt geacht.

Het gebruik van een beweegbaar scherm als zonnescherm lijkt idealer dan het in werkelijkheid is. In tegenstelling tot een krijtschema kan de mate van schermen niet worden aangepast. De procentuele lichtdoorlatendheid is bij zonnig weer en een hoge zonnestand groter dan bij donker weer en een lage zonnestand. Bij een beweegbaar scherm is de mate van schermen bijna alles of niets. Dit wil zeggen dat alleen bij de laatste 5 à 10% opening iets kan worden geregeld. In het algemeen wordt de ventilatie van een kas door een gesloten scherm duidelijk minder. In kassen met een beperkte luchting ontstaat dan al snel een „benauwd” klimaat. Bij zwaar bewolkt weer blijft het scherm open. De lichtwinst in vergelijking met een krijtscherm is dan ook duidelijk. Dit is ook 's ochtens en 's avonds het geval.

Het lichtverlies is problematischer wanneer moet worden geschermd. Bij onbewolkt weer wordt – als het scherm wordt gesloten – in één keer zoveel licht weggenomen als de waarde van het doek. Op dat moment en daarna komt minder licht in de kas dan voor het gewas toelaatbaar zou zijn (figuur 4). Nog

Tabel 3. Diffuse lichtdoorlatendheid van diverse schermmaterialen (%)¹⁾

Merk schermdoek	Alleen doek	Doek + reflectie In de kas ²⁾	Kasdoek + constructie + doek + reflectie ³⁾
EH-Super	72	79	51
LS-10	68	76	49
Giesverpak-helder	68	76	49
Verzoo-wit	55	64	42
Isotex-45	47	57	37
LS-14	45	54	35
Isotex-55	44	54	35
ES-Super	40	50	33
EAL-55*	39	49	32
Isotex-50 alu	41	47	31
Giesverpak-wit	38	48	31
LS-15	35	43	28
TD-wit	33	42	27
EAL-66*	28	37	24
LS-56	27	36	23
LS-16	23	29	19
EAL-77*	23	29	19
LS-17	19	24	16

* Deze materialen zijn nog niet volledig doorgemeten. De cijfers zijn schattingen die zijn gebaseerd op oriënterende metingen

¹⁾ Gegevens volgens R. van Oosten, IMAG-Wageningen

²⁾ Lichtdoorlatendheid rekening houdend met 20% reflectie van de bodem, enzovoort

³⁾ Lichtdoorlatendheid ten opzichte van buiten in een kas waar 65% van het licht door glasdek wordt doorgelaten

moelijker is het bij wisselend bewolkt weer lichtverlies te voorkomen. Om schade aan en slijtage van de installatie te voorkomen, moet de beweging (openen en te kort daarop weer sluiten) worden beperkt. De instraling kan echter vaak en in sterke mate veranderen. Wisselingen in het stralingsniveau van het ene op het andere moment van 1 op 10 zijn geen uitzondering! In de praktijk blijft het scherm op dit soort dagen dan ook de hele dag dicht.

Bij het installeren van een scherm moet een geschikt doek

met de juiste schermwaarde worden gekozen. Dat is niet zo eenvoudig en moet daarom met zorg worden gedaan. Een verkeerde keus kan niet of alleen met hoge kosten worden gecorrigeerd. In tabel 3 staan de gegevens over de lichtdoorlatendheid die bij zo'n keus van belang zijn. De procentuele lichtdoorlatendheid kan in de praktijk iets hoger zijn dan uit deze tabel blijkt, met name bij de gealuminiseerde materialen. Er kan een schermdoek worden gekozen dat bij zonnig weer midden in de zomer voldoende schermt. Met

zo'n doek wordt vaak teveel geschermd. Ook kan een doek worden gekozen dat niet voldoende scherming in het voor- en naseizoen geeft. Met zo'n doek moet bij zonnig weer in de zomer met krijt op het kasdek worden bijgeschermd.

Voor het optimaal benutten van het licht is de laatste keus een veel betere dan de eerste. Voor kassen met zeer ruim bemeten luchtramen komen soms twee onafhankelijk van elkaar beweegbare schermen in aanmerking. De keus van het schermdoek is dan aanmerkelijk eenvoudiger. Er worden in dat geval twee doeken genomen met duidelijk verschillende percentages lichtdoorlatendheid.

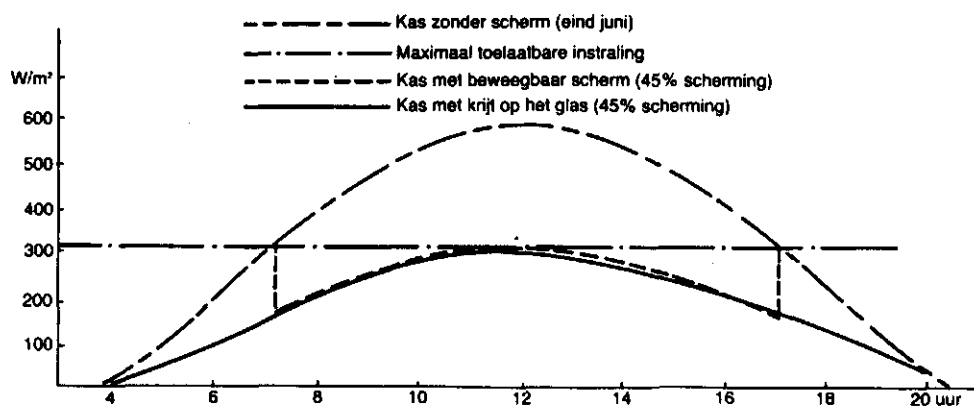
Samenvatting

Bij onbewolkt weer in de zomer komt ongeveer zeventig procent van de ingestraalde zonne-energie in de kas terecht. De lucht en de delen van de plant die door de zon worden beschenen, kunnen zeer warm worden. Een ongewenste verkleuring en schade door een tekort aan vocht kunnen hiervan het gevolg zijn. Voor het voorkomen van die schade, is schermen een van de mogelijkheden. Aan deze methode, die in de bloemteelt veel wordt gebruikt, kleeft het grote bezwaar van lichtverlies.

De lichtdoorlatendheid van gekrijt glas kan bij donker weer worden vergroot als het krijt wordt bevochtigd. Er bestaan zogenaamde „transparante” schermmiddelen, die in natte toestand extra doorzichtig worden.

Het kiezen van een juist schermdoek voor een beweegbaar scherm is moeilijk. Een doek met een zware scherming kan worden gebruikt zonder dat in de zomer hoeft te worden bijgeschermd, maar heeft in totaal teveel lichtverlies tot gevolg. Een doek met een grotere lichtdoorlatendheid lijkt een betere keus. Daarbij kan het kasdek naar behoefte worden gekrijt.

Figuur 4. Invloed van het schermen op de instraling





**FYSIOLOGISCHE
ONDERWERPEN**

LICHT, PLANT EN GEWAS

In voorgaande artikelen in deze serie werd ingegaan op de achtergronden van de invloed van lichtverschillen op vroegheid en produktie. Duidelijk werd gemaakt dat lichtverlies bij jonge planten verlating tot gevolg heeft. Deze planten komen later aan de oogst toe. In een volgroeid gewas dat in produktie is, neemt de produktiesnelheid door lichtverlies af. In dit artikel willen we nagaan wat de betekenis is van lichtverschillen voor het teeltverloop. Daarbij zal vooral nader worden gedomstreerd dat er een groot verschil is in de reactie van kleine afzonderlijke planten en van een vol gewas.

In een eerder artikel in deze serie heeft ir. E. M. Nederhoff laten zien hoe, afhankelijk van lichtverschillen, de fotosynthese verloopt in een bestand jonge, vrijstaande planten. Dit is de situatie in de opkweek (grafiek 1). Alle planten, jong of oud, groot of klein, gaan meer CO₂ opnemen voor de fotosynthese als het licht toeneemt tot 80 W per m². Als het licht nog meer toeneemt, gaat het volgroeide gewas per m² kasoppervlakte steeds meer CO₂ opnemen en vindt meer fotosynthese plaats. Dit gaat verder door dan de hoogste lichtintensiteit die in Nederland voorkomt.

Bij de bladeren van de kleine plantjes zien we dat de maximale capaciteit wordt bereikt bij circa 80 W per m². De fotosynthese neemt hier boven dus niet meer toe. In een volgroeid gewas vindt fotosynthese in de bovenste bladeren eveneens tot hun maximale capaciteit plaats. De hoeveelheid licht die door de bovenste bladeren niet wordt opgevangen, komt echter op de lager gelegen bladeren, dus dieper in het gewas terecht. Dit licht is dan verzwakt, zodat de dieper in het gewas gelegen bladeren niet aan hun maximale capaciteit toe komen. Neemt het licht nu nog meer toe, dan dringt ook sterker licht dieper in het gewas door. Over de hele plant gerekend kan de fotosynthese dus blijven toenemen als het licht toeneemt.

Licht en een vrijstaande plant

Met allerlei plantensoorten zijn groeimetingen verricht bij jonge, vrijstaande planten bij verschillende lichthoeveelheden. In grafiek 2 geven we als voorbeeld

de opkweek van sla en de teelt van radijs. Weergegeven is hoeveel dagen voor deze groeifase gedurende het hele jaar werden gebruikt. De datum waarop de groeiduur is uitgezet, is het midden van de groeiperiode. Er zijn wel verschillen tussen beide gewassen, maar het patroon is gelijkvormig. Dat blijkt voor veel gewassen te gelden. De groeiduur was het langst rond 21 december en nam af bij toenemend licht tot een minuut rond half september en 1 april. Midden in de zomer is er nog veel meer licht, maar de planten zijn dan zichtbaar voor wat betreft licht verzadigd. Ze reageren nauwelijks op hogere intensiteiten, ook niet bij het gebruik van kunstlicht. We hebben namelijk ook gegevens verzameld in verschil-

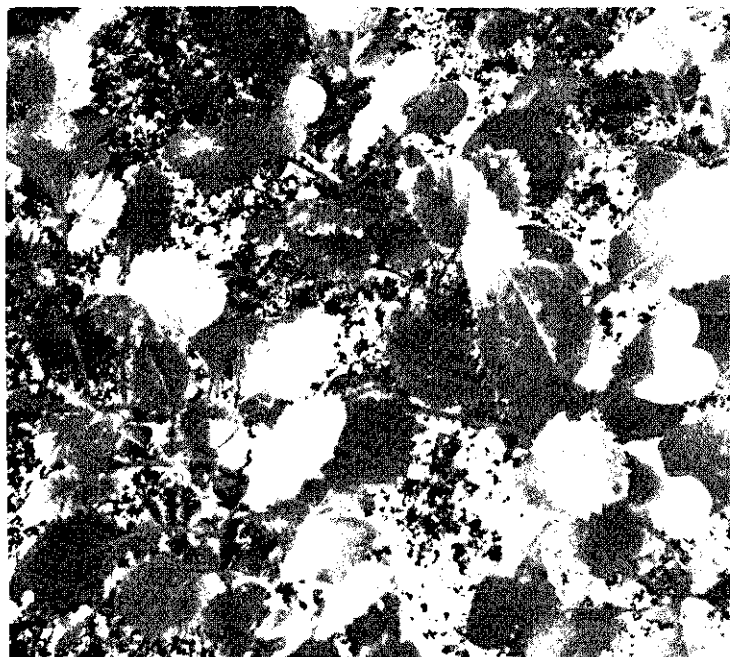
lende perioden van het jaar, zowel bij meer als bij minder dan het natuurlijke licht. We gebruiken daarvoor bijbelichting of een scherm. Deze resultaten geven we in grafiek 3 voor tomaat. De uitkomsten lijken veel op die in grafiek 2. Bij toenemend licht hadden de planten minder tijd nodig om een gewicht van 10 g te halen: 35 dagen bij 60 J per m² per dag en 16 dagen bij 600 J per m² per dag. Maar ook hier is het effect bij de lagere lichtniveaus veel sterker. Van 60 J naar 300 J daalt de groeiduur van vijf naar drie weken. Dit is het lichtniveau rond 1 april. Bij een lichttoename van 300 tot 600 J wordt de groeiduur met minder dan een week verkort. De grafieken 1, 2 en 3 tonen dus duidelijk aan dat jonge planten bij hoge lichthoeveelheden nagenoeg niet reageren op een verhoging van de lichtintensiteit.

Licht in een kas vol blad

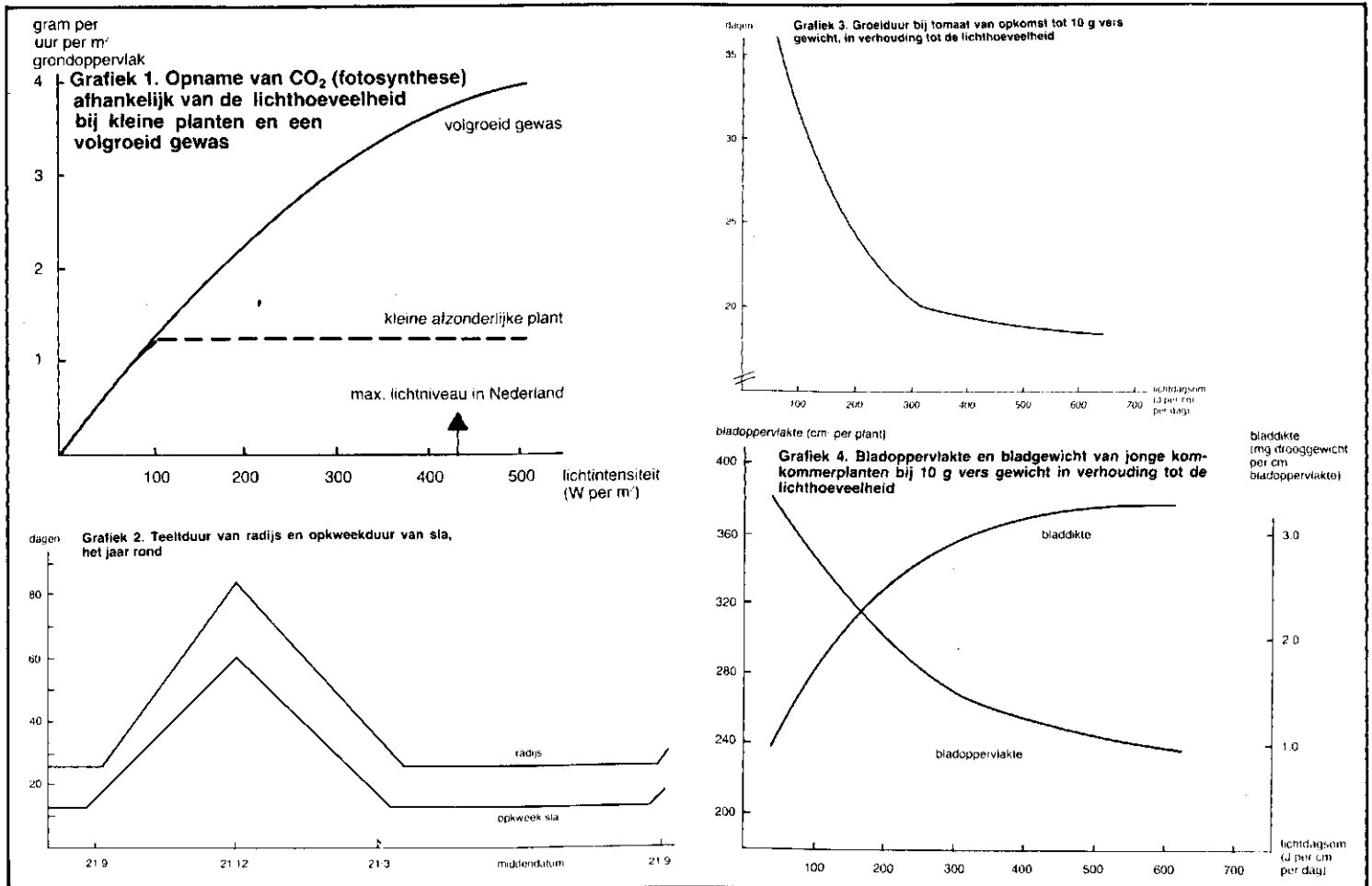
Na de jonge planten, dus de groei, komt nu het volgroeide gewas aan de orde en dat betekent dat we in de produktiefase zijn beland. We zagen in grafiek 1 dat in een gewas een verhoging van licht in de zomer kan worden benut, tot zelfs boven het hoogste lichtniveau dat in Ne-

derland voorkomt. Het bovenste blad is dan wel verzadigd, maar wat wordt doorgelaten, is dieper in het gewas wel bruikbaar. Aangenomen mag worden dat de plant daardoor ook de produktie kan vergroten. Over de reactie van de produktie op lichtverschillen is echter veel minder bekend dan over de reactie van de groei van jonge planten.

In een proef werd gedurende het produktieseizoen bij een tomaatgewas licht weggenomen door Agryldoek boven het gewas aan te brengen. Het ging daarbij om twee trappen, namelijk 19 en 32% lichtverlies. Toen op 8 juni 12 kg tomaten per m² was geoogst, bedroeg het produktieverlies respectievelijk 21 en 34%. Er was dus een duidelijke invloed van het licht op de produktie. Dat hier ongeveer 1% opbrengstverlies per procent lichtverlies werd gevonden, kan toevallig zijn, maar het komt wel overeen met de schatting van dr. Challa in het vorige artikel van deze serie. We komen hierop in een volgend artikel nog terug. In een andere proef werd ook de plant onder enkel en dubbel glas gewogen: respectievelijk 2,13 en 2,10 kg. Hier werd dus geen invloed gevonden van lichtverschillen op het plantgewicht. De vruchtproduktie van deze planten werd echter wel door het licht beïnvloed. Er werd achtereenvolgens 7,50 en 6,35 kg per m² geoogst. Door de geringere hoeveelheid licht was de produktie 15% kleiner. Blijkbaar kan het ene orgaan (blad) minder door het licht worden beïnv-



Als voor de teelt van radijs midden in de winter twaalf weken nodig zijn, zou op grond van de hoeveelheid licht mogen worden verwacht dat in de zomer met een teeltduur van twee weken kan worden volstaan. Toch zijn hier 26 dagen voor nodig



vloed dan het andere (vrucht). We wijzen er ook nog even op dat de produktieverliezen tot stand kwamen door kleinere vruchten (68 en 62 gram). Dubbel glas en schermdoek beïnvloeden de produktie in de zomer. Het ligt voor de hand dat dan ook donkere en lichte weersomstandigheden invloed hebben op de produktie.

Seizoeninvloed op groei jonge planten

Over het hele jaar genomen zijn de lichtverschillen zéér groot. Midden in de zomer is er tien maal zoveel licht als midden in de winter. Als radijs (grafiek 2) er midden in de winter twaalf weken over doet, dan zou dit 's zomers nog geen twee weken mogen duren. Het duurt echter gemiddeld 26 dagen. De teeltperiode wordt nagenoeg niet beïnvloed door de lichtverhoging tussen 1 april en half september.

Er is dan dus zeker geen sprake van de 1%-regel. In de winter is wel een duidelijke lichtinvloed waar te nemen. De groeidiur neemt dan sterk toe. Nu is er midden in de winter maar 20% van het licht ten opzichte van maart en september. De teelt zou er dus rond 21 december vijf keer zo lang over moeten doen als rond 1 april. Dus vijf maal vier is twintig weken. Voor een radijsteelt is dan echter maar twaalf weken nodig. De plant groeit midden in de winter dus sneller dan op grond van de lighthoeveelheid zou mogen worden verwacht.

Bladdikte – bladoppervlak

Dat jonge planten midden in de winter naar verhouding zo goed groeien, komt vooral doordat het blad bij een slechtere belich-

ting steeds dunner wordt. Per gram gewichtstoename wordt bij afnemend licht in het winterhalfjaar meer blad gemaakt en dus steeds meer licht opgevangen. De groeiende planten nemen immers een grotere grondoppervlakte in beslag zolang ze nog voldoende ruim staan. Het is met bladoppervlakte en -dikte net als met een bal brooddeeg. Als je met steeds minder deeg de oppervlakte gelijk wilt houden moet je het steeds verder uitrollen en wordt het dus dunner. De plant kan zo een gedeelte van de lichtvermindering compenseren. **Grafiek 4** geeft de resultaten van een proef met komkommers, die laten zien dat bij afnemend licht (horizontale as van rechts naar links) de bladoppervlakte steeds groter wordt. Tegelijkertijd wordt de bladdikte dan steeds kleiner. Bij licht-dagsommen hoger dan

300 J per cm² per dag zijn de aanpassingen veel kleiner dan bij lagere lighthoeveelheden.

Seizoeninvloed op de produktie

Lichtverschillen hebben invloed op het produktieniveau. Gedurende het seizoen zijn de lichtverschillen altijd groot. Daarom ligt het ook voor de hand te veronderstellen dat het seizoenverloop mede bepalend is voor het produktieverloop. Er zijn echter maar weinig bruikbare gegevens voorhanden om deze veronderstelling te staven. Bij tomaat vonden we de volgende cijfers voor de maximale maandproducties gedurende de eerste twee produktiemaanden van vijf teelten met opeenvolgende plantdata (vroeggestoektomaten tot een herfstteelt). De maximale maandproductie in

LICHT EN GROEI

kg per m² was in mei 4,8, in juni 6,0, in juli 8,0, in aug 6,8 en in sept 4,2. De produktie midden in de zomer was dus duidelijk hoger dan in het voor- of najaar. Dat de produktie in juli het hoogst is, komt doordat de vruchtgroei al in juni wordt bepaald. Het duurt immers zes weken van bloei tot oogst. Of deze verschillen zich gedragen volgens de 1%-regel kan niet met zekerheid worden gezegd, omdat de produktiegegevens te globaal zijn om dat voldoende nauwkeurig te berekenen.

Samenvatting

Het blad van een kleine vrijstaande plant bereikt al bij betrekkelijk weinig licht zijn maximale fotosynthese.

In een gewas met meer bladlagen zal het onderliggende blad het doorvallende licht benutten dat het bovenliggende blad passeert. Bij een kas vol met blad blijft de fotosynthese toenemen als het licht toeneemt, zelfs bij lichtniveaus die hoger zijn dan het niveau dat in Nederland maximaal wordt waargenomen.

Bij vrijstaande jonge planten treden gedurende het zomerhalfjaar geen verschillen in groeisnelheid van betekenis op. 's Winters groeien jonge planten wel langzamer dan in het voor- en najaar, maar beter dan op grond van de geringe lichthoeveelheid zou worden verwacht. De relatief goede groei in de winter komt tot stand doordat de plant per gram die er bij groeit een veel groter en dus dunner blad vormt.

Door het relatief grote bladoppervlak kan de plant meer licht opvangen. De lichtvermindering wordt daardoor gedeeltelijk gecompenseerd.

Bij volle gewassen in de produktiefase wordt de opbrengst verminderd door lichtverliezen.

Ook de lichtverschillen tijdens het seizoen zijn van invloed op de vruchtproduktie.

In een volgend artikel wordt nader ingegaan op de hanteerbaarheid van de 1%-regel.

Aan de factor licht wordt terecht veel belang gehecht. Toch blijkt het nog steeds moeilijk een bevredigend en eensluidend antwoord te krijgen op de vraag wat nu het verband is tussen licht en produktie. Meestal wordt uitgegaan van de 1%-vuistregel, waarin wordt gesteld dat voor iedere procent lichtverlies één procent produktieverlies moet worden gerekend. Nu is er heel wat gediscussieerd over de vraag of dit verlies inderdaad precies één procent is, of dat het produktieverlies kleiner of wellicht juist groter is. Voor bijvoorbeeld het bepalen van de investeringsvolgorde is het van groot belang dit produktieverlies nauwkeurig te kunnen voorspellen.

Vanuit de plantenfysiologie, de wetenschap die zich bezig houdt met het bestuderen van levensprocessen in de plant, hebben we ons op dit probleem geworpen. We moesten ons daarbij wel een aantal beperkingen opleggen. Zo moet worden benadrukt dat in de praktijk een vermindering van het lichtniveau (zoals door schermen of het gebruik van dubbele dekken) dikwijls samengaat met andere wijzigingen in het kasklimaat (bijvoorbeeld veranderingen in luchtvochtigheid of in gewas-temperatuur), die mogelijk ook van invloed zijn op het produktieniveau. In de relaties, die in dit artikel worden besproken zijn dit soort neveneffecten buiten beschouwing gebleven. Verder moet worden opgemerkt dat in de glastuinbouw in het alge-

meen wordt gewerkt met produkten met een hoog watergehalte en dat eventuele effecten van licht op dit gehalte in deze beschouwingen niet zijn betrokken. De nadruk is gelegd op het verduidelijken van de effecten van licht, die via de koolzuropname van het gewas tot stand komen. Daarbij wordt alleen gekeken naar de groei van het drooggewicht van de plant. Dat is de hoeveelheid plantmateriaal, waarbij het gewicht van het water in de plant niet wordt meegerekend. Meestal is er een nauw verband tussen droog en vers gewicht van de plant en daarom is dit wel een redelijke benadering.

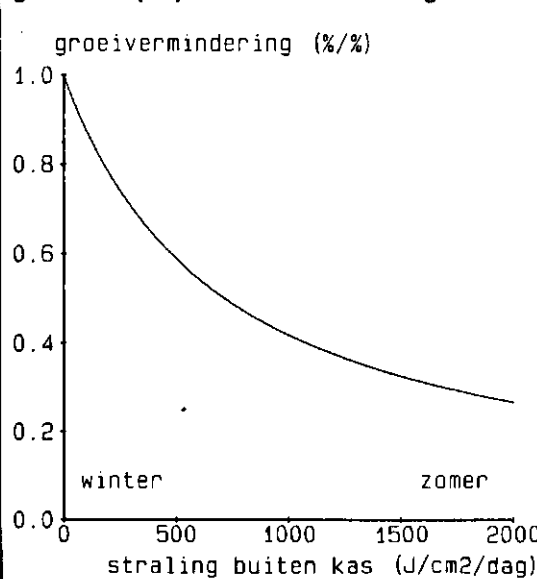
Nauwkeurige vuistregel?

We zijn bij ons onderzoek tot de conclusie gekomen dat als vuist-

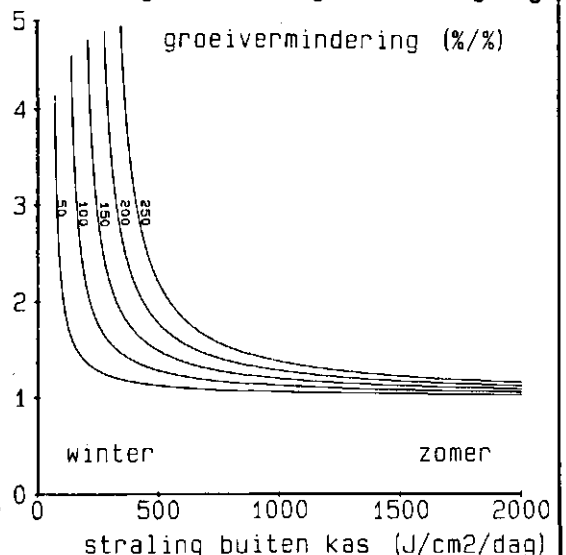
regel de regel één procent produktieverlies voor iedere procent lichtverlies nog zo gek niet is. Voor nauwkeuriger voorspellingen kun je echter niet meer volstaan met een vuistregel, maar zal de oogstderving van geval tot geval moeten worden berekend. Hierbij moet rekening worden gehouden met allerlei factoren, zoals onder andere de keus van het gewas, het planttijdstip en de hoeveelheid gewas per vierkante meter.

Om beter te begrijpen hoe licht en produktie samenhangen, is het belangrijk te weten dat jonge, verhoudingsgewijs ver uit elkaar staande planten heel anders op licht reageren dan oudere planten, die met elkaar een min of meer gesloten bladerdek vormen. Aangezien in de loop

Figuur 1. De gevoeligheid voor licht bij jonge komkommerplanten. Hoe meer licht, des te minder effect heeft lichtvermindering op de groei. Bovendien is dit effect altijd minder dan 1% groeiverlies per procent lichtvermindering



Figuur 2. De gevoeligheid voor licht bij een volgroeid gewas met een flink bladoppervlak met een drooggewicht van 50, 100, 150, 200 en 250 g per m². Behalve het seizoen is ook de plantmassa per m² grondoppervlak van belang. Per procent lichtvermindering is minstens 1% groeiverlies het gevolg

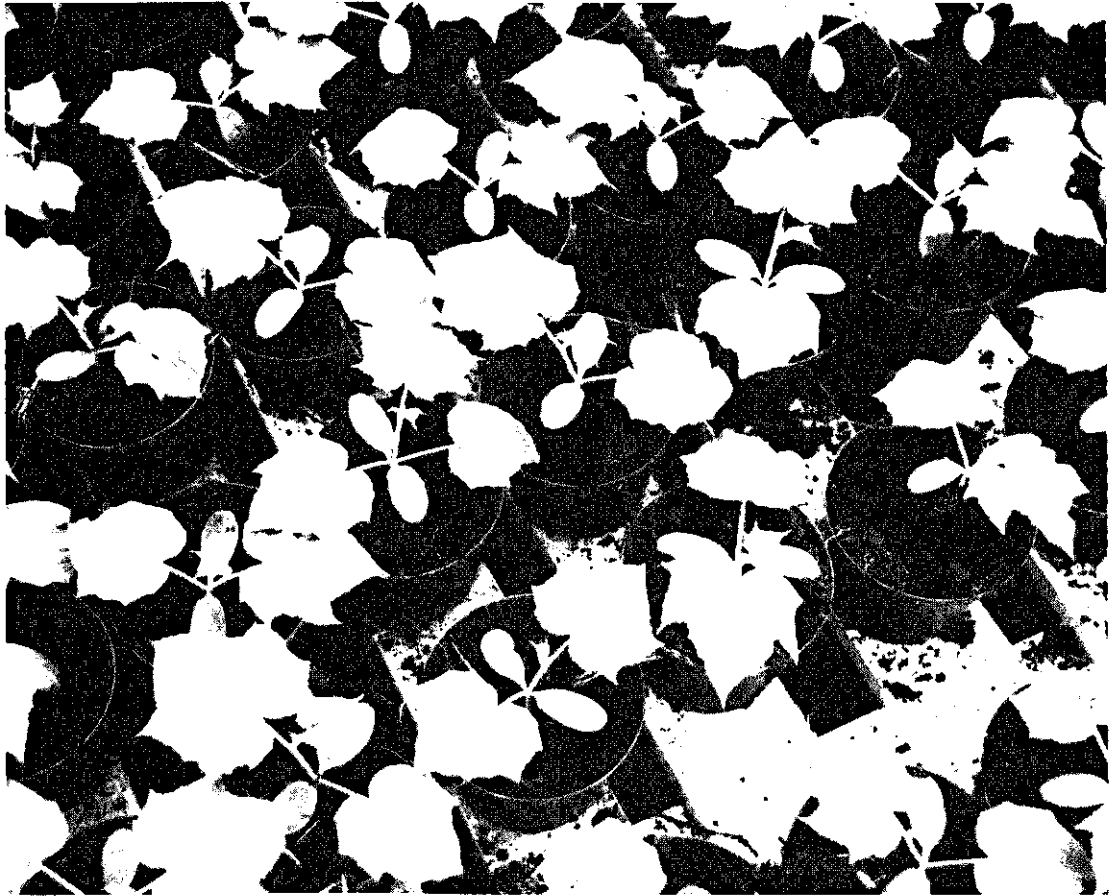


van een teelt meestal beide situaties voorkomen, zullen deze elk nader onder de loep worden genomen.

In **figuur 1** is aangegeven hoe bij jonge, vrijstaande komkommerplanten de groei wordt beïnvloed door lichtvermindering. Op de horizontale as staat de lichthoeveelheid per dag uitgezet. Op de verticale as staat de afname van de groeisnelheid per procent lichtvermindering. Bijvoorbeeld 0,5% per procent betekent dat 1% lichtverlies overeenkomt met 0,5% groeivermindering. **Figuur 1** laat zien dat het percentage groeiverlies als gevolg van 1% lichtverlies enorm varieert, afhankelijk van het lichtniveau buiten de kas en dus van het jaargetijde. Zo is in januari, met een gemiddelde dagelijkse stralingssom van ongeveer 250 J per cm² per dag de groeivermindering ongeveer 0,8% voor elke procent lichtvermindering. In maart, met zo'n 1.000 J per cm² per dag, vinden we echter nog maar 0,4% groeiverlies en midden in de zomer vinden we slechts 0,2 à 0,3% groeiverlies per procent lichtvermindering.

In **figuur 2** is op dezelfde manier als in **figuur 1** aangegeven hoe bij een volgroeid gewas de groei wordt verminderd door een verlaging van het lichtniveau met 1%. In deze figuur staan verschillende lijnen. De onderste is voor een heel licht gewas, de bovenste voor een vrij zwaar gewas. De hoeveelheid gewas is hier uitgedrukt in grammen drooggewicht per m². Om een idee te geven: bij een producerend komkommergewas staat vroeg in het voorjaar ongeveer 200 g drooggewicht op een m². Bij een slagewas staat kort voor de oogst in een voorjaarsteelt ongeveer 150 g drooggewicht op een m².

Vergeleken met **figuur 1** zijn er een aantal opmerkelijke verschillen. In de eerste plaats blijken oudere planten veel gevoeliger te zijn voor licht dan jonge planten (**figuur 1** gaat tot 1%, **figuur 2** tot 5%!). In de tweede plaats zien we dat bij een volgroeid gewas, behalve het jaargetijde (de dagelijkse stralingssom) ook de hoeveelheid gewas



die op een m² staat een rol speelt. Hoe meer gewas op een m², des te groter is de gevoeligheid van de groei voor licht.

Het zal nu aan de hand van de figuren duidelijk zijn dat discussies over de vraag of we met 0,6, 0,8 of 1% produktieverlies per procent lichtvermindering moeten rekenen weinig zinvol zijn, omdat er geen algemeen antwoord kan worden gegeven. Als vuistregel is het niet onredelijk om 1% produktieverlies voor iedere procent lichtvermindering aan te houden. Bij de meeste teelten zal immers gedurende een groot deel van de tijd het bladerdek van het gewas redelijk gesloten zijn. Uit **figuur 2** blijkt, dat zolang het lichtniveau niet te laag is, de 1% schatting vaak een redelijke benadering zal geven.

Oorzaken

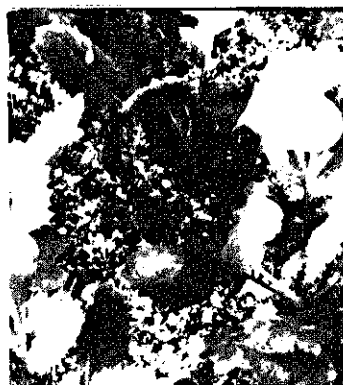
Voor wie het naadje van de kous wil weten, wordt in het hierna

volgende uitgelegd hoe licht het groeiproces beïnvloedt. Effecten van licht op de produktie komen tot stand door het beïnvloeden van de koolzuropname van het gewas. Koolzuur is immers de grondstof waaruit de plant zijn bouwstenen moet vervaardigen. Zoals eerder in deze serie is beschreven door ir. E. Nederhoff, heeft licht een zeer sterk effect op de opname van koolzuur door

*Hoe groter het bladoppervlak, des te meer licht wordt opgevangen. Alleen in het jonge stadium is het bladoppervlak van grote invloed op het verband tussen licht en groei (zie **figuur 3**)*

het gewas.

Daarnaast moet echter nog een belangrijk verschijnsel in het oog worden gehouden. Dit kan duidelijk worden gemaakt aan de hand van **figuur 3**. Hierin is aangegeven hoe de opname van koolzuur door het gewas samenhangt met de hoeveelheid bladoppervlak per m² grondoppervlak; de bladindex. We zien dat bij een zeer jong gewas met weinig bladoppervlak (bladindex = 0,5 m² blad per m² grond) de koolzuropname en daarmee de groei sterk toeneemt met de hoeveelheid blad. Dit hangt samen met het vergroten van het lichtonderscheppend vermogen van het gewas. Hoe meer blad, des te minder licht valt er naast de plant op de grond. Daarente-



gen zien we dat bij een volgroeid gewas, als eenmaal een groot bladoppervlak is gevormd (bladindex = 3 m² blad per m² grond), een verdere vergroting van het bladoppervlak nauwelijks nog invloed heeft op de koolzuuropname. Vrijwel alle licht komt dan op het blad en heel weinig bereikt de grond.

We weten allemaal dat planten in de winter anders groeien dan in de zomer als gevolg van het lage lichtniveau. Bij weinig licht blijven de bladeren veel dunner dan bij een ruim aanbod van licht. Dit betekent dat jonge planten in de winter in het voordeel zijn ten opzichte van hun oudere soortgenoten. Ze kunnen namelijk door die aanpassing van de blad dikte met veel minder beschikbaar materiaal toch een flink bladoppervlak maken. Zoals we in figuur 3 zagen, is bij jonge planten dit oppervlak van grote betekenis voor de groei. Oudere planten maken 's winters ook dunnere bladeren, maar hebben daar geen voordeel van omdat het het bladoppervlak daar minder belangrijk is.

In een gesloten gewas is de verdeling van het licht over de bladeren beter dan bij jonge, vrijstaande planten (zie het artikel van ir. E. Nederhoff eerder in deze reeks). Daarom is de koolzuuropname van een volgroeid gewas minder snel verzadigd en zal deze bij benadering evenredig met het licht variëren. Behalve het licht gaat echter een andere factor een merkbare rol spelen: het verschijnsel dat plantenweefsel om in leven te blijven voortdurend energie onttrekt aan het groeiproces. Naarmate meer levend materiaal aanwezig is en het lichtniveau lager is, zal dit proces zwaarder drukken op het totale energie-budget van het gewas. Daardoor zien we een zeer sterke afname van de groei als gevolg van 1% lichtvermindering bij laag licht en een grote plantmassa per m² (figuur 2).

Samenvattend kan worden gesteld dat minder licht leidt tot minder koolzuuropname en dus tot minder groei. Jonge planten zijn echter in staat de lichtvermindering te compenseren door



dunnere bladeren te maken. Hierdoor hebben ze bij een zelfde gewicht een groter bladoppervlak dan een bij meer licht opgegroeide plant. Daardoor zal bij een jong gewas 1% lichtvermindering veel minder dan 1% groei-afname veroorzaken. Alleen bij zeer lage lichtniveaus is als het ware de 'rek eruit' en gaat bij benadering de 1% regel op (figuur 1, links).

Een volgroeid gewas is gevoeliger voor licht dan jonge, vrij-

staande planten, omdat de groei in dit stadium vrijwel onafhankelijk is van het bladoppervlak en compensatie van lichtverlies door middel van dunnere bladeren dus niet effectief is. Bovendien kost het in leven houden van een naar verhouding grote plantmassa per m² veel energie, wat ten koste gaat van de groei. Doordat dit onderhoud bij lichtvermindering gewoon door gaat, zal de groei die het van de resterende energie moet hebben extra zwaar worden aangetast.

Conclusies

We hebben gezien dat de relatie tussen licht en groei afhangt van het stadium waarin het gewas zich bevindt (jong of volgroeid) en dat deze relatie voorts wordt beïnvloed door het gemiddelde lichtniveau (jaargetijde) en door de hoeveelheid gewas per vierkante meter. Bij het vangen van deze relatie in een vuistregel komen we voor het probleem te staan dat in feite sprake is van een gecombineerd effect. In de jonge fase wordt vooral de vroegheid (het moment van in productie komen of het bereiken van een gesloten bladerdek) bepaald. Bij het volgroeide gewas



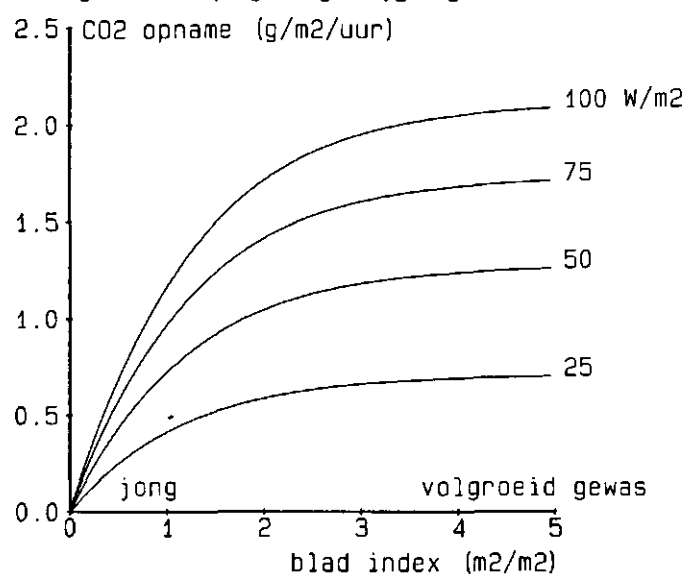
Bij grotere planten is het verband tussen licht en groei afhankelijk van het lichtniveau (jaargetijde) en van de bladmassa die aanwezig is (zie figuur 2)

komen effecten van licht tot uiting in de productiesnelheid. Wanneer zoals gebruikelijk de totale productie op een of meer peildata wordt bekeken voor het vaststellen van het productie-verlies in relatie tot lichtvermindering, zal de keus van de peildatum van invloed zijn op het resultaat. In een volgend artikel zal dit aspect nader worden uitgelegd door ing. D. Klapwijk. Bij het gebruik van vuistregels zou daarom tenminste een onderscheid moeten worden gemaakt tussen vroegheid en productiesnelheid.

Wanneer eenmaal een gesloten gewas is verkregen, zal bij benadering de regel dat 1% lichtverlies leidt tot 1% productiesnelheidsverlies kunnen worden gehanteerd. Alleen bij zeer lage lichtomstandigheden of een zeer hoge gewas dichtheid zal het productie-verlies groter zijn. Het heeft weinig zin te zoeken naar een nauwkeuriger schatting van het percentage productie-vermindering per procent lichtverlies voor een vuistregel. Een dergelijk precies getal is immers niet algemeen geldig en dan is er dus geen sprake meer van een vuistregel.

DR. IR. H. CHALLA
CABO, Wageningen

Figuur 3. Het effect van het bladoppervlak per m² grondoppervlak (bladindex) op de koolzuuropname van een gewas bij 25, 50, 75 en 100 W per m² zichtbare straling binnen de kas. Dit effect van het bladoppervlak is bij een lage bladindex (jong gewas) sterk en bij een hoge bladindex (volgroeid gewas) gering



NIET ZOMMAAR DE 1%-REGEL HANTEREN

Uit voorgaande artikelen in deze reeks bleek al dat de vuistregel „1%-licht = 1% produktie” niet zonder meer opgaat. Deze regel is erg globaal en kan daardoor soms wel worden gebruikt, maar er moet dan wel goed op worden gelet onder welke omstandigheden de regel wel of niet opgaat. In het voorgaande artikel zagen we bijvoorbeeld dat vrijstaande planten in de zomer weinig of niet op licht reageren. We willen het deze keer vooral hebben over de produktie. We nemen de teelt van stooktomaten als voorbeeld, omdat dit gewas het meest wordt geteeld. De strekking van het verhaal geldt echter voor de meeste gewassen.

We kunnen ons afvragen onder welke omstandigheden de 1%-regel het best bij jonge planten wordt benaderd. Midden in de zomer is de reactie op licht niet van betekenis. Tussen september en april reageren kleine planten echter wel sterk op de natuurlijke lichtverschillen. De groeiduur is midden in de winter 2,5 à 3 keer zo lang als in maart of september. Dr. Challa gaf in zijn artikel het verband weer tussen het lichtniveau en de groeivermindering per procent lichtvermindering bij jonge planten. Hoe minder licht er is, hoe meer de 1%-regel wordt benaderd. Midden in de winter zal een jonge plant bij 1% lichtverandering dan ook bijna 1% groeiverandering kunnen geven. Verwacht mag dus worden dat de 1%-regel met name bij weinig licht opgaat. De plant draait dan op „lage capaciteit”. Het is net als met een auto; als je maar langzaam rijdt (weinig licht) is een lichte druk op het gaspedaal voldoende om vooruit te schieten. Als je echter al snel rijdt (zomer) moet je je gaspedaal helemaal indrukken en dan

gebeurt er relatief veel minder. Als de plant in de zomer op volle toeren draait, is de „fotosynthesemachinerie” aan zijn maximum en is het effect van meer licht niet groot.

Kas vol blad

Dr. Challa gaf ook aan dat de 1%-regel meer opgaat in de situatie van een volgroeid gewas, dus bij een kas vol met blad. Gezien het voorgaande ligt dat ook voor de hand. In een vol gewas zitten nu eenmaal veel bladeren in het donker en juist bij weinig licht is de reactie van een blad op lichtveranderingen groot. Daardoor kan ook in de zomer nog een lichteffect optreden.

Ir. E. Nederhoff gaf meetresultaten, waaruit bleek dat in de bovenste 50 cm van een gewas 40% van het licht werd opgevangen. In de volgende 50 cm is het dan al veel donkerder, terwijl daar weer 40% van het licht werd weggenomen. In de onderste 1,5 m kan de plant dus slechts over 20% van het licht beschik-

ken. De onderste bladeren werken dus ver beneden hun capaciteit.

Meer licht op het gewas geeft meer licht onderin het gewas. De bladeren onderin kunnen dat extra licht zeker benutten. De 1%-regel zal daardoor dicht worden benaderd.

Gezien het bovenstaande ligt het voor de hand dat bij een combinatie van zeer weinig licht en zeer veel blad de lichtreactie van de plant groter zal zijn dan 1% per procent lichtverandering. Deze combinatie komt bij tomaten in de praktijk nooit voor. Wel bij overblijvende gewassen die in bedden zijn uitgeplant, zoals bijvoorbeeld anjer. In de meeste gevallen moet er dus maar niet op worden gerekend dat 1% méér licht dan 1% extra groeireactie tot gevolg zal hebben.

Vroegheid in produktie

De stooktoemaat wordt weer als voorbeeld genomen. De opkweek vindt in de winter plaats

bij weinig licht. De plant reageert dan dus sterk op lichtverschillen. Maar ook later in de teelt blijft er een goede kans op lichteffecten, want als er meer licht komt, hebben we inmiddels ook meer blad. Het gewas groeit met het licht mee. De effecten op de jonge plant en op een vol gewas (produktie) moeten echter wel gescheiden worden bekeken. Tijdens de opkweek en het begin van de teelt hebben we nog met een vrijstaande plant te maken.

Na de opkweek is er dan nog tot ongeveer 100 g plantgewicht sprake van een vrijstaande plant. Daarna volgt een korte overgangsfase en al voordat de produktie begint, hebben we te maken met een kas vol blad. Als voor een vrijstaande plant min-

Een tijdelijk vast scherm in de winter kan zorgen voor een hogere luchtvochtigheid en een betere planttemperatuur onder het scherm. Daardoor kan het gewas vroeger in produktie komen



Procentueel produktieverschil bij 15% minder licht			
	Procentueel produktieverschil op		
Oogstbegin 15 maart	1 mei	1 juli	1 sept
Figuur 2. Gelijk begin oogst	-15	-15	-15
Figuur 3. Twee weken verlating	-43	-26	-22
Figuur 4. Twee weken vervroeging	+15	-3	-7

der licht beschikbaar is, groeit hij langzamer en komt daardoor later aan produktie toe. Dit kan worden gecorrigeerd door vroeger te zaaien, om zo het verloren licht terug te winnen (compenseren). Als we deze correctie niet aanbrengen, valt de start van de produktie op een later tijdstip. Lichtvermindering heeft dus een verlatend effect. De produktie begint later, maar de snelheid kan verder wel gelijk blijven als de lighthoeveelheden in beide gewassen gelijk zijn (figuur 1).

Tijdens de teelt

We willen nu het voorbeeld van de tomatenteelt verder uitwerken. Uitgegaan wordt van een stooktomatenproduktie, waarbij wordt aangenomen dat 1% lichtvermindering ook 1% produktievermindering oplevert. Of dit in de praktijk precies zo is, laten we hier buiten beschouwing. We gaan er in deze voorbeelden gewoon van uit. Ten slotte hebben we aangenomen dat de voorgeschiedenis gelijk is voordat de oogst begint. De oogst wordt vanaf het begin beïnvloed door lichtverschillen. De ene teelt vindt plaats onder enkel glas, de andere onder dubbel glas (figuur 2). In de laatste kas komt 15% minder licht binnen en zal de produktie dus 15% minder zijn, wat op 1 mei, 1 juli en 1 september ook wordt gevonden.

Verlate start

In de praktijk zal de aanvang van de oogst maar zelden precies gelijk zijn, zoals in figuur 2 werd aangegeven. We kunnen nog wel ongeveer gelijke planten poten, maar in de eerste fase van de teelt zijn het nog vrijstaande planten. Ze lopen onder dubbel glas door de geringere lighthoeveelheid een achterstand op. Doordat hun bladoppervlak iets minder snel toeneemt, wordt wat minder licht opgevangen,

wat weer leidt tot een iets geringere bladoppervlak, enzovoort. Pas als het gewas tegen de oogst volgroeid is, speelt dit effect niet meer mee. Zowel onder enkel als onder dubbel glas is dan voldoende blad aanwezig om het licht op te vangen. Wat beschreven is, wordt weergegeven in figuur 3. Het lichteffect (weer 1% = 1%) van figuur 2 is gecombineerd met het verlaten van de start van de oogst. Deze ontstond door lichttekort in de aanloopfase. Als in figuur 3 de lichtinvloed procentueel wordt weergegeven, lijkt die heel anders te zijn dan in figuur 2. Dit is echter gezichtsbedrog. Door de verlating is de achterstand in

produktie veel hoger dan 15%. Maar dat komt doordat de teelt onder enkel glas bij het begin van de oogst een voorsprong had van bijna 2,5 kg per m². De voorsprong wordt later procentueel steeds kleiner.

Wat hier wordt gedemonstreerd, kan voorkomen in een proef die start in het stadium van vrijstaande planten en die wordt voortgezet in de produktiefase. Een verlating zal in de praktijk wel wat kleiner zijn dan de twee weken die in dit voorbeeld worden aangenomen.

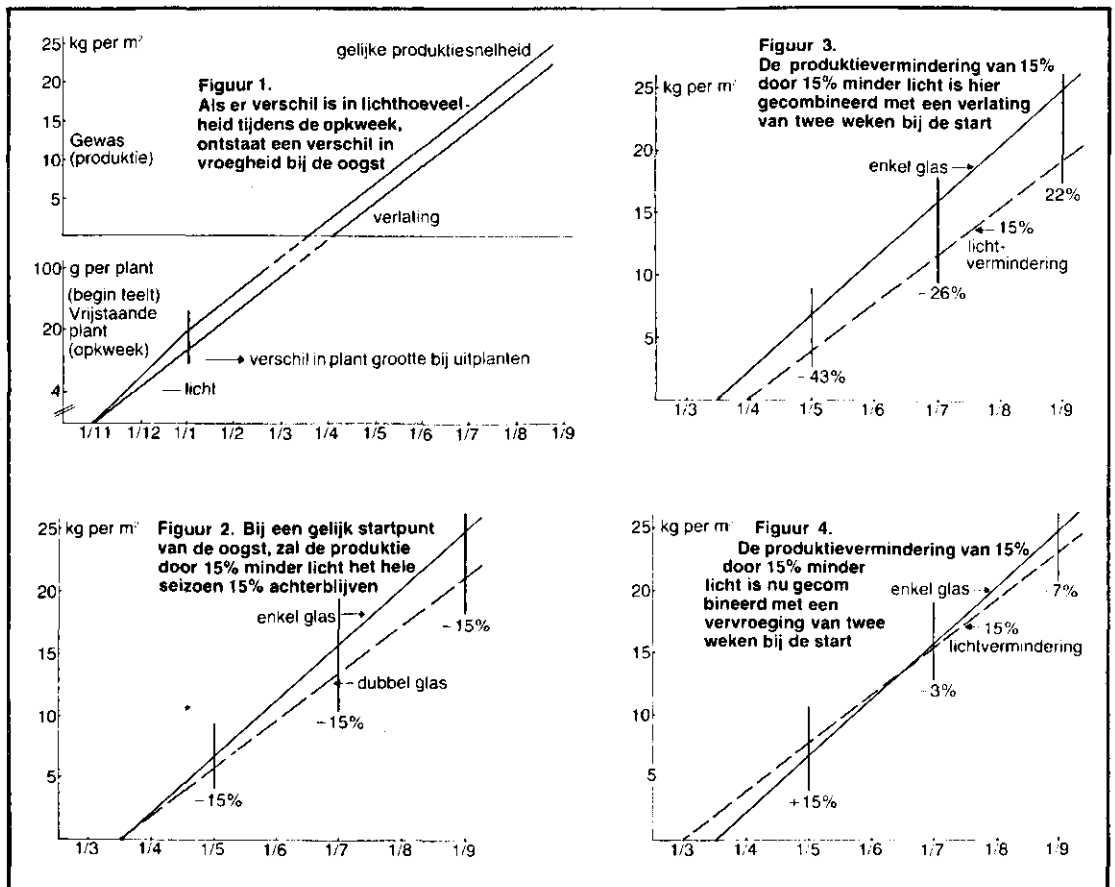
Vervroegde start

In de praktijk zal het meestal nog gecompliceerder zijn dan in figuur 3 wordt weergegeven. Het komt nogal eens voor dat lichtvermindering samengaat met groeiverbetering. Als voorbeeld wordt de start van een teelt onder een vast scherm in de winter genomen. De groei kan bijvoorbeeld beter zijn door een

hogere luchtvochtigheid met een betere planttemperatuur onder het scherm. De groeiverbetering ontstaat doordat de plant groter (dunner) blad vormt dat meer licht opvangt. Het is weliswaar geen direct lichteffect, maar door meer bladoppervlak kan de plant wel meer licht vangen. Het nadeel van de lichtonderschepende werking van een scherm kan zo worden omgebogen in het voordeel van een groeiversneling. Bij 15% minder licht wordt bijvoorbeeld 20% meer blad gevormd.

In figuur 4 is deze situatie weergegeven. Opnieuw wordt uitgegaan van 15% lichtonderschepping en 15% produktieverlies. De oogst begint ondanks minder licht nu echter vroeger dan bij de controle.

De percentages produktievermindering voor 15% lichtverlies zijn weer geheel anders dan in de voorgaande figuren. Nu is er op 1 mei zelfs een produktievoorsprong van 15% doordat de pro-



LICHT IN DE KAS OOK IN DE ZOMER BELANGRIJK

duktie in de donkerste kas bij de aanvang van de oogst bijna 2,5 kg per m² voor ligt op de controle. Die voorsprong neemt echter snel af.

Pas op met de 1%-regel

We zijn in de voorbeelden uitgegaan van de 1%-regel. Voor de produktie van tomaten werden dan toch uitkomsten verkregen die daarvan sterk lijken af te wijken. Dit wordt in de tabel duidelijker gemaakt. Daarin worden de percentages gegeven van de produktieverschillen in de gebruikte voorbeelden, dus zou bij 15% minder licht 15% minder produktie moeten worden gevonden (zie figuur 2) Deze percentages worden verstoord door verlating (zie figuur 3) of vervroeging van de oogst (zie figuur 4).

Als maar lang genoeg zou kunnen worden doorgegaan, zouden we in alle voorbeelden dicht bij 15% uitkomen. Juist in de eerste oogstperiode kan men zich echter lelijk vergissen. Ons uitgangspunt was: 1% = 1%. Op 1 mei zijn er echter drie mogelijkheden: 1% licht komt overeen met 1% minder, 3% minder of 1% méér produktie! Op 1 september is het al wat beter, maar de meest pessimistische conclusie is: 1% licht kost 1,5% produktie en de meest optimistische: 1% licht kost 0,5% produktie.

Gemakshalve kan wel worden uitgegaan van de schatting dat 1% lichtverlies 1% produktieverlies oplevert. Daarbij moet dan worden bedacht dat bijvoorbeeld door vroegheidsverschillen toch wel andere percentages kunnen worden gevonden voor de produktieverschillen.

Anderzijds kunnen produktieverschillen ook worden veroorzaakt door andere factoren dan alléén het licht. Het effect van 1% lichtverlies kan daardoor worden versterkt of verzwakt. Ook hierdoor kunnen produktiewaarden worden gevonden die afwijken van de 1%-regel. Bij het interpreteren van produktieverschillen moet dus voorzichtigheid worden betracht.

ING. D. KLAPWIJK
Proefstation Naaldwijk

Het licht dat in de kas doordringt, bepaalt in sterke mate de groei en produktie van de gewassen. Terecht wordt daarom de laatste jaren veel moeite gedaan de hoeveelheid licht in de kas zo hoog mogelijk te maken. Vaak wordt hierbij gedacht aan de winterperiode. In dit jaargetijde met weinig natuurlijk licht wil men het lichtverlies immers zo veel mogelijk beperken. In de winter weegt dit feit nog zwaarder door de lage lichtdoorlatendheid van het kasdek.

Over de lichtverliezen in voorjaar en zomer wordt soms wat te gemakkelijk gedacht. Vaak wordt gezegd dat er in deze periode méér dan genoeg licht is. Men realiseert zich meestal niet dat in de maanden april tot en met augustus het belang van een lichte kas zo mogelijk nog groter is dan in de winter. Het is zelfs zo, dat verbeteringen aan de lichtdoorlatendheid van het kasdek, voor een deel ook in de voorjaars- en zomerperiode moeten worden terugverdiend. Een bekende stelregel in verband met de lichthoeveelheden in de seizoenen is: 1% van weinig blijft weinig, maar 1% van veel is een heleboel.

Het is algemeen bekend dat in een jaar met extreem veel licht in het voorjaar en de zomer (bijvoorbeeld 1976 en 1982) de produkties van bijna alle gewassen extra hoog zijn en dat in donkere jaren de produkties van veel gewassen duidelijk tegenvallen. Dit feit (in een lichte zomer hogere produkties dan in een gemiddelde zomer) stemt



niet overeen met de bewering dat er in een gemiddelde zomer meer dan genoeg licht is voor de fotosynthese. Waar dit misverstand uit voortkomt, zal blijken uit het volgende.

Licht dat op een blad valt, maakt dat in dat blad fotosynthese plaatsvindt. Fotosynthese is de aanmaak van droge stof (onder andere suikers) in het blad onder invloed van licht.

Hiervoor is koolzuur (CO₂) nodig, dat uit de lucht wordt opgenomen.

Als een blad meer licht ontvangt, verloopt de suikerproduktie sneller. Met andere woorden: de fotosynthesesnelheid stijgt. Wanneer echter nog veel meer licht op het blad valt, kan dit blad zijn suikerproduktie niet nog verder verhogen: de fotosynthese is op een maximaal niveau gekomen. Het lichtniveau waarbij de maximale fotosynthese is bereikt, wordt het lichtverzadigingsniveau genoemd. In figuur 1 is dit getekend. Op de horizontale as staat de

In de opkweekfase bestaat het gewas uit één enkele bladlaag. Alle bladeren zitten volledig in het licht. Bij meer licht zal de fotosynthese stijgen tot een maximum is bereikt

lichtintensiteit. Met „licht” wordt hier bedoeld het deel van de straling dat voor de fotosynthese van belang is. Dit komt ongeveer overeen met het zichtbare gedeelte van de straling (licht). Het is ongeveer de helft van de straling die met een Kipp-solarimeter wordt gemeten. De verticale as geeft de fotosynthesesnelheid, uitgedrukt in gram CO₂-opname per uur per m² grondoppervlak. De stippellijn geldt voor één enkele bladlaag: er wordt gerekend dat er per m² grond precies 1 m² blad in een horizontale laag aanwezig is. Deze zelfde lijn geldt ook voor één blad, de CO₂-opname is dan in gram CO₂ per m² blad per uur uit te drukken. Bij lichtniveaus tussen 0 en ongeveer 80 W per m², leidt meer licht tot grotere fotosynthese van een blad, want

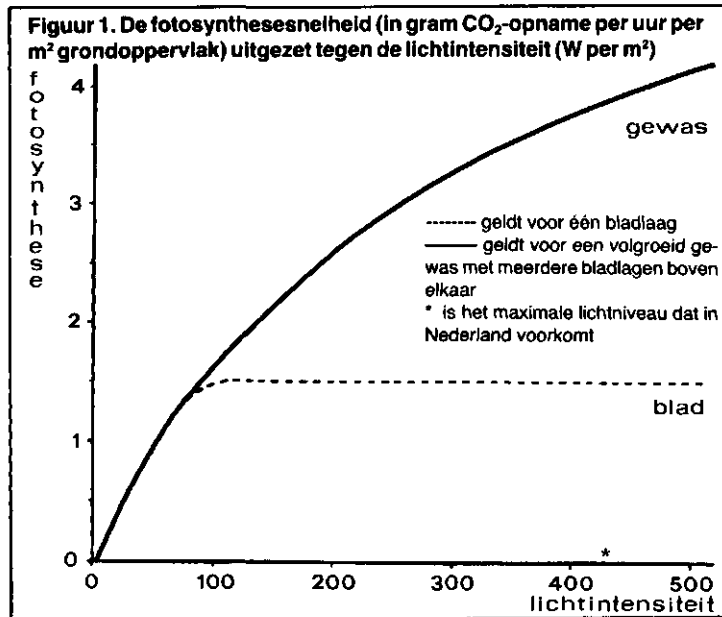
de stippellijn stijgt. Maar bij nog meer licht blijft deze lijn vlak lopen. Het maximale fotosyntheseniveau dat dan is bereikt, ligt in de buurt van 1,5 gram CO₂ per m² per uur. Het vlak lopen van de stippellijn betekent dat meer licht niet tot gevolg heeft dat de fotosynthese verder stijgt. Het lichtverzadigingsniveau voor een blad is dus bij 80 W per m² bereikt. Dit geldt bij een normaal CO₂ niveau; bij meer CO₂ ligt de maximale fotosynthese op een hoger niveau.

Lichtdoordringing

Bij een volgroeid gewas vindt uiteraard ook fotosynthese plaats. Dit gebeurt in de afzonderlijke bladeren wanneer daar licht op valt. Nu zien we in een volgroeid gewas, dat niet alle bladeren evenveel licht opvangen. De bovenste bladeren krijgen veel licht, maar de onderste bladeren bevinden zich een groot deel van de tijd half in het donker. Het is in dit verband belangrijk hoe de doordringing van het licht in het gewas is.

Het licht dat boven op het gewas valt, wordt voor een deel door de bladeren bovenin opgevangen. Een deel hiervan wordt geabsorbeerd en gebruikt voor fotosynthese (aanmaak van suikers). Een ander deel van het onderschepete licht wordt door de bladeren naar alle kanten gereflecteerd. Nog een ander deel dringt dwars door de bovenste bladeren heen. Wanneer meer licht op de kop van het gewas valt, kan meer licht door de bovenste bladlagen heendringen. Hierdoor ontvangen de lager gelegen bladeren meer licht en kunnen dus meer bijdragen aan de fotosynthese van het gewas.

Een volgroeid gewas, dat uit vele bladlagen boven elkaar bestaat, heeft daarom een andere fotosyntheselijn dan een enkel blad. Dit is eveneens te zien in figuur 1, waar de getrokken lijn de fotosynthese van een gewas weergeeft bij stijgende lichtniveaus. Ten eerste ligt deze lijn hoger dan de fotosyntheselijn voor één blad (of één bladlaag), want bij een volgroeid gewas is per m² grond meer dan 1 m² blad aanwezig. Het tweede en belang-



rijkste verschil is dat de getrokken lijn blijft stijgen. Ook als er meer licht is dan 80 W per m² (= het lichtverzadigingsniveau voor één blad), neemt de fotosynthese nog toe bij een toenemende lichtintensiteit. Zelfs bij het lichtniveau dat we in Nederland op een zonnige juni dag kunnen hebben (aangegeven met *) stijgt de lijn nog. Uit deze figuur blijkt dus dat ook bij dergelijke zomerse lichthoeveelheden de fotosynthese, en dus de groei en productie, nog verder kunnen stijgen. Belangrijk is na-

tuurlijk wel dat andere factoren, met name de vochtvoorziening van de bladeren, in orde zijn. Ook moet het CO₂-gehalte van de lucht voldoende hoog zijn, want als er weinig CO₂ is, wordt de fotosynthese daardoor beperkt.

Lichtmetingen in een gewas

Het begrip lichtdoordringing kan worden verduidelijkt aan de hand van resultaten van lichtmetingen in een komkommernewas (stookteelt, met een blad-

dichtheid van ruim 3 m² blad per m² grond). Uit deze metingen is bekend dat onder in een volgroeid komkommernewas, slechts 2 tot 7% van het „buitenlicht“ doordringt.

Op anderhalve meter hoogte werd ongeveer 16% gemeten. De percentages die op andere hoogten in het gewas werden gevonden zijn in figuur 2 weergegeven. Deze percentages zijn bepaald bij bewolkt weer. Bij directe zonneschijn gelden ze dan ook niet. Een deel van de bladeren (ook dieper in het gewas) ontvangt dan het volle zonlicht, en een ander deel van het blad zit tijdelijk geheel in de schaduw. De bladeren in de schaduw ontvangen meestal minder dan 1% van het buitenniveau.

Een getallenvoorbeeld: op een (bewolkte) dag in het voorjaar is de lichtintensiteit buiten bijvoorbeeld 200 W per m². Boven het gewas, onder de nok van de kas, werd ongeveer 83% van het buitenlicht gemeten, wat op deze dag met 166 W per m² overeen kwam. De bladeren in de kop van het gewas ontvangen dus meer dan voldoende licht voor fotosynthese. De lichtintensiteit is zelfs veel hoger dan het verzadigingsniveau voor één bladlaag, dus niet al het onderschepete licht kan worden benut door de bovenste bladeren. Gelukkig is het zo dat het licht dat „over“ is grotendeels tot lager gelegen



bladlagen doordringt. Op de bladeren onder in het gewas komt dan ongeveer 10 W per m² (5% van de buiten gemeten licht-hoeveelheid). Deze bladeren onder in het gewas dragen onder deze omstandigheden wel iets bij aan de fotosynthese en dus aan de groei en produktie, maar ze zitten nog lang niet op hun maximale fotosyntheseniveau. Hieruit valt te verklaren dat in Nederland de fotosynthese van een gewas met meer dan één bladlaag bijna nooit het maximaal mogelijke niveau bereikt, zelfs niet onder zomerse lichtomstandigheden. Hierdoor kan verdere lichtverhoging in de zomer nog leiden tot hogere gewasfotosynthese en dus hogere produkties.

Onder winterse omstandigheden is de situatie iets anders. In de wintermaanden (december tot maart) kan er een volgroeid gewas in de kas staan. Het lichtniveau is dan laag. Er is er vaak zo weinig licht, dat zelfs in de bovenste bladeren de maximale fotosynthese in het geheel niet wordt bereikt, doordat de licht-hoeveelheid veel lager is dan het lichtverzadigingsniveau voor het blad. Onder in het gewas is het dan bijna donker. Op een bewolkte winterdag wordt buiten bijvoorbeeld 10 W per m² aan straling gemeten en dit betekent dat er onder in het gewas slechts 0,5 W per m² doordringt (5%). Op een lichtere dag in de winter is de lighthoeveelheid buiten bijvoorbeeld 50 W per m² en onder in het gewas dus 2,5 W per m² (5%). Zowel op de zwaar bewolkte als op de lichtere winterdag is de hoeveelheid licht op de onderste bladeren zo gering dat de bladeren hier weinig mee kunnen doen. In een donkere periode komt het vaak voor dat de onderste bladeren te weinig licht ontvangen om zichzelf in stand te houden. Ze breken dan langzaam hun bladgroen af en we zien bladvergeling optreden, zoals bijvoorbeeld later in het najaar bij de herfstteelt van komkommer. Bij meer licht in de winter stijgt de gewasfotosynthese erg snel, doordat alle bladeren, ook de bovenste, het extra licht kunnen benutten voor ex-

tra fotosynthese. Ook de bovenste bladeren zaten immers nog niet op het lichtverzadigingsniveau.

Verschil tussen lichte en donkere kas

De hoeveelheid licht die in de kas op de koppen van het gewas terecht komt, hangt af van de constructie van het kasdek en van de aanwezigheid van bijvoorbeeld een scherminstallatie. We gaan uit van een kas waarbij gemiddeld 60% van het buitenlicht door het kasdek wordt doorgelaten (kas A). We vergelijken dit met een andere kas (kas B), die is gebouwd met 1 m breed glas en met een smalle goot. Door dit dek wordt 70% van het buitenlicht doorgelaten. Deze percentages gelden overigens alleen onder een bewolkte hemel. Op een bewolkte dag in de winter, met circa 10 W per m² straling buiten, komt er in kas A ongeveer 6 W per m² licht binnen en in kas B circa 7 W per m². Hieruit blijkt dat in de twee kassen de lighthoeveelheid weliswaar 10% verschilt, maar dat dit verschil maar 1 W per m² is. Dit is dan nog de lichtintensiteit boven het gewas; in het gewas is het verschil tussen kas A en B dus nauwelijks meetbaar (figuur 3). Dus als we naar de lighthoeveelheden kijken in plaats van naar de percentages, blijkt dat

in de winter slechts een zeer gering verschil tussen een donkere kas en een lichte kas bestaat. Dit verschil zal nauwelijks tot uiting komen in de produktiecijfers.

Voor een (bewolkte) voorjaars- of zomerdag zijn al deze getallen tien keer zo groot. Buiten wordt dan 100 W per m² aan straling gemeten.

In kas A komt dan 60% van het buitenlicht, dus 60 W per m² en in kas B komt 70% (70 W per m²). Het verschil tussen kas A en kas B is nu 10 W per m². In figuur 3 is getekend hoeveel licht dan in beide gevallen doordringt tot de diepere bladlagen. Op alle hoogten in het gewas is er in de zomer een duidelijk verschil in lichtintensiteit. Dit leidt tot een verschil in gewasfotosynthese en daardoor een verschil in produktie. Wanneer we uitgaan van de vuistregel dat 1% lichtverschil ook 1% produktieverschil betekent, zal de produktie in kas B ongeveer 17% hoger liggen dan in kas A. (Het lichtverschil tussen A en B is 10 en dit is 17% van 60 W per m²).

Uit deze getallenvoorbeelden zal duidelijk zijn dat het verschil tussen een donkere en een lichte kas vooral tot uiting komt in de zomer. Het verschil tussen gewasfotosynthese in een lichte kas en in een donkere kas zal in de winter zeer gering zijn (nauwelijks meetbaar). 's Zomers daarentegen geeft een verschil van enkele procenten in de lichtdoorlatendheid van het kasdek een aanzienlijk verschil in gewasfotosynthese en daardoor in produktie.

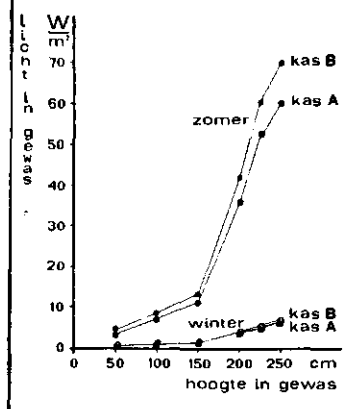
Samenvatting

Het is algemeen bekend dat in jaren met extreem veel licht in voorjaar en zomer, de produkties in het algemeen hoger zijn dan in gemiddelde jaren. Dit wijst erop dat in een gemiddelde zomer het licht nog niet op het zogenaamde lichtverzadigingsniveau voor het gewas zit. Dit feit klopt niet met het idee dat er in de zomer méér dan voldoende licht is voor de fotosynthese. In dit artikel is een verklaring gegeven voor deze tegenstrijdigheden. Bij het verband tussen licht

en fotosynthese moet verschil worden gemaakt tussen één blad(laag) en een volgroeid gewas. Een enkel blad of een horizontale bladlaag, bereikt bij een bepaald lichtniveau het punt van lichtverzadiging. Bij een volgroeid gewas met meer dan één bladlaag boven elkaar is dit niet het geval. Er is, behalve het lichtniveau nog een andere factor van belang, namelijk de lichtdoordringing. In het kort komt het hierop neer dat de bovenste bladeren het meeste licht opvangen en dat dieper gelegen bladeren altijd in de schaduw zitten van hogere bladlagen. Deze bladeren ontvangen alleen het licht dat door de bovenste bladlagen heendringt. Bij zomerse lichtomstandigheden ontvangen de bovenste bladeren meer dan genoeg licht, maar voor de onderste bladeren is dat nog lang niet het geval. Pas bij heel veel licht kunnen ook deze bladeren een beetje aan hun trekken komen. Het lichtverzadigingsniveau zal bij de onderste bladeren vrijwel nooit worden bereikt. Dit alles betekent dat het gewas als geheel nog steeds positief zal reageren op meer licht, zelfs onder zomerse omstandigheden.

Tenslotte is met getallenvoorbeelden toegelicht welke verschillen in lighthoeveelheid in het gewas kunnen worden gevonden in twee kassen; een moderne, lichte kas en één met 10% minder lichtdoorlatendheid. Het is duidelijk dat een kasdek met hoge lichtdoorlatendheid grote voordelen biedt, niet alleen in de winter, maar vooral ook in de zomer. Eén procent meer van weinig licht (in de winter) is heel weinig. Niettemin blijft het in de winter belangrijk hierop te letten! In de zomer, wanneer er veel meer buitenlicht is, vormen een paar procentjes extra licht in de kas een hoeveelheid die nog veel meer de moeite waard is.

Figuur 3. Lichtintensiteiten in een volgroeid komkommergewas in een lichte kas (B) en in een wat donkere kas (A) in de zomer en in de winter



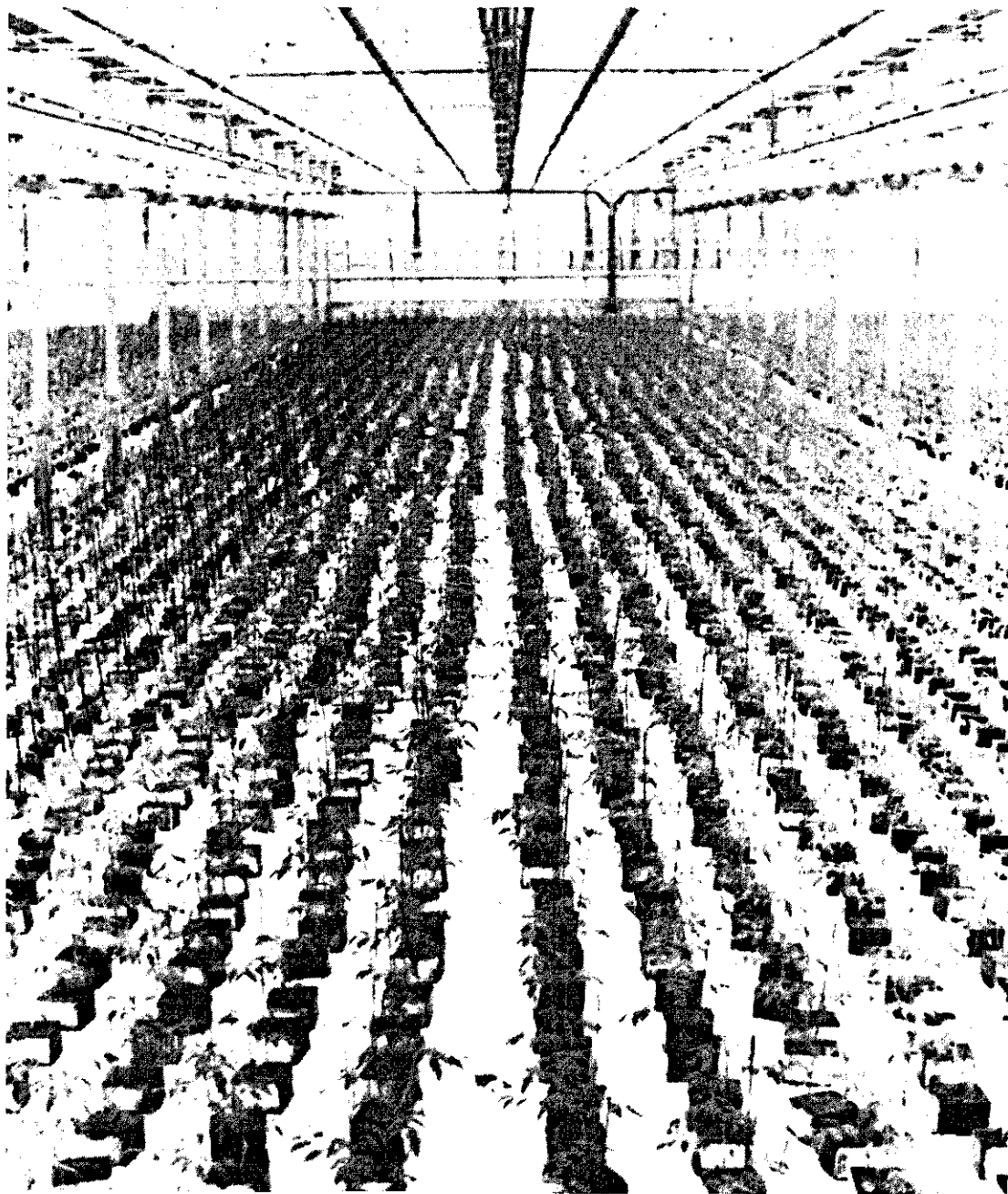
LICHTINVLOEDEN BIJ LAAGBLIJVENDE GEWASSEN

Dat alle gewassen die onder glas worden geteeld op licht reageren is duidelijk. De verschillen tussen licht in de zomer en in de winter zijn zeer groot en dat geldt ook voor de verschillen in groei. Door niemand wordt betwijfeld dat tussen deze twee een verband bestaat. Er zijn natuurlijk ook andere factoren die invloed op de groei hebben. Bijvoorbeeld de temperatuur, CO_2 en vocht. Je kunt je dan ook afvragen in hoeverre het lichteffect van het seizoen wordt doorkruist door de invloed van andere factoren op de groei van planten.

W e hebben ook nog te maken met verschillende soorten planten. Per soort verschilt de manier van groeien en daardoor is onder andere de hoeveelheid blad per vierkante meter grondoppervlak verschillend. Dit heeft weer gevolgen voor de lichtvangst door het gewas. Bij een plant verandert de hoeveelheid blad ook sterk gedurende de diverse teeltstadia tussen de opkweek en de oogst. In dit artikel willen we het vooral over de kleine gewassen hebben. De term „kleine gewassen” is gereserveerd voor gewassen die op kleine schaal worden geteeld. In dit verhaal bedoelen we met deze term gewassen die laag blijven, zoals bijvoorbeeld radijs en spinazie, maar ook voor jonge planten tijdens de opkweek. Wat minder laag blijven bijvoorbeeld koolrabi en Chinese kool. In dit licht is de snijboon een „groot” gewas.

Seizoeninvloed vooral lichtinvloed

Het verschil in de hoeveelheid licht tussen december en juni is in Nederland ongeveer 1 op 10. Het ligt natuurlijk voor de hand dat bij zo'n groot verschil in licht ook verschillen in groei optreden tussen winter en zomer.

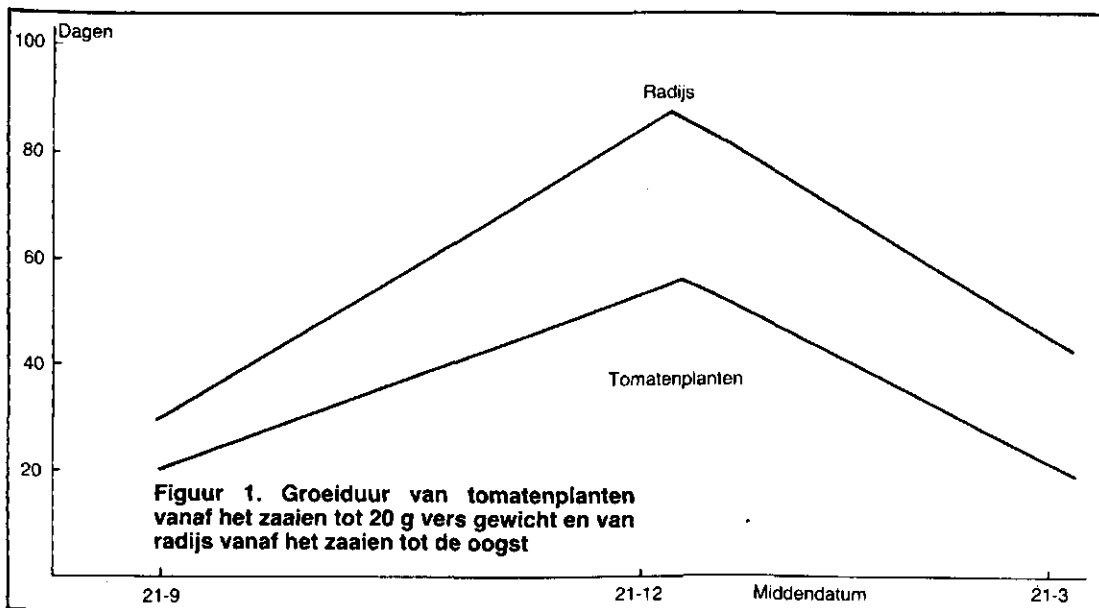


Dit verschil in groei is echter kleiner dan 1 op 10. Dat komt doordat het rendement van licht lager wordt bij hogere intensiteiten. Een duidelijk beeld over de invloed van licht krijgen we uit gegevens van de groei van tomatenplanten in de opkweek. We hebben gedurende het hele jaar tomatenplanten onder natuurlijke lichtomstandigheden in een kas opgekweekt. Het licht varieert gedurende de winter

van ongeveer 1000 J per cm^2 per dag in september tot ongeveer 160 J in december en is eind maart weer terug op een niveau van 1000 per cm^2 . Een verschil van 1 op 6 dus. In figuur 1 zien we dat de duur van de groei van tomatenplanten toenam van ongeveer twintig dagen op 21 september tot ongeveer 56 dagen rond 21 december. De verhouding is dan 1:3. De groei (1:3) neemt veel minder af dan het

In het winter halfjaar neemt het licht af in de verhouding 6:1. De groei van jonge planten neemt minder sterk af (3:1)

licht (1:6). Het effect van het licht op de groei wordt groter naarmate er minder licht is. De minimum groeisnelheid vinden we steeds zeer dicht bij 21 december, terwijl de invloed van bijvoorbeeld de temperatuur veel kleiner is. De conclusie mag



dan ook zijn dat groeiverschillen in de winter voor een zeer groot deel door verschillen in licht kunnen worden verklaard.

Een klein gewas

In **figuur 1** wordt ook de teelduur van radijs weergegeven. Daarvoor werden gegevens uit de jaren 1977 tot en met 1979 over een groot aantal radijszaaisels uit de praktijk gebruikt. Er komt een beeld te voorschijn dat veel lijkt op de groeiduur van tomatenplanten tijdens de opkweek. Dat is niet zo vreemd, omdat radijs net als jonge tomatenplantjes een gewas van kleine planten is. Het blijkt dus ook op te gaan voor de groeifase waarin bij radijs de knol wordt gevormd. De teelt van radijs duurt wel langer dan de opkweek van tomaten. De duur van de groei neemt ook sterk toe. Van 30 dagen eind september tot 87 dagen midden in de winter. Het verschil is echter ook ongeveer 1:3, dus even groot als bij tomaat.

In de zomer

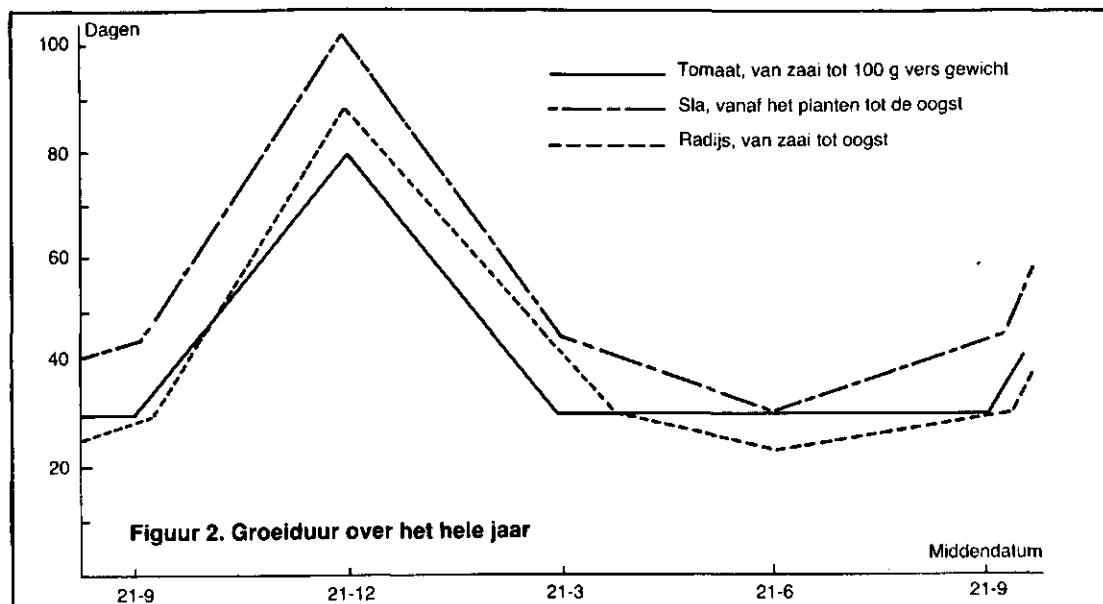
In **figuur 2** wordt voor het hele jaar weergegeven hoe lang de radijs nodig had voor de periode van zaaien tot oogsten. In deze figuur wordt de groeiduur van tomatenplanten van het moment waarop wordt gezaaid tot 100 g vers gewicht als vergelijking op-

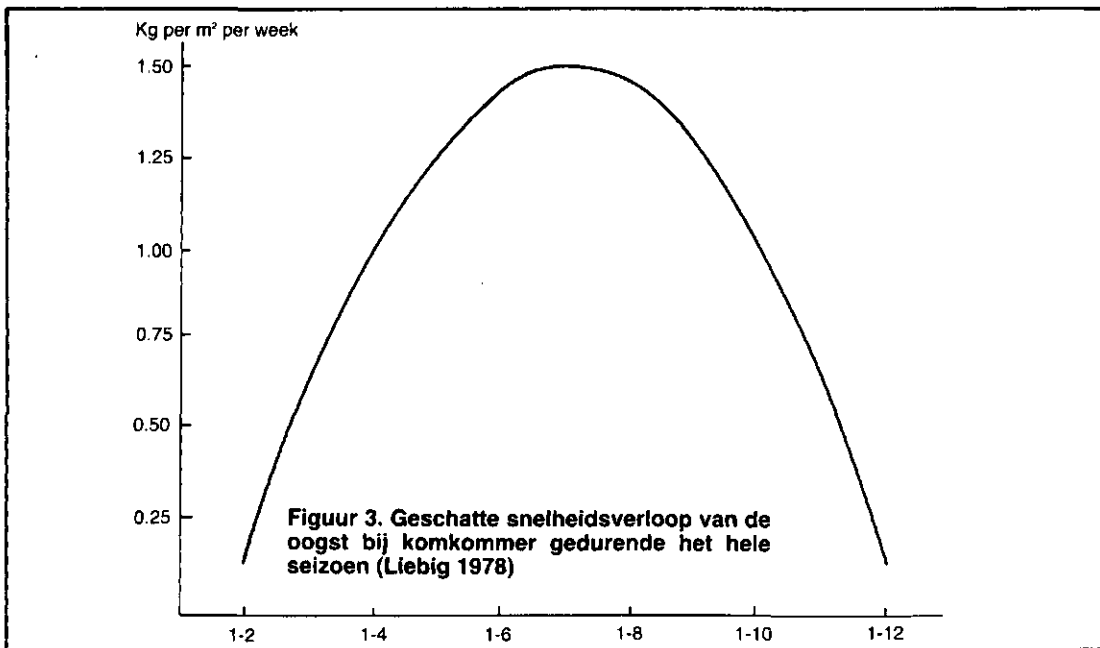
genomen. Tenslotte vindt u ook de groeiduur van de slateelt in dagen weergegeven vanaf het moment van planten tot de oogst. Deze gegevens werden van LEI-overzichten uit 1975 afgeleid.

Het beeld in de winter is voor alle drie gewassen ongeveer gelijk. In de zomer zijn er echter verschillen. Bij de opkweek van tomaat vinden we een rechte lijn. Dit betekent een nagenoeg constante groeisnelheid in het zomerhalfjaar. Radijs groeit

midden in de zomer wat sneller dan in het voorjaar en bij de teelt van sla is dit verschil nog iets groter. De tomaten worden ruim uitgezet. Bij radijs was de stand veel dichter, waardoor meer blad per vierkante meter grondoppervlak aanwezig was. Bij sla is nog meer blad aanwezig. Deze verschillen in de dichtheid van het blad kunnen als de oorzaak van de verschillen in groei gedurende de zomerperiode worden aangemerkt. Het lichtniveau van eind maart is namelijk voor

Omdat bij sla betrekkelijk veel blad per m² aanwezig is, neemt de groeiduur in de zomer met 33% af (van 45 naar 30 dagen)





Figuur 3. Geschatte snelheidsverloop van de oogst bij komkommer gedurende het hele seizoen (Liebig 1978)

de meeste planten wel voldoende, zo lang geen onderlinge beschaduw van de bladeren plaatsvindt. Dit betekent dat bij een ruimere plantafstand vanaf eind maart licht wordt verspreid.

Als meer dan 1 m² blad per vierkante meter grond aanwezig is (bij radijs), komt een aantal blaadjes in de schaduw te zitten.

Deze gaan beter functioneren als er meer licht komt, want dan komen de blaadjes die eerst in de schaduw zaten ook aan bod. De groeiduur van radijs neemt daardoor bij meer licht (zomer) af van 30 dagen op 15 april tot 23 dagen op 21 juni (-23%). Bij sla is nog meer blad aanwezig en de groeiduur neemt dan ook iets meer af (van 45 tot 30 dagen (-33%). Het blad is bij sla wel erg ongelukkig over de ruimte verdeeld. Het zit als een pakket op de grond. Als slabladeren aan een stengel van 2 m lengte zouden groeien, zouden ze ongetwijfeld nog sterker op het licht reageren.

Groot gewas

We hebben geen slabladeren die aan een lange stengel groeien, maar een jong komkommergewas kan daarvoor heel goed in de plaats worden genomen. De

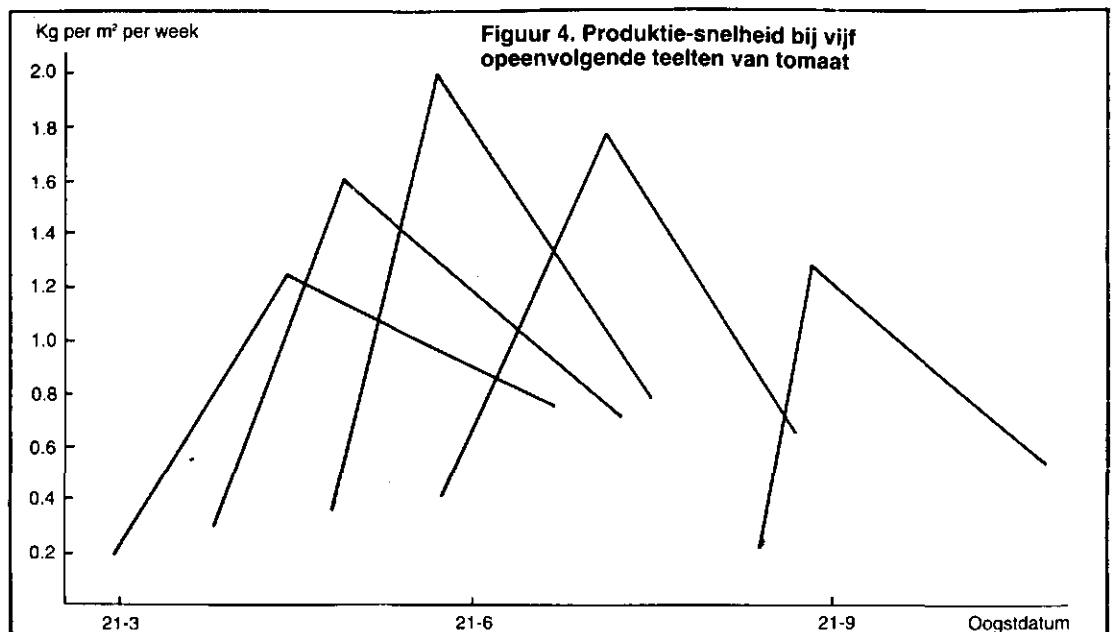
bladeren zijn dan wel langs de stengel tot ruim 2 m hoogte gerangschikt. De groeiversnelling midden in de zomer zou groter moeten zijn dan bij sla. Dit blijkt ook uit de gegevens van Challa die in een eerder artikel in deze serie werden gepresenteerd. Het werd bovendien duidelijk gemaakt in de bijdrage van Klapwijk en Tooze. In een Duits proefschrift (Liebig, Hannover 1978) vonden we bovendien het

geschatte verband tussen het seizoen en de productiesnelheid van komkommers ((figuur 3). De gegevens hiervoor werden verkregen door het vergelijken van de beginfase van de oogst bij een hele reeks komkommerplantingen tussen december en augustus. Duidelijk is dat het hele jaar door de productie door licht wordt beïnvloed, ook midden in de zomer. Als er in de zomer meer licht is, wordt dit blijkbaar

door de bladeren dieper in het gewas opgevangen en omgezet in de productie van vruchten. Ook bij tomaten is de productiesnelheid in de zomer veel hoger dan in april en september (figuur 4). Bij tomaat werd gebruik gemaakt van opbrengstgegevens van 1980 over vijf groepen met opeenvolgende plantdata.

Reacties

Uit het voorgaande kunnen we een schatting afleiden voor de lichtgevoeligheid van onze teeltgewassen in de winter en in de zomer. Nagenoeg alle geteelde groentegewassen bevinden zich in het donkere jaargetijde nog in het stadium van individuele planten (behalve de nateelten). Ze zullen dus 's winters alle op het licht reageren zoals in figuur 1 is weergegeven. Er is weinig blad per m² grond aanwezig, zodat dus onvoldoende bladeren in de schaduw aanwezig zijn om het overtollige licht op te vangen. Een uitzondering hierop vormen de overblijvende gewassen. We denken hierbij aan vooral hogere gewassen als anjers en doorgestookte rozen. Gewassen met veel blad zullen in de winter het sterkst op licht reageren. Ook gedurende de zomer hangt de reactie van een gewas op het licht af van de hoeveelheid blad. Bij individuele planten met wei-



Figuur 4. Productie-snelheid bij vijf opeenvolgende teelten van tomaat

RELATIES TUSSEN LICHT, CO₂ EN TEMPERATUUR

nig blad per vierkante meter grondoppervlak zal tussen 21 maart en 21 september nagenoeg geen reactie op het licht optreden. Dit geldt dus voor jonge planten in de opkweek en ook voor de kamerplantenteelt. Gewassen als spinazie, radijs en postelein, voor zover deze 's zomers onder glas worden geteeld, zullen enige reactie op licht vertonen doordat de dichtheid van het blad wat groter is. Bij gewassen als sla, andijvie, koolrabi en Chinese kool zal de groeiversnelling door de grotere bladhoeveelheid weer iets groter zijn dan bij bijvoorbeeld radijs. Bij grotere gewassen als tomaten, komkommers, paprika, aubergine en snijbonen zal de hele zomer een duidelijke invloed van het licht kunnen worden waargenomen. In de aanloopfase van grote gewassen is de invloed van licht kleiner en te vergelijken met kleinere gewassen.

Samenvatting

- In het winterhalfjaar neemt het licht af in de verhouding 6:1. De groei van jonge planten in opkweek neemt veel minder af, namelijk 3:1.
- In de winter zullen bijna al onze teeltgewassen op dezelfde manier op licht reageren, omdat ze dan nog in het stadium van jonge planten verkeren.
- 's Zomers komen grote verschillen in de hoeveelheid blad per m² grondoppervlak voor. Hoe meer bladeren aanwezig zijn, des te meer worden er beschaduwd. Deze bladeren profiteren van de toenemende hoeveelheid licht.
- Laag blijvende gewassen als radijs zullen iets sterker op licht reageren dan groenteplantjes in de opkweek. Radijs heeft namelijk meer blad.
- Gewassen als sla en Chinese kool reageren nog beter, doordat ze een groter pakket bladeren hebben.
- De beste reactie wordt gevonden bij gewassen die de hele kas met blad vullen. De grotere hoeveelheid licht veroorzaakt dan ook een hogere produktie in de zomer.

ING. D. KLAPWIJK
Proefstation Naaldwijk

De relatie tussen de produktiviteit van tuinbouwgewassen en de factor licht is al eerder in deze serie uitvoerig aan de orde geweest. Onder invloed van licht wordt de CO₂ die in het blad is opgenomen, omgezet in suikers. Deze suikers zijn de bouwstenen voor allerlei componenten die samen de groei van de plant bepalen. We kunnen een plant vergelijken met een fabriek waar machines uit een ruwe grondstof een produkt fabriceren. Als meer energie in de fabriek wordt geïnvesteerd, kunnen grotere hoeveelheden grondstoffen worden verwerkt. Dit baat echter niet als de aanvoer van die grondstoffen naar de fabriek niet tegelijkertijd wordt vergroot. Vertaald voor de plant betekent dit dat de plant weliswaar reageert op veranderingen in lichtintensiteit (= energie), maar dat deze reactie afhankelijk is van de toevoer van de grondstof (= CO₂).

Voor de groei is CO₂ dus de grondstof en als zodanig is CO₂ een zeer belangrijke factor voor de produktie van (tuinbouw)gewassen. In de tuinbouw kan in tegenstelling tot vele andere sectoren van de landbouw de concentratie van deze groeifactor worden geregeld. Dit voordeel van de beschermde teelt roept echter onmiddellijk de vraag op hoe dat moet gebeuren. Het antwoord op deze vraag vereist het economisch afwegen van effecten op de financiële opbrengst en de te maken kosten. Bij dit afwegen moet steeds rekening worden gehouden met veranderingen in de omstandigheden waarin het gewas verkeert of veranderingen in de kostenfactoren. De CO₂-concentratie in kassen wordt hoofdzakelijk bepaald door drie processen:

- Opname van CO₂ door het gewas.
 - Uitwisseling van CO₂ door ventilatie of lekkage.
 - Het doseren van CO₂.
- Deze drie processen zijn niet onafhankelijk van elkaar. Zo zal veel ventilatie bijvoorbeeld betekenen dat doseren tot een waarde boven die van de omgeving minder rendabel wordt. De concentratie van de omgeving is ongeveer 340 dpm. Anderzijds zal zonder ventilatie en zonder extra doseren de concentratie van CO₂ beneden de omgevingswaarde dalen en zo de opname

door het gewas afremmen. Voordat conclusies kunnen worden getrokken over bepaalde teeltmaatregelen, moeten eerst de verschillende processen worden geanalyseerd om berekeningen te kunnen opstellen.

Opname CO₂ door gewas

Licht en CO₂. In figuur 1 wordt geïllustreerd hoe de opname van CO₂ door een tomatengewas verandert met de lichtintensiteit. De verschillende lijnen zijn berekend bij verschillende CO₂-concentraties. De figuur heeft

betrekking op een tomatengewas met een bladoppervlak dat driemaal zo groot is als het grondoppervlak (bladindex = 3). Uit het verloop van de lijnen blijkt dat het opvoeren van de CO₂-concentratie het meeste effect heeft bij de hoge lichtintensiteit. In het voorbeeld van de fabriek vertaald: de toevoer van meer grondstof is het meest rendabel als de verwerking ervan wordt versneld doordat meer energie beschikbaar is.

Toch is het een misverstand te denken dat CO₂ bij lage lichtintensiteiten niet belangrijk is. In dichte kassen kan de concentratie bij lage lichtintensiteit (30 W per m² en gesloten luchtramen dalen tot waarden beneden 130 dpm. In dat geval wordt de opgenomen CO₂ alleen nog gebruikt voor het vervangen van „verouderde” bouwstoffen in de plant. Van groei is dan nauwelijks nog sprake. In zo'n geval werkt in de fabriek dus alleen de administratie en de onderhoudsdienst. Een kleine verhoging van de concentratie kan de groei weer

Het rekenmodel geeft aan dat bij veel instraling het CO₂-tekort aanleiding kan geven tot een opbrengstderiving van ongeveer f 1.000,— per ha per dag



op gang brengen. Een verhoging van de concentratie van 130 dpm tot de omgevingswaarde van 340 dpm heeft bij weinig licht dan ook meer dan een verdubbeling van de CO₂opname door de planten tot gevolg. Bij een veel hogere lichtintensiteit van 200 W per m², is het effect van een verhoging van 130 naar 340 dpm ongeveer even groot. **Met andere woorden, zeer lage CO₂-concentraties moeten altijd worden vermeden.**

Overigens zal een dergelijke situatie zich in de praktijk weinig voordoen omdat lage lichtintensiteiten doorgaans in het winterseizoen optreden. Dan is er meestal voldoende CO₂ van de verwarmingsinstallatie beschikbaar. Het voorbeeld betrof hier een gewas met een bladindex van 3. Als de bladindex van een gewas kleiner is, wordt per vierkante meter kasoppervlak minder licht door de planten onderschept. Dit betekent ook dat minder bouwstenen (=CO₂) kunnen worden benut en CO₂ doseren dus minder effect heeft.

Temperatuur en CO₂

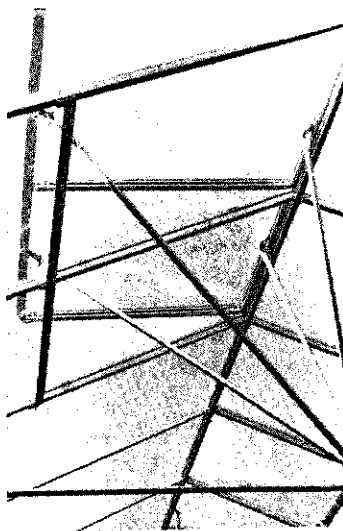
De relatie tussen CO₂, temperatuur en groei is tamelijk ingewikkeld. **Figuur 2** laat zien dat de CO₂-assimilatie door een tomatengewas met de temperatuur stijgt tot een bepaalde optimale waarde. Daarboven treedt een daling op van de netto CO₂-assimilatie. Wanneer de concentratie wordt verhoogd, is de temperatuur voor een optimale CO₂-opname hoger (hogere temperatuurtoeranties). Dit betekent dat bij hogere concentraties een hogere luchttemperatuur kan worden ingesteld. Dit is een gunstig effect omdat het één het ander mogelijk maakt. Als bijvoorbeeld minder wordt geventileerd, heeft dat tot gevolg dat goedkoper wordt gedoseerd en hogere CO₂-concentraties, kunnen door minder ventilatie (koeling) beter worden benut. Daarnaast mag een tweede belangrijk aspect van de relatie tussen temperatuur en CO₂ niet uit het oog worden verloren. Bij hogere temperaturen maakt de plant dunnere bladeren, terwijl de plant bij hoge CO₂-con-

centraties juist dikkere bladeren maakt. Dit is vooral voor een jong gewas ongunstig omdat juist dan de snelheid van bladvergroting belangrijk is. Als de concentratie hoger wordt, zal het effect van de CO₂-assimilatie dus verminderd in de groei tot uiting komen door het dikker worden van de bladeren. Dit zou eventueel kunnen worden gecompenseerd door hogere temperaturen, waarbij de plant dan in verhouding weer dunnere bladeren maakt.

Ventilatie

Er kunnen verschillende redenen zijn om te ventileren. De belangrijkste daarvan zijn de vochtafvoer en het voorkomen dat de temperatuur in de kas te hoog oploopt. De consequenties van ventileren voor de CO₂-huishouding in de kas liggen voor de hand. Wanneer de concentratie beneden de omgevingsconcentratie komt te liggen, wordt met de ventilatielucht CO₂ in de kas gebracht. Wanneer zoveel CO₂ wordt gedoseerd dat de concentratie boven die van de omgeving uitkomt, treden er echter verliezen naar buiten toe op.

Aan de hand van een voorbeeld



waarbij gebruik is gemaakt van een simulatiemodel (rekenmodel) kan het bovenstaande worden verduidelijkt. Het voorbeeld betreft een tomatengewas in de productiefase gedurende de periode van 10 maart tot 7 april 1982. Het model berekent CO₂-concentraties in de kas op basis van fotosynthese, ventilatie en de beschikbare CO₂ van de verwarmingsinstallatie. De warmtebehoefte wordt berekend op basis van de waargenomen bui-

Veel ventileren betekent dat het doseren tot een waarde die boven het buitenniveau ligt minder rendabel wordt

tenttemperatuur, het verwarmingssetpoint, de warmtetoevoer door instraling en de windsnelheid. De ventilatie wordt berekend op basis van de hoeveelheid af te voeren warmte. In het model is geen rekening gehouden met ventilatie om vocht af te voeren. De beschikbare hoeveelheid CO₂ blijkt echter niet altijd voldoende. Uit berekeningen blijkt dan dat de productieverliezen variëren tussen de 13 en 17% als gevolg van een daling van de concentratie beneden het omgevingsniveau. In **figuur 3** zijn de verliezen per dag uitgezet tegen de dagelijkse stralingssom. Deze verliezen treden dus op als niet extra wordt gedoseerd op het moment dat de concentratie beneden 340 dpm is gedaald. De berekeningen zijn gemaakt voor drie verschillende ventilatietemperaturen: 26, 28 en 30°C. Er kunnen vier situaties worden onderscheiden.

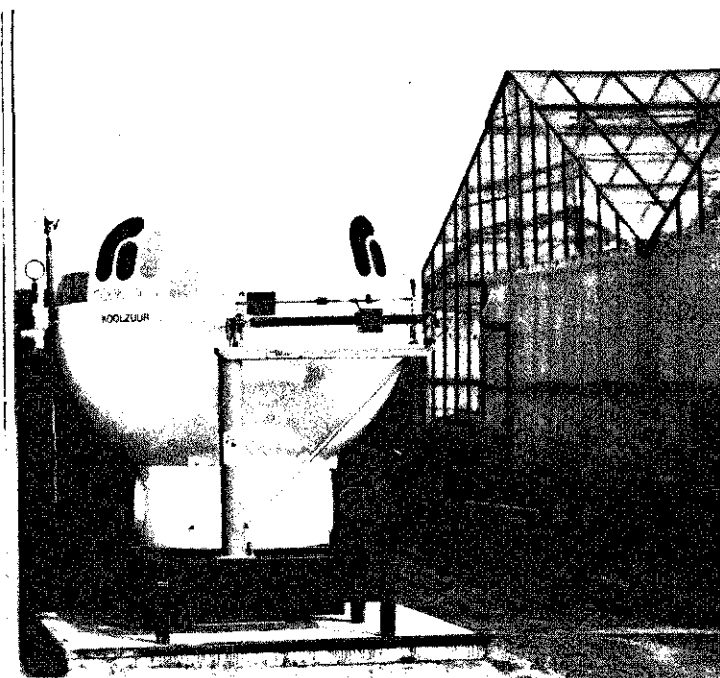
I. Beneden een stralingssom van 250 J per cm² per dag is er meestal zoveel warmte in de kas nodig dat de verwarmingsketel voldoende CO₂ levert om de concentratie tenminste op 340 dpm te houden.

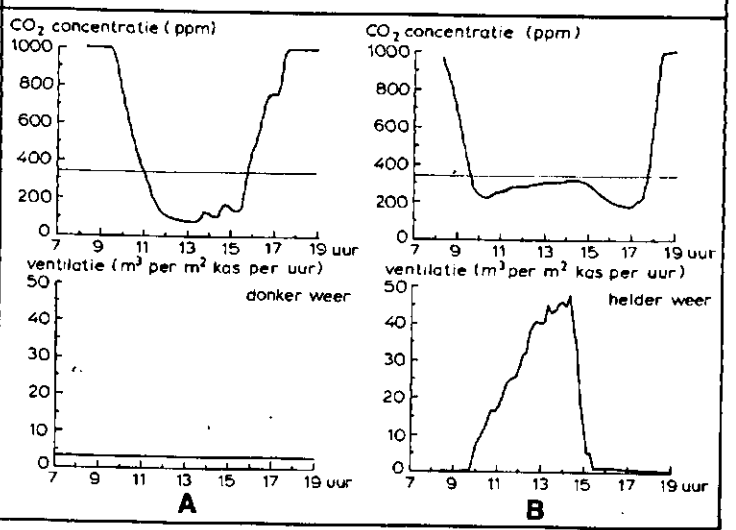
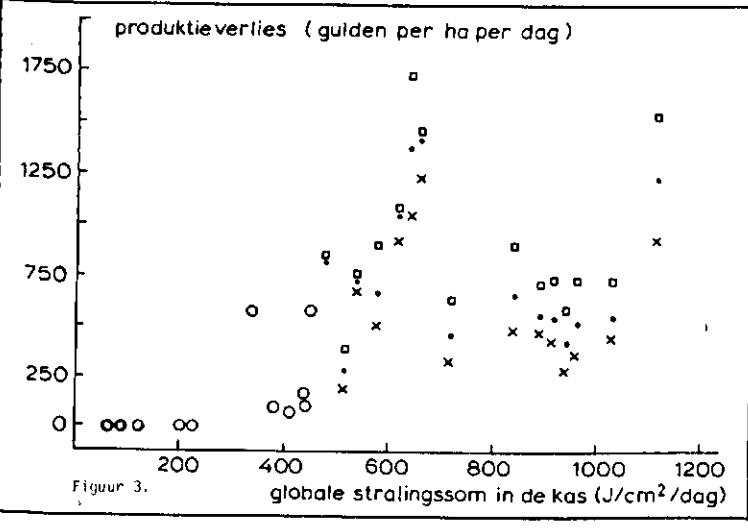
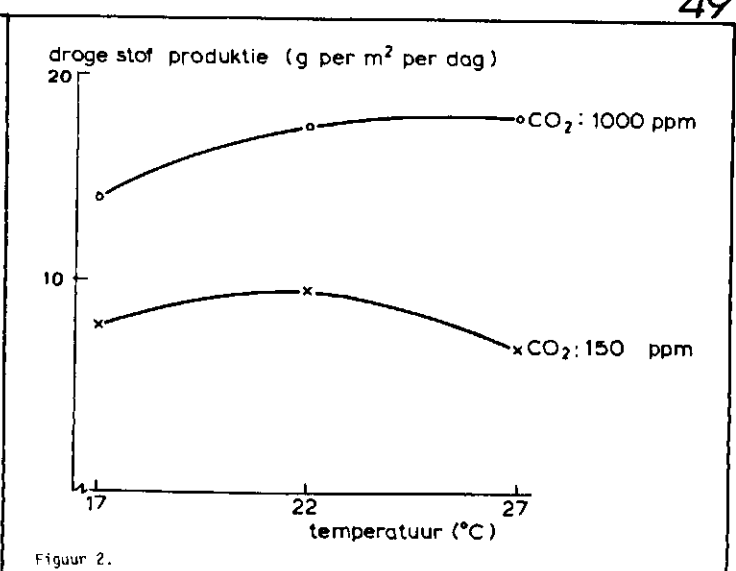
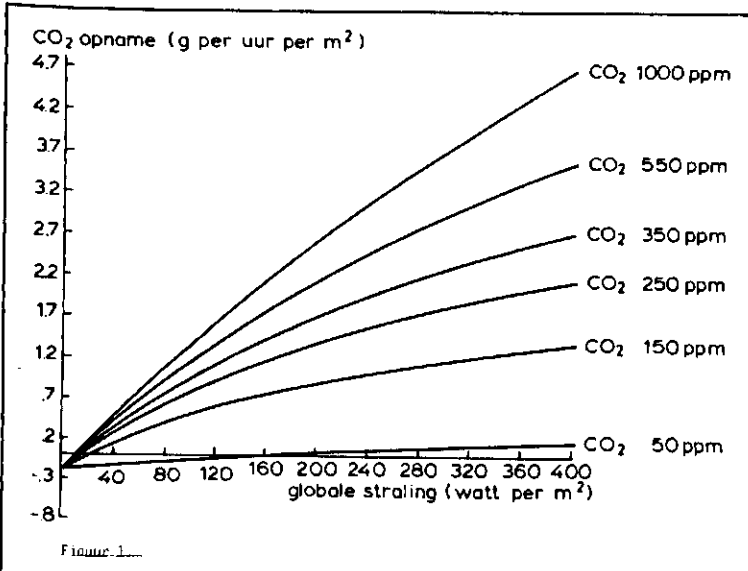
II. Tussen 250 en 460 J per cm² per dag zijn de luchtramen nog niet gesloten, maar levert de verwarming niet voldoende CO₂. Dit resulteert in verliezen door een daling van de concentratie beneden die van de omgeving.

III. Tussen 460 en 660 per J per cm² per dag wordt de uitputting van CO₂ in de kaslucht steeds ernstiger. Het is weliswaar zo dat de ramen van tijd tot tijd worden geopend omdat de ventilatietemperatuur is bereikt, maar dat is niet voldoende om het tekort aan te vullen.

IV. Boven 660 J per cm² per dag

Wanneer de concentratie wordt verhoogd, ligt de optimale temperatuur op een hoger niveau





zijn de verliezen veel kleiner omdat de ramen steeds vaker en ook verder worden geopend. Dit neemt overigens niet weg dat de concentratie lager wordt dan die van de omgeving. Omdat bij hoge straling CO₂ zo'n groot effect heeft, blijven de verliezen aanzienlijk.

In de figuur is te zien dat de verliezen door het tekort tot een bedrag van f 250,— tot ruim f 1.000,— per ha per dag kunnen oplopen. Het is duidelijk dat dergelijke verliezen onaanvaardbaar hoog zijn, zeker omdat het voorkomen ervan zowel goedkoop is als tamelijk eenvoudig: doseren!

Extra CO₂ doseren

Het derde proces dat de CO₂-concentratie in een kas bepaalt, is het doseren. Dit onderwerp kwam al aan de orde omdat steeds werd verondersteld dat de CO₂ die bij de warmteproductie vrijkomt in de kas wordt geleid. Het is echter interessanter te bekijken wanneer en in welke mate extra doseren eco-

nomisch rendabel is. Hoewel een en ander gewasgebonden is, kunnen toch enige vuistregels worden gegeven. Voorkom in ieder geval dat de concentratie in de kas beneden die van de omgeving daalt. Dit is altijd economisch verantwoord. Bekijken we nog even de voorbeelden van **figuur 4**. Als eerste voorbeeld (4a) van een gemeten stralingsom van 452 J per cm² per dag (situatie II). De verwarming hoeft niet te branden en er is geen ventilatie nodig. Er is dus geen toevoer van CO₂. Als er niets wordt gedaan, zijn de berekende verliezen voor die dag ongeveer f 700,— per ha. Dit bedrag is berekend voor het eerder genoemde tomatengewas en zal per gewassoort en ontwikkelingsstadium variëren. Om het niveau over de hele dag aan te vullen tot 340 dpm hoeft theoretisch slechts 18 m³ gas per ha te worden verstoofd in een CO₂ generator. In de praktijk zal deze waarde hoger liggen omdat het doseren niet precies parallel loopt met de opname door het

gewas, waardoor er verliezen naar buiten toe optreden. Het tweede voorbeeld (4b) betreft een dag met een gemeten stralingsom van 964 J per cm² per dag (situatie IV). De kas wordt zo warm dat ventilatie over de hele lichtperiode gewenst is tot wel 50 m³ per m² lucht per uur midden op de dag. Toch ligt de concentratie in de kas door de hoge CO₂-opname van het gewas (hoge lichtintensiteit) nog beneden 340 dpm. De relatieve verliezen voor het voorbeeldgewas belopen dan nog steeds ongeveer f 520,—. Om dit verlies op te heffen (doseren tot een minimum van 340 dpm) zou over de hele dag theoretisch slechts 13 m³ aardgas per ha hoeven te worden verstoofd.

Onder welke omstandigheden is het rendabel de CO₂-concentratie te verhogen tot een waarde boven die van de omgeving? Als hiervoor de geschetste situaties worden bekeken, is duidelijk dat situatie I meestal voorziet in voldoende CO₂ via de verwarming

Figuur 1. De lichtgevoeligheid van een tomatengewas met een bladindex 3. De CO₂-opname van het gewas is uitgezet tegen de globale straling in de kas bij verschillende CO₂-concentraties

Figuur 2. Temperatuurgevoeligheid van de groei van een tomatengewas bij een hoge en een lage CO₂ concentratie

Figuur 3. Het optreden van verliezen doordat de CO₂-concentratie beneden de omgevingswaarde daalt. De berekeningen zijn gedaan voor drie ventilatietemperaturen (26°C kruisjes, 28°C punten en 30°C vierkantjes). De rondjes geven de situatie aan waarin geen ventilatie nodig is

Figuur 4. Het berekende dagelijks verloop van de CO₂-concentratie in een kas met een tomatengewas met een bladindex 3 op een donkere dag (A) en een heldere dag (B). De ventilatie is aangegeven in de onderste grafieken.

om tot 800 of 1.000 dpm te doseren. Voor situatie II moet weliswaar extra worden gedoseerd maar de gesloten luchtramen voorkomen grote verliezen naar buiten. Dosen tot 800 of 1.000 dpm is dan ook rendabel. Situatie III levert de meeste problemen. In ieder geval moet worden voorkomen dat de concentratie beneden de omgevingsconcentratie daalt. Daarnaast is het vaak nog rendabel tot hogere concentraties te doseren. Voor het voorbeeldgewas varieert de aanbevolen concentratie tussen 400 dpm bij een ventilatie van 10 m³ per m² per uur tot 800 dpm bij een ventilatie van 3 m³ per m² per uur. Wanneer meer wordt geventileerd, zal in het algemeen tot juist boven de omgevingsconcentratie moeten worden gedoseerd. Overigens mag de temperatuur bij hoge concentraties wat hoger oplopen dan bij een laag gehalte. Een andere oplossing zou zijn de ventilatie en het doseren zo te regelen dat ze niet samenvallen. Voor situatie III zou bijvoorbeeld een kwartier kunnen worden gedoseerd, waarna een kwartier wordt gewacht met ventileren tot het gewas de extra CO₂ heeft opgenomen. Pas dan zouden de luchtramen moeten worden geopend. De aangegeven tijden zijn hier slechts als voorbeeld genoemd. Een dergelijke regelmatig onderbroken CO₂-dosering voorkomt grote verliezen naar buiten en zorgt toch voor een aanzienlijke verhoging van de produktie. Daarnaast is uit Noors onderzoek gebleken dat wisselende concentraties een gunstiger effect hebben dan een continue verhoging. Zo wordt namelijk voorkomen dat het gewas zich aanpast en daardoor minder efficiënt CO₂ gaat opnemen. De exacte uitwerking van een dergelijke klimaatregeling is niet bekend. Dit is dan ook vooral een illustratie van mogelijkheden die verder moeten worden onderzocht. Voor situatie IV kan gedeeltelijk van eenzelfde methode gebruik worden gemaakt met de beperking dat er meer moet worden geventileerd. Daardoor kan slechts in korte perioden rendabel worden gedo-

seerd tot een CO₂-niveau dat hoger is dan 340 dpm.

Samenvatting

Enkele vuistregels voor het doseren in een kas met een producerend tomatengewas in relatie tot globale straling per dag. Dagen met een stralingssom beneden 250 J per cm² per dag komen meestal in het winterseizoen voor. In dat geval is voldoende CO₂ (ketel) beschikbaar om tot 800 of 1.000 dpm te kunnen doseren.

Tussen 250 en 460 J per cm² per dag is er onvoldoende CO₂ beschikbaar om een minimum concentratie van 340 dpm te kunnen handhaven. De luchtramen zullen in het algemeen nog dicht zijn. Onder die omstandigheden loont het om niet alleen het CO₂-tekort op te heffen maar om te doseren tot 800 of 1.000 dpm.

Tussen 460 en 660 J per cm² per dag wordt ventilatie meer en meer nodig om te voorkomen dat de temperatuur in de kas te hoog oploopt. De fotosynthese neemt eveneens toe. De toevoer van CO₂ uit de buitenlucht is echter in toenemende mate ontoereikend om de opname door het gewas te compenseren. Het gevolg is een steeds sterkere daling van de concentratie beneden 340 dpm. Het verdient aanbeveling de concentratie in ieder geval op een minimum van 340 dpm te handhaven. Afhankelijk van het ventilatievoud kan een hogere waarde worden nagestreefd. Als richtlijn geldt een concentratie van 800 dpm bij een ventilatie van 3 m³ lucht per m² per uur tot 400 dpm bij een ventilatie van 10 m³ per m² per uur.

Boven 660 J per cm² per dag wordt in het algemeen zoveel geventileerd dat doseren boven 340 dpm slechts lonend is als een speciale regeling mogelijk zou zijn, waarbij doseren en ventileren niet samen vallen. Overigens kan er zelfs bij deze hoge instraling de concentratie in de kas beneden de omgevingswaarde dalen als niet tijdig extra CO₂ wordt gedoseerd tot de omgevingswaarde van 340 dpm.

DR. IR. A. H. C. M.
SCHAPENDONK
CABO, Wageningen

LICHTVANGST, PLANTGEWICHT EN GROEI

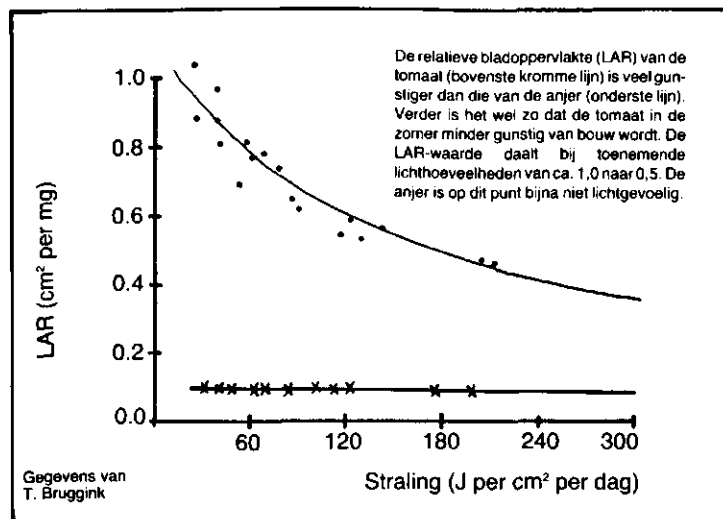
De vorm ofwel de bouw van een plant heeft invloed op de groeisnelheid. De teeltduur en produktiesnelheid die meestal rechtstreeks van de groeisnelheid afhankelijk zijn, worden dus bepaald door de vorm van de plant en het gewas. Men kan zeggen dat een plant meer of minder kwaliteit ten aanzien van de groeisnelheid kan hebben. Deze kwaliteit zit in de bouw van de plant. Er zijn verschillen tussen de gewassen. Komkommer bijvoorbeeld groeit sneller dan anjer, maar de ene komkommerplant kan sneller groeien dan de andere als zijn vorm een hogere kwaliteit heeft met betrekking tot groeisnelheid.

Een plant moet licht vangen en daarmee koolzuur vastleggen om aan de bouwstenen te komen die nodig zijn voor leven en groei. Dit is het proces van de fotosynthese of CO₂-assimilatie. De plant maakt zo zelf zijn calorie-rijke voedsel. Voedsel is nodig om de plant in leven te houden en ook om de plant te laten groeien. Voedsel is ook nodig voor de groei van de

vruchten. In welke situatie een plant ook verkeert en welke vorm de plant heeft, het draait altijd om het vangen van licht en om het juiste verbruik van de aangemaakte hoeveelheid voedsel. De fotosynthetische produktie van energierijke stoffen moeten tot een optimale produktie leiden.

De verdeling tussen de posten onderhoud (in leven blijven), groei en vruchten moet goed worden geregeld. De teler moet de planten zó behandelen dat het voedsel optimaal wordt gebruikt. Dit geldt voor kleine jonge planten en voor de vrucht dragende gewassen. Het geldt echter ook voor alleenstaande planten en voor planten in een volgroei gewas.

De vorm van een bepaalde plant kan meer of minder geschikt zijn voor een snelle groei en dus voor hoge produktie-snelheden. Deze geschiktheid hangt onder andere af van het gewicht van de plant en van het bladoppervlak. Deze vorm kan door de teeltomstandigheden worden beïnvloed. Anderzijds bestaan er verschillen tussen plantensoorten en ook wel tussen de rassen van een zelfde soort. Het ene gewas heeft een groeisnelheid waaraan andere niet kunnen tippen. Deze verschillen vloeien voort uit de verhouding tussen de produktie van voedsel (lichtvangst en CO₂-opname) en de behoefte aan voedsel voor het leven, de groei en de produktie



van de plant.

Een beoordeling op kwaliteit kan meestal op meer eigenschappen betrekking hebben. Kwaliteit van de vrucht bijvoorbeeld kan gaan over houdbaarheid, over smaak of over hardheid. Kwaliteit van de plant kan ook meer betekenissen hebben. Bijvoorbeeld de situatie in verband met ziekten, de bemestingstoestand of de weerstand tegen weersveranderingen.

In dit eerste artikel over plantkwaliteit gaat het om de mogelijkheid via de vorm van de plant tot een hoge produktie te komen. Als onder dezelfde omstandigheden de ene plant sneller kan produceren dan een andere, kunnen we de eerste „kwalitatief” hoog produktief noemen. Welke eigenschappen van de plant en het gewas bij het telen van een kwalitatief hoog produktief type een rol spelen, wordt hierna toegelicht.

Relatief bladoppervlak

Naast het aanmaken van veel voedsel door het opvangen van licht, is het voedselverbruik en de manier waarop de plant dat doet dus óók van belang voor een snelle groei. De ideale plant moet dan aan twee eigenschappen voldoen. Hij moet veel licht vangen, dus groot en dun blad hebben en hij moet weinig voedsel gebruiken om in leven te blijven, dus hij moet weinig wegen. Dat wil zeggen dat we planten willen met veel cm^2 blad, maar de plant moet weinig gewicht hebben. Een hoog produktieve plant heeft in verhouding tot zijn gewicht een grote oppervlakte aan blad.

De plant zelf die bestaat uit levende stof (eiwitachtige stoffen), gebruikt voedsel alleen al om in leven te blijven. Een deel van de aangemaakte energierijke voedselstoffen is hiervoor nodig. Hoe zwaarder een plant is, des te meer voedsel is nodig om het levende lichaam van de plant te onderhouden. Elke gram plant die in leven moet worden gehouden kost voedsel. Dit „onderhoudsverbruik” komt niet ter beschikking voor de produktie, het levert géén groei op. Eigenlijk gaat het dus verloren.



Alleen het overschot aan voedsel – nadat de plant zelf aan zijn trekken is gekomen – maakt groei en dus produktie mogelijk. Hoe groter het overschot, des te sneller zal de plant groeien. Het onderhoudsverbruik van het plantenlichaam moeten we dus zien te houden. Bij een klein lichaam is de groei sterker en de produktie hoger, want er blijft meer voedsel over. Het bladoppervlakte aan een plant moet dus relatief groot zijn ten opzichte van het plantgewicht. Ofwel een plant van een bepaald gewicht moet zo groot mogelijk blad hebben.

De wortels, stengels, stelen en nerven moeten allemaal in leven worden gehouden. Alleen de

bladschijven vangen echter licht en maken voedsel. Daarom moet eigenlijk alles wat geen licht vangt zo min mogelijk wegen, terwijl het bladoppervlak groot moet zijn. Kortom: **Een laag onderhoudsverbruik van voedsel en een groot bladoppervlak heeft een snelle groei en daardoor een hoog produktieniveau tot gevolg.**

Absoluut bladoppervlak

Relatief veel blad in verhouding tot het gewicht van de plant is natuurlijk niet hetzelfde als veel blad per m^2 . Een gewas met meer blad is geen garantie voor meer lichtvangst. Dit hangt af van het bladoppervlak dat al per m^2 aanwezig is. De dichtheid van het

Een laag onderhoudsverbruik van voedsel en een groot bladoppervlak heeft een snelle groei en daardoor een hoog produktieniveau tot gevolg

gewas kan zo laag zijn dat meer blad niet meer bijdraagt voor de voedselaanmaak. Hele jonge plantjes hebben nog zo weinig bladeren dat deze allemaal in het volle licht staan. Bij iets hogere planten gaan de bladeren elkaar overschaduwen. Naarmate de plant groeit, zal dit steeds erger worden. Een grotere plant is dus qua vorm minder ideaal gebouwd dan een kleine. De relatieve groeisnelheid van een plant neemt daarom ook af als hij groter wordt. Omdat door zelf-beschaduwning van de bladeren in verhouding tot het bladoppervlak steeds minder licht wordt gevangen, zal het voedseloverschot dat voor de groei en produktie nodig is, bij het groter worden van de plant steeds minder worden. De relatieve groeisnelheid van een groeiende plant zal daardoor steeds verder afnemen.

Als na verloop van tijd een gewas ontstaat, wordt de relatieve lichtvangst nog veel minder. Niet alleen de boven elkaar staande bladeren van de plant zullen elkaar beschaduwen, maar ook de bladeren van de planten die om die plant heen staan, zullen schaduw veroorzaken. Het groeivermogen van een plant in een volgroeid gewas is daardoor nog veel minder dan van een alleenstaande grote plant. Teveel blad per m^2 kasoppervlak is dus niet goed. Per gram plant willen we zoveel mogelijk bladoppervlak, maar per m^2 kasoppervlak moet er niet teveel blad zijn. Het gewas wordt dan te vol en dat kost ook weer groei en produktie.

Het jonge plantje groeit het snelst, want het vangt relatief veel licht ten opzichte van het gewicht. Bij het ouder en dus groter worden tot een gewas is gevormd, neemt de groeisnelheid steeds verder af. De hoeveelheid blad moet niet hoger worden dan nodig is voor een optimale lichtontvangst. Bij

teveel blad is teveel voedsel voor het onderhoud nodig.

De verschillen in groeisnelheid tussen diverse gewassen berusten in hoofdzaak op hetzelfde principe. Ze verschillen in het relatief bladoppervlak en in de dichtheid van het gewas. Tussen de plantensoorten bestaan namelijk grote verschillen in lichtontvangst (bladoppervlak) in verhouding tot het gewicht. Er komen daardoor grote verschillen voor in de voor groei en produktie beschikbare overschotten aan voedsel. Tomaat bijvoorbeeld heeft een zeer groot bladoppervlak in verhouding tot het gewicht van de plant. Anjer daarentegen heeft zeer kleine bladeren, terwijl anjerplanten toch veel wegen. De groeisnelheid van anjer is daarom zeer gering vergeleken met die van tomaat (figuur). Saintpaulia groeit om dezelfde reden ook maar traag.

Tabel 1 laat zien wat de verhoudingen tussen deze gewassen zijn voor hun bladoppervlak en hun versgewichten en tevens voor de groeisnelheden die daarvan het gevolg zijn. De getallen in de tabel zijn natuurlijk moment-opnamen. De grootte van de plant en de schaduwwerkingen komen hier weer overheen. Net zo goed trouwens als de tijd van het jaar. Bij hogere lichtintensiteiten in de zomer hebben planten met allerlei groeisnelheid-kwaliteiten en alle soorten van gewassen namelijk meer groeimogelijkheden dan in de donkere wintermaanden. In de zomer produceren ze allemaal weer voedsel. Ze zullen dus allemaal door de grotere overschotten een snellere groei vertonen. Een plant met een slechte vorm zal echter ook midden in de zomer langzamer groeien dan een plant met een goede relatieve lichtontvangst. Een anjer zal dus nooit zo snel worden als een tomaat, ook niet in de zomer.

Teeltconditie en vorm

Behalve de relatieve bladoppervlakken en plantgewichten van verschillende gewassen en de verschillen tussen de plantensoorten, beïnvloeden ook de

Tabel 1. Relatief bladoppervlak en groeisnelheid van drie gewassen

Plantensoort	Relatief bladoppervlak (cm ² per mg plant)	Relatieve groeisnelheid (g/g. dag)
Komkommer	0,338	0,316
Codiaeum	0,111	0,0246
Saintpaulia	0,150	0,0932

Planten met een klein bladoppervlak in verhouding tot het gewicht van de hele plant groeien langzaam door de ongunstige verhouding tussen het voedselverbruik voor onderhoud van het plantenlichaam en dat voor de groei. Gedurende de groei van deze drie gewassen was er gemiddeld 4,7 MJ per m² daglicht. Bij deze lichtsterkte veroorzaakt een halvering van de relatieve bladfactor van 0,300 naar 0,150 een vermindering van de groeisnelheid tot ongeveer 1/10, namelijk van 0,3 naar 0,03

S. A. Tooze



Tabel 2: Effect van de onderhoudsademhaling bij verschillende plantmassa's een lichtsterkte van de herfst (400 J/cm² dag globale straling)

Plantmassa g drooggewicht per m ²	Groei-afname per % licht bij 400 J/m ² dag
50	1,2
100	1,4
150	1,7
200	2,3
250	3,2

Hoe zwaarder het gewas, des te geringer worden de groeimogelijkheden, want er is veel voedsel nodig om het gewas in leven te houden. Bij zware gewassen wordt de groei tot 3% minder per procent lichtverlies

teeltomstandigheden de vorm. Daardoor wordt het groeivermogen van planten beïnvloed. Het is bijvoorbeeld best mogelijk gewassen te telen die verhoudingsgewijs zeer groot, dun blad hebben en tevens dunne stengels en bladstelen. Dat type plant is dan, zoals we hebben aangegeven, bijzonder geschikt voor een zeer snelle groei. Dit type ontstaat bij een zeer royale watervoorziening, met een lage EC, een rijke N-bemesting, bij een hoge luchtvochtigheid en bij een hoge temperatuur van de lucht, maar met een matige worteltemperatuur.

Iedere tuinder weet dat bij dergelijke condities zulke gewassen ontstaan. Het is echter ook bekend hoe kwetsbaar deze gewassen normaal gesproken zijn. We zullen dus wel degelijk de gewenste kwaliteitsgrenzen van de andere eigenschappen van de plant in de gaten moeten houden. Er zal dus naar een haalbare verhouding tussen de verschillende gewenste eigenschappen voor een betrouwbare teelt en het relatieve bladoppervlak moeten worden gezocht. Al te tere planten die bijvoorbeeld niet tegen weersomstandigheden zijn bestand of een gewas dat te fijne tomaten (kleine vruchten) produceert, zijn natuurlijk niet te gebruiken. Toch lijken de condities bij de meeste teelten wel verschoven te kunnen worden in de aangegeven richting. Het produktieniveau lijkt nog nergens maximaal en dat is toch de economische grootte waar het omgaat.

Bladmassa

Eén algemene waarschuwing is bij de voorgestelde teeltverandering echter wel nodig. U moet

zich niet verliezen op de dichtheid van het gewas. Volgroeide gewassen mogen niet méér blad per m² hebben. Er moet alleen minder levend plantgewicht zijn gegroeid per hoeveelheid bladoppervlak. Relatief meer blad betekent voor een gewas altijd een gewas met dunnere bladnerven. Het is dan ook nodig dat we op minder bladeren uitkomen. Dit kan worden bereikt door ruimer te planten of door minder bladeren per plant aan te houden. Het aantal vierkante meters blad per m² kasoppervlak mag niet toenemen. Voor Nederlandse omstandigheden kan men in het voorjaar ongeveer 2 en in de zomer 4 m² blad per m² aanhouden.

We willen dus de toelaatbare bladhoeveelheden per m² kasoppervlak aan zo min mogelijk gewas koppelen, want al het „levende” materiaal vraagt voeding voor onderhoud. Het blad plukken tussen de trossen in de kop, zoals dat wel bij tomaten gebeurt, is dus eigenlijk de verkeerde kant opwerken. Het is blad wegnemen en juist daardoor teveel stengelweefsel laten ontstaan. Men verkleint dan het blad ten opzichte van het levend gewicht van de plant.

Samenvatting

Het door licht in de bladeren gevormde voedsel moet zo optimaal mogelijk worden gebruikt voor het in leven houden van de planten. Het overschot voor de groei en de produktie is dan het grootst. Deze situatie ontstaat bij planten met relatief grote bladeren. Bij volgroeide gewassen moet een bladmassa worden nagestreefd, die een optimale lichtvangst geeft, met een minimaal versgewicht van het gewas. Hierbij moeten de kwaliteit van het blad en het gewas niet in het gedrang komen.

Dit betekent dat het blad altijd volledig moet kunnen uitgroeien en dat onnodig zware stengels en te grote wortelstelsels moeten worden voorkomen. Gewassen die op deze manier worden geteeld, zullen een hogere produktie geven.

DR. IR. P. J. A. L. DE LINT
Proefstation Naaldwijk



**TEELTKUNDIGE
ONDERWERPEN**

INVLOED VAN LICHT OP PRODUKTIE VAN TOMAAT

In voorgaande artikelen is gesteld dat in grote lijnen (maar niet altijd) kan worden uitgegaan van de regel „1% lichtverlies is 1% produktieverlies”. Afwijkingen van deze regel kunnen ontstaan door neveninvloeden zoals temperatuur en luchtvochtigheid. Ook verschillen in de opkweek en verschillen in plantdata kunnen de reactie van de planten op licht beïnvloeden. Met enkele theoretische voorbeelden werd getoond hoe de produktie bij tomaten dan zou kunnen verlopen. In dit artikel zal aan de hand van proefresultaten worden aangegeven hoe de produktieverschillen onder invloed van lichtonderschepping zijn ontstaan en hoe ze in het teeltseizoen doorwerken.

Veel energiebesparende maatregelen die lichtvermindering tot gevolg hebben, beïnvloeden ook de andere groeifactoren zoals temperatuur en luchtvochtigheid. Dit kan vooral bij de start van de teelt positief werken. Het effect van het lichtverlies wordt dan min of meer gecompenseerd. Ook het aanpassen door de plant, bijvoorbeeld door het vormen van grotere bladeren onder lichtarme omstandigheden in de opgroefase, kan compenserend werken op de vroege produktie.

Compensatie lichtverlies

Bij de vergelijking van enkel glas en dubbel glas is in proeven steeds uitgegaan van hetzelfde plantmateriaal. Ondanks het feit dat er bij dubbel glas 15%

minder licht in de kas komt dan bij enkel glas, is er bij de meeste van de in totaal zeventien proeven met tomaten nauwelijks verschil in de vroege produktie geconstateerd. In enkele gevallen was de vroege produktie onder dubbel glas zelfs hoger dan onder enkel glas. Het verlagende effect van lichtvermindering op de produktie is in deze gevallen gecompenseerd door groeibevorderende factoren. Een luchtvochtigheidsverhoging van 10 à 15% onder dubbel glas werkt bij de start van de teelt vaak zichtbaar positief op de groei. Ook zal door een verminderde uitstraling onder dubbel glas de planttemperatuur hoger zijn. Soms is bovendien onder dubbel glas een wat hogere ruimtetemperatuur gemeten dan onder enkel glas.

Een iets hogere temperatuur werkt uiteraard gunstig op de groei en de produktie. Ook bij het schermonderzoek hebben dit jaar duidelijk temperatuurverschillen meegespeeld die flinke produktieverschillen hebben gegeven.

Zodra het gewas echter groter wordt en zodra meer wordt geventileerd, vallen de genoemde voordelen van het klimaat weg. Daardoor ontstaat er vanaf dat moment onder dubbel glas als gevolg van lichtvermindering een achterstand in de produktie die steeds groter wordt. **Grafiek 1** geeft hiervan een goed voorbeeld.

Het produktieverschil tussen dubbel en enkel glas loopt hier op van 0% op 11 april naar 11% op 13 juli. Deze 11% lagere produktie is voor 44% door een lager aantal vruchten veroorzaakt en voor 56% door een lager vruchtgewicht.

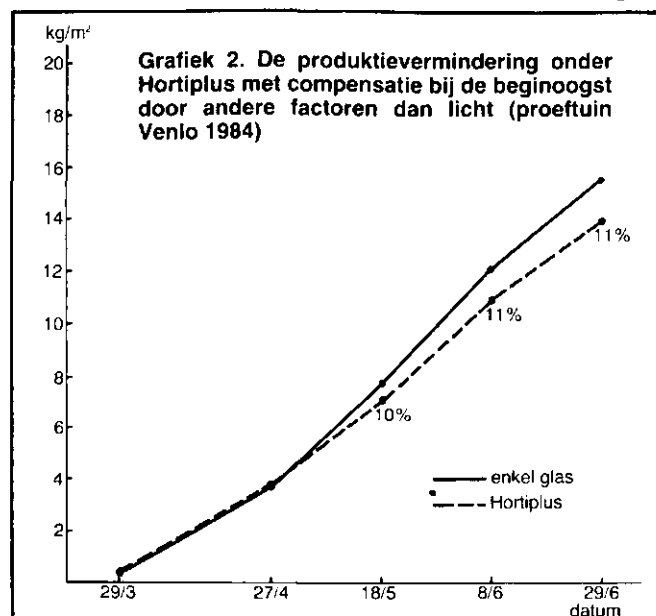
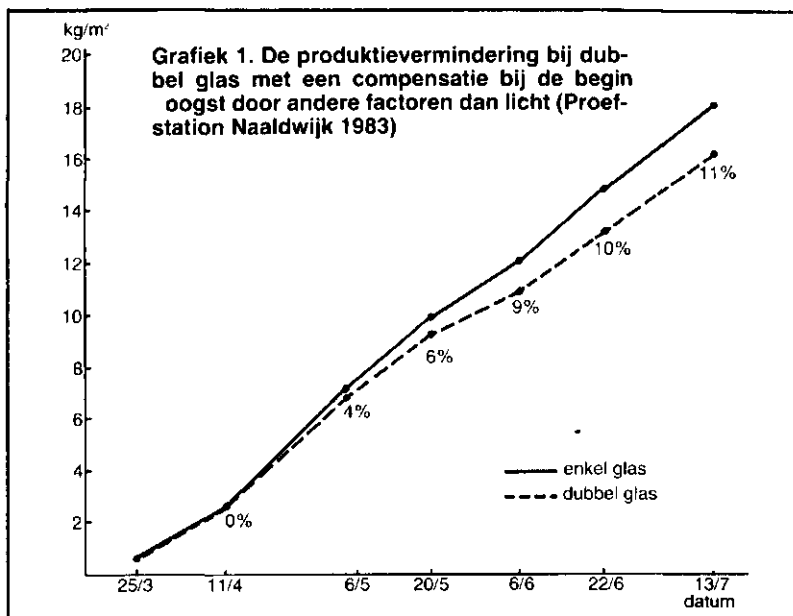
Eenzelfde produktieverloop zien we ook bij Hortiplusglas in vergelijking met enkel glas. Bij Hortiplus, dat 12% lichtverlies geeft, spelen een hogere temperatuur en luchtvochtigheid eveneens een rol. Daardoor wordt ook met name in het begin lichtverlies gecompenseerd, later niet meer. Er ontstaat dan eenzelfde produktieverloop als bij dubbel glas ten opzichte van

enkel glas, zoals blijkt uit **grafiek 2**. De 11% lagere produktie aan het einde van de teelt komt voor 41% door een kleiner aantal vruchten en voor 59% door een lager vruchtgewicht.

Een derde voorbeeld van compensatie van het effect van lichtverlies is het gebruik van een energiescherm. In **grafiek 3** is het produktieverloop in een wel en niet geschermd kas weergegeven. Het betreft hier een beweegbaar scherm met gegaluminiseerd Tyvek-doek dat van goot naar goot wordt bewogen. Het lichtverlies bij dit scherpakket wordt op 10 à 12% geschat. Ook in dit geval zien we door het lichtverlies het produktieverlies van 0 tot 10% oplopen. Op 27 juli is het verschil van 1,79 kg per m² voor 68% veroorzaakt door het aantal vruchten en voor 32% door het vruchtgewicht.

Lichtverlies zonder compenserende factoren

Op het proefstation in Naaldwijk werd in 1983 in de stookteelt een lichtonderscheppingsproef gehouden. In een grote kas werden vakken uitgezet waarbij over de draden agryldoek werd gelegd. Met een enkele laag agryl werd 19% licht onderschept en met een dubbele laag 32%. De klimaatomstandighe-



den waren voor alle vakken nagenoeg gelijk. Er was dan ook géén verschil in het tijdstip waarop de eerste zes trossen in bloei kwamen. Ook de uitgroei-duur van de vruchten was bij geschermd en ongeschermd gelijk. De productie werd door de lichtvermindering van meet af aan sterk nadelig beïnvloed (grafiek 4). Bij 19% lichtverlies was de eindproductie 21% lager. Dit werd voor 28% veroorzaakt door het aantal vruchten en voor 72% door het vruchtgewicht. Bij 32% lichtverlies werd 34% productie verspeeld. Hiervan kan 47% worden verklaard door het aantal vruchten en 53% door het vruchtgewicht. Bij 32% lichtvermindering werden in het begin meer kleine, slecht gezette vruchten (knopen) verkregen, die niet werden meegeteld. Daardoor ontstond bij deze behandeling direct al een grote achterstand in productie. Bij 19% lichtonderschepping was de zetting geen probleem, waardoor hier de achterstand in de productie eerst vrij klein was en geleidelijk toenam.

Ook in de zomer

We zagen in het voorgaande dat bij een vroege teelt onder verminderde lichtomstandigheden het productieverlies zich na mei duidelijk gaat aftekenen. Bij een

teelt die in de zomer begint, zullen de compenserende factoren luchtvochtigheid en temperatuur nauwelijks een rol spelen omdat er volop wordt geventileerd. Van het begin af aan zal dan een achterstand in productie ontstaan door het verschil in licht. **Grafiek 5** geeft hiervan een voorbeeld. Al bij de eerste oogst was er een verschil bij deze teelt in de zomer en herfst. Het productieverlies per 5 november onder dubbel glas was 13%. Dit werd voor 31% door het aantal vruchten veroorzaakt en voor 69% door het lagere vruchtgewicht.

Een ander voorbeeld van het belang van licht óók in de zomermaanden toonde een schermproef aan. In vier kasafdelingen werden begin juni tomaten geplant. In twee afdelingen werd tijdens zeer zonnig weer het energiescherm (Floratex en Agryl) gesloten tot 1 september en twee afdelingen waren ongeschermd. In **grafiek 6** is het productieverloop weergegeven. Van het begin af aan was er in de geschermd afdelingen een achterstand van 16% in productie. Op 24 september was de achterstand wat kleiner geworden, waarschijnlijk doordat de laatste vruchten vanaf 1 september konden uitgroeien zonder lichtonderschepping. Het productieverschil op het eind kwam in de-



Styromulkorrels op de grond geeft bij tomaten een snellere bloei van de onderste trossen

kas werd helaas niet geschermd, waardoor het vergelijken van de vroege productie wel moeilijk wordt.

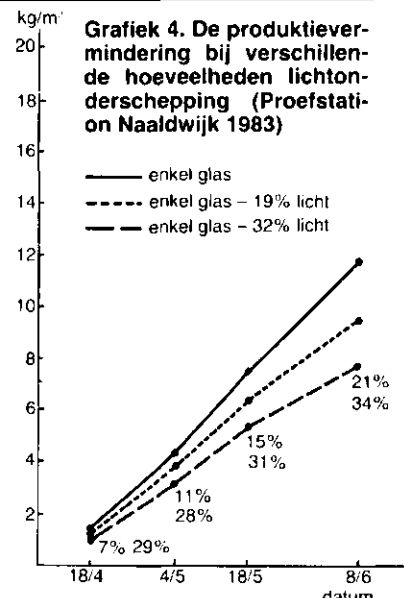
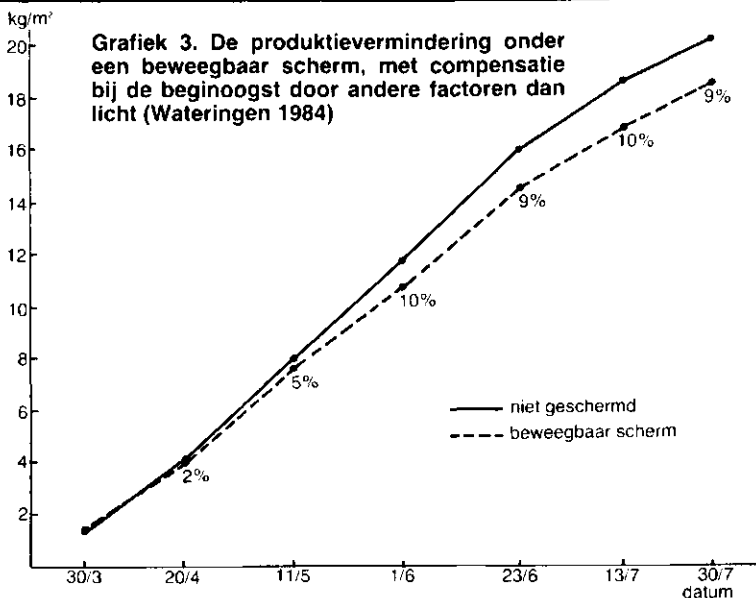
Het teruglopen van het productieverschil later in de teelt kan voor een deel worden verklaard. Zo was in de nieuwe kas de plantafstand tussen de rijen ruimer (3,2 m kap ten opzichte van 3,05 m kap). Deze ruimere plantafstand kan bij een doortelt wat productie kosten, omdat in de zomermaanden door meer licht een wat hogere plantdichtheid gunstig is voor nieuwe groei en productie. Tevens was er wat meer uitval in de nieuwe kas.

Een andere vorm van lichtbenutting is het gebruik van reflectiemateriaal op de kasgrond direct na het uitplanten. In **grafiek 8** is het productieverloop weergegeven van een proef met als plantdatum 4 januari, waarbij styromulkorrels werden gebruikt. De jonge planten kwamen niet eerder in bloei, maar de bloei van de eerste drie trossen verliep wel sneller. De voorsprong in productie werd door het aantal vruchten en door het gewicht van de vruchten veroor-

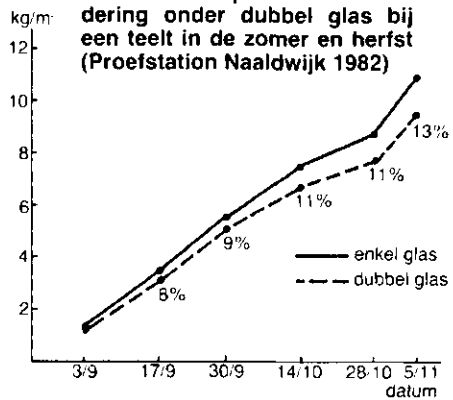
ze proef geheel voor rekening van het vruchtgewicht.

Productie bij betere lichtbenutting

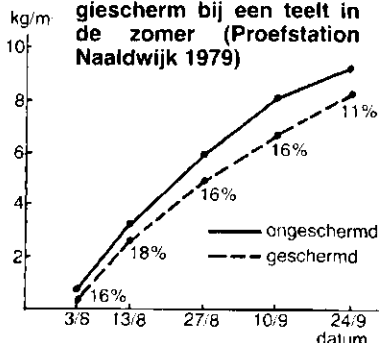
De laatste jaren hebben kassenbouwers kassen geconstrueerd die meer licht doorlaten dan de kassen van enkele jaren geleden. Hier is dus sprake van een betere benutting van het beschikbare buitenlicht. In zulke moderne kassen kan dan ook een hogere productie worden gehaald. In **grafiek 7** wordt het productieverloop weergegeven van vleestomaten op steenwol in een oude en nieuwe kas op hetzelfde bedrijf. In de oude kas werd vijf weken lang een vast plastic foliescherm gebruikt. In de nieuwe



Grafiek 5. De produktievermindering onder dubbel glas bij een teelt in de zomer en herfst (Proefstation Naaldwijk 1982)

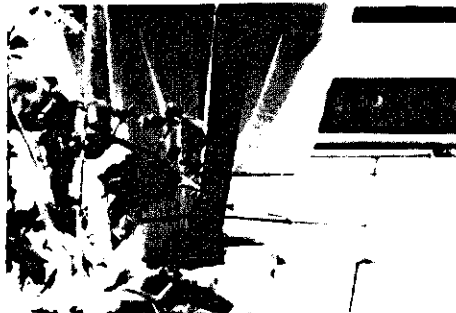


Grafiek 6. De produktievermindering onder een periodiek gesloten energiescherm bij een teelt in de zomer (Proefstation Naaldwijk 1979)

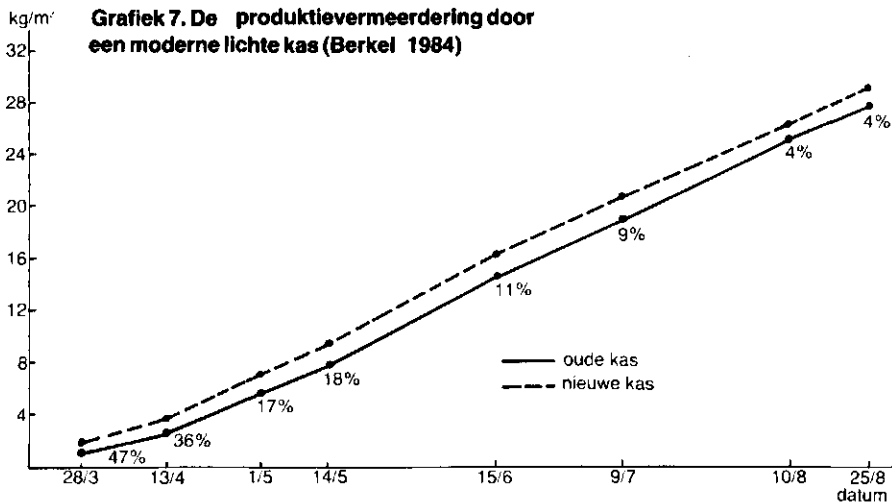


Zaadzetting bij tomaat onder verschillende lichtomstandigheden (eerste en tweede tros)

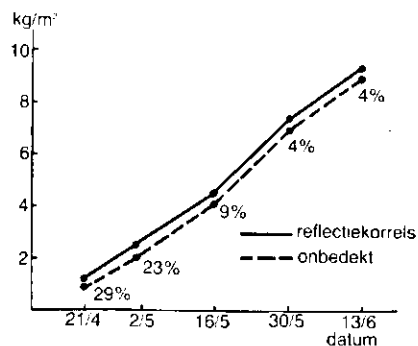
	Gram per vrucht	Zaden per vrucht
Enkel glas	60	86
Enkel glas - 19% licht	50	84
Enkel glas - 32% licht	48	83



Grafiek 7. De produktievermeerdering door een moderne lichte kas (Berkel 1984)



Grafiek 8. De produktievermeerdering als gevolg van lichtreflectie (Proefstation Naaldwijk 1979)



zaakt. Naarmate het gewas groter wordt, vervalt de lichtwinst en loopt de produktie niet verder uit. De produktievoorsprong blijft gehandhaafd, waardoor het procentuele verschil afneemt.

Waarom zit het produktieverschil?

Bij de in dit artikel behandelde proeven werd aangegeven voor welk percentage het aantal vruchten en het gewicht van de vruchten verantwoordelijk waren voor de lage produktie. Ge-

middeld kan worden gesteld dat het produktieverlies als gevolg van lichtverlies voor 30 à 40% wordt veroorzaakt door minder vruchten en voor 60 à 70% door een lager vruchtgewicht. Hierbij moet echter rekening worden gehouden met het feit dat in bijna alle proeven de kleine vruchten (knopen of iets groter) niet werden meegeoogst. Deze vruchten bevonden zich in feite op de grens van zetting. Als deze vruchten wel zouden zijn meegeteld, zou het verschil in het aantal vruchten waarschijnlijk rond 0% liggen. Het gemiddeld

vruchtgewicht zou dan een stuk dalen en geheel verantwoordelijk zijn voor het produktieverlies. Bij de proef met 32% lichtonderschepping door agryldoek werd de grenswaarde (de drempel) van de lichtevoelheid die nodig is voor de vruchtzetting zichtbaar maar niet gehaald. Hier waren de vruchtjes aanvankelijk op het oog nog wel gezet, maar later bleek dat een aantal vruchten bijna niet meer uitgroeide en daarom ook niet werd geoogst. Bij de goed uitgroeide vruchten van deze proef

werden ook het aantal zaden per vrucht bepaald (zie de tabel). Uit deze tabel blijkt dat onafhankelijk van de lichtvermindering het aantal zaden per vrucht gelijk blijft. Maar doordat de vruchten bij minder licht een lager gewicht hebben, is er per zaadje toch minder vruchtgewicht. Bij weinig licht is de kans op een slechte zetting groter, zoals ook bekend is in de winterperiode. Als de vruchten eenmaal zijn gezet, groeien ze onder lichtarme omstandigheden wel uit, maar ze blijven wat achter in gewicht.

INVLOED VAN LICHT OP PRODUKTIE VAN KOMKOMMER

Samenvatting en conclusies

Zowel in de winter als in de zomer heeft lichtvermindering een negatief effect op de produktie. Bij lichtvermindering die wordt veroorzaakt door energiebesparende maatregelen, wordt vaak een hogere luchtvochtigheid en een wat hogere ruimte- en planttemperatuur gerealiseerd. Hierdoor zal de produktie in de beginperiode gunstig worden beïnvloed. Het nadelig effect van lichtvermindering wordt daardoor gedeeltelijk gecompenseerd, zodat in de vroege produktie weinig verschil wordt gevonden.

Ook kan het aanpassen van de plant zelf aan de omstandigheden in de beginperiode zorgen voor een gedeeltelijke compensatie van een produktieverlaging door lichtvermindering. Uit het feit dat onder dubbel glas of onder een scherm de vroege produkties nog niet tegenvallen (dankzij een verbeterd klimaat en dergelijke), moet worden vastgesteld dat het klimaat onder enkel glas nog niet optimaal kan worden beheerst. Met andere woorden: door meer inzicht in de effecten van temperatuur en luchtvochtigheid moet een verdere produktieverhoging onder enkel glas mogelijk zijn. Lichtvermindering met als neveneffect een hogere luchtvochtigheid, kan de opname van voedingselementen ongunstig beïnvloeden. Hierdoor kan de kwaliteit van de vruchten minder worden

Mogelijkheden om meer licht in de kas te krijgen (nieuwe kassen, klein schermpakket, reflectiemateriaal) moeten worden uitgebuit om de produktie te verhogen.

De stelregel „1% licht = 1% produktie” wordt door de meeste proeven bij tomaat min of meer bevestigd, als tenminste rekening wordt gehouden met de beschreven compensatie-effecten bij de vroege oogst.

Vanuit verschillende gezichtspunten is in deze serie het effect ofwel het belang van licht onder de aandacht gebracht. Zo is onder andere geschreven over de vuistregel 1% licht is 1% produktie, over het belang van licht in de zomer, over licht, plant en gewas en in de laatste aflevering over de relatie tussen licht en de opbrengst van tomaat.

In dit artikel wordt geprobeerd het belang van licht voor de produktie van komkommers duidelijk te maken en wordt met wat voorbeelden het belang van licht geïllustreerd. Daarbij zal blijken dat er factoren zijn die lichtverlies kunnen compenseren. Meer licht betekent niet automatisch dat er ook meer door het gewas wordt geproduceerd. Hieruit blijkt dat het groeiproces van veel factoren afhankelijk is en dat verandering van één van deze factoren vaak betekent dat ook andere factoren veranderen.

Drie à vier jaar geleden zijn er op een aantal plaatsen proefprojecten gebouwd om de invloed na te gaan van enkel en dubbel glas op de groei en produktie van gewassen en op de kwaliteit van het geogste produkt. Inmiddels heeft er al heel wat onderzoek in de betreffende kassen plaatsgevonden; onder andere met komkommers. Het betrof zowel voorjaars- als herfstteelten en in **figuur 1** zijn de gemiddelde resultaten van die proeven weergegeven. Uit deze figuur blijkt dat de vroege produktie onder dubbel glas iets hoger is dan onder enkel glas. Het verschil is erg klein, maar het toont aan dat de produktie onder dubbel glas zeker niet lager was.

Dit is erg vreemd als wordt geredeneerd uit het oogpunt van licht. Bij verder gelijke condities is de lichtonderschepping van een kas met dubbel glas minstens 10% groter dan van een kas met enkel glas. Dit extra lichtverlies zou zeker in het vroege voorjaar tot produktieverlies moeten leiden, maar dat blijkt niet het geval te zijn.

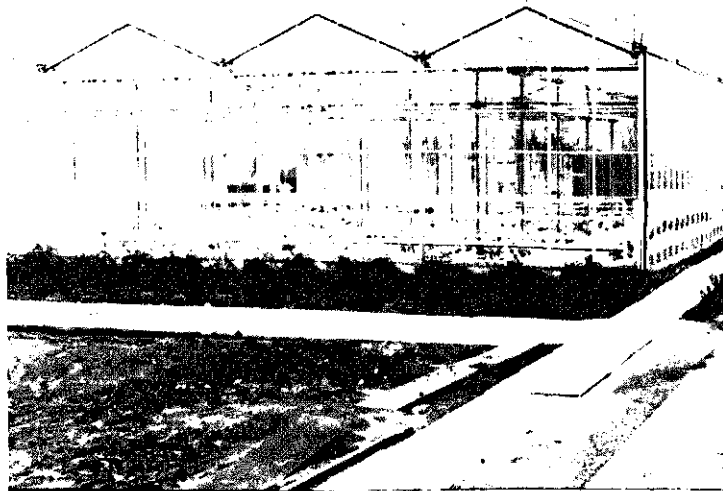
Geconcludeerd moet worden dat er kennelijk compenserende factoren zijn. Door het dubbel glas wordt de factor licht weliswaar ongunstig beïnvloed, maar één of meer andere groeifactoren worden kennelijk juist gunstig beïnvloed. Dit zijn met name de luchtvochtigheid, de verticale

temperatuuroopbouw, enzovoort. De gunstige klimaatcondities die kennelijk onder dubbel glas onder winterse omstandigheden heersen, zullen ook onder enkel glas moeten worden gecreëerd. De grotere hoeveelheid licht onder enkel glas wordt dan ook omgezet in een grotere produktie. In nader onderzoek zal naar mogelijkheden hiervoor moeten worden gezocht.

Voorjaars- en zomerproduktie

Onder winterse condities blijkt het geringere lichtverlies dus niet zonder meer te worden omgezet in een grotere produktie. Bij komkommers blijkt dat het geval te zijn tot ongeveer half maart. Vanaf dat moment wordt onder enkel glas wel meer geogst en uit **figuur 1** blijkt dan ook dat de gemiddelde eindproduktie onder enkel glas 7,5% hoger ligt dan onder dubbel glas. Daar komt nog bij dat er bij vijf van de acht vergelijkingen waar het gemiddelde betrekking op heeft, in de enkel glas afdelingen een scherm aanwezig was. Deze schermen zijn inmiddels vier jaar oud en in die tijd konden schermpakketten nog niet zo klein worden aangelegd als nu het geval is. Het verschil in licht tussen de afdelingen met enkel glas en dubbel glas dat zonder scherm 10 à 12% bedraagt, is daardoor belangrijk kleiner geworden. Het is niet onwaarschijnlijk dat het gemiddelde lichtverschil dicht bij 7,5% zit en dat zou betekenen dat de „1% licht is 1% produktie”-regel ook hier opgaat. Het bij dit onderzoek gevonden verschil in produktie van 7,5% wordt ondersteund door het LEI-onderzoek in de praktijk, waarbij enkel en dubbel glas werden vergeleken. In een publikatie in dit vakblad (Ploeger, 15 juni) worden de resultaten van dat onderzoek vermeld. Als de resultaten van de twee jaar onderzoek, die worden beschreven, worden gemiddeld,

Het complex met twee afdelingen met dubbel glas en twee afdelingen met enkel glas met scherm, zoals dat in 1981 in Sappemeer is gebouwd



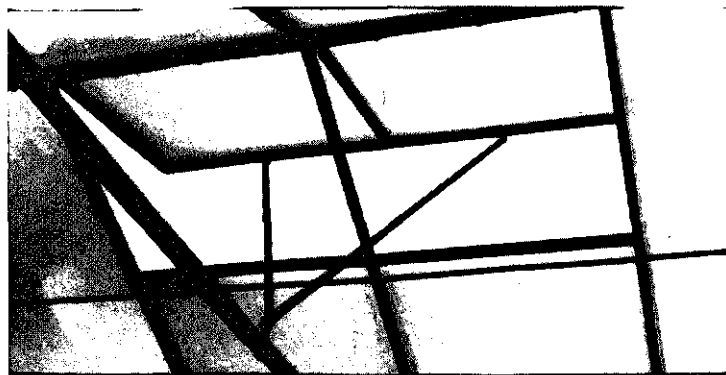
blijkt het verschil ongeveer f 3,15 per m^2 ten nadele van dubbel glas te zijn. Dit komt ten aanzien van het opbrengstniveau van dat moment ook neer op ongeveer 7,5%. Dit praktijkonderzoek ondersteunt dus volledig de bij het onderzoek gevonden verschillen.

Productie in de herfst

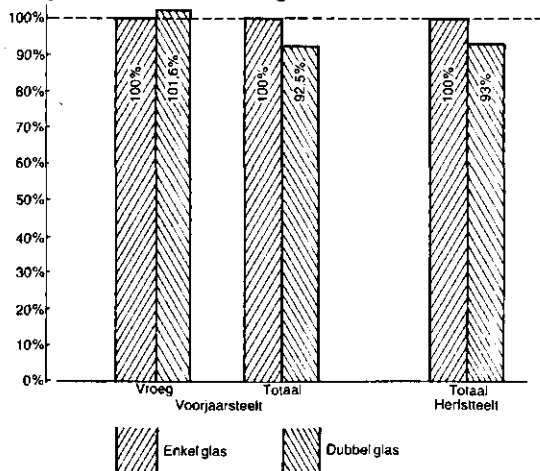
In figuur 1 is ook de gemiddelde productie weergegeven van zes proeven die in de herst zijn genomen met de vergelijking enkel glas-dubbel glas. Ook hier be-

treft het een gemiddelde van wel en niet geschermd kassen met enkel glas waardoor het gemiddelde verschil in licht tussen enkel en dubbel glas kleiner is dan 10%. We zien hier een productiefverschil van 7% in het voordeel van enkel glas.

Bij deze teelt is het verschil ook vanaf het begin van de teelt aanwezig, zodat geen verschil is gemaakt tussen de vroege- en de totale productie. Het is ook min of meer te verwachten dat er geen verschillen in vroegheid zijn. Verschillen in luchtvoch-



Figuur 1. Relatieve productie onder enkel glas en dubbel glas bij een voorjaarsteelt (gemiddelde van acht proeven) en een herfstteelt (gemiddelde van zes proeven). De „vroege” productie bij de voorjaarsteelt heeft een niveau van 1 à 4 kg per m^2 . Enkel glas heeft betrekking op het gemiddelde van een aantal proeven met en een aantal proeven zonder beweegbaar scherm



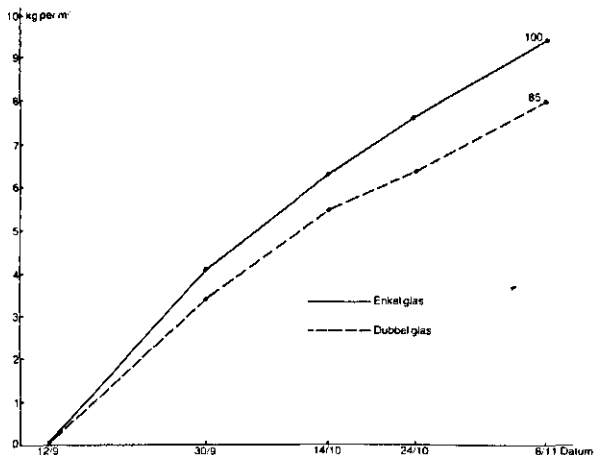
tigheid zullen door het vele ventileren bij de aanvang van de hoofdteelt nauwelijks aanwezig zijn. Er is dus geen klimaatvoordeel voor wat betreft de teelt onder dubbel glas. Dan zou kunnen worden verondersteld dat dan de grotere hoeveelheid licht onder enkel glas tot een snellere groei en vroegere productie zou leiden. Dat was echter niet zo. Bij het begin van de teelt gaat het immers om een zeer klein gewas in de kas en alle bladeren, óók onder dubbel glas, zullen dan in de zomerse periode in voldoende mate licht ontvangen, om maximaal te kunnen assimileren. In eerdere artikelen in deze serie werd gesteld dat meer licht juist bij een groter aantal bladlagen (volgroeide gewassen) tot vergroting van de productie aanleiding kan geven. De onderste bladlagen kunnen dan im-

Vuil glas (hier was echt niet geschermd) betekent veel lichtverlies; het gevoelige fotografische papier registreert dat veel beter dan ons oog. Voor de planten betekent het minder produktiemogelijkheden; voor u een lagere veilingomzet, ook al is het zomer

mers ook blijven bijdragen aan de assimilatie. Gezien het bovenstaande is het dan ook logisch dat enerzijds geen voordeel wordt behaald onder dubbel glas, maar anderzijds ook geen voordeel onder enkel glas, waar het de eerste oogst betreft. De productie komt dus gelijk op

Het werken met een vast scherm van plastic (AC) folie, zoals hier met de dakhelling mee geïnstalleerd, geeft de voordelen van dubbel glas gedurende de eerste groeifase en het voordeel van enkel glas gedurende de rest van het seizoen

Figuur 2. Productie van komkommer onder enkel glas en dubbel glas op het proefstation in Naaldwijk bij een hersteelt in 1983



gang, maar is wel vanaf het begin onder enkel glas hoger dan onder dubbel glas. We zien dat onder andere in **figuur 2**, waarin het productieverloop onder enkel en dubbel glas bij een proef op het proefstation in Naaldwijk is weergegeven. Het productieverloop neemt in absolute zin over de gehele oogstperiode toe (procentueel verschil ongeveer 15%). Bij deze proef was bij enkel glas géén scherm nodig en konden de planten dus volledig van het extra licht onder enkel glas profiteren.



Op de proeftuin in Breda is eind 1980 in enkele kassen een beweegbaar scherm geïnstalleerd. De techniek om schermen aan te leggen met een smal pakket (geopende situatie), was toen nog veel minder ver dan nu. Het resultaat was dan ook een scherm dat in geopende toestand veel licht weg nam, waardoor de verschillen in het toetreden van licht tussen de kassen met enkel glas met scherm en de kassen met dubbel glas, klein zijn geworden of zelfs niet bestonden. In een dergelijke situatie blijkt dat ook de produktieverschillen kunnen worden verwaarloosd. In **figuur 3** is het verloop van de produktie, gemiddeld over de jaren 1982 en 1983, van deze twee behandelingen weergegeven. We zien dat de produktie onder dubbel glas zelfs iets hoger is dan onder enkel glas met scherm.

We willen hiermee nog eens benadrukken, dat het van het grootste belang is dat bij het installeren van een scherm alles wordt gedaan om lichtonderschepping zoveel mogelijk te voorkomen. Er zijn mogelijkheden om het lichtverlies te beperken tot enkele procenten; het mag zeker wat extra kosten om dat te realiseren.

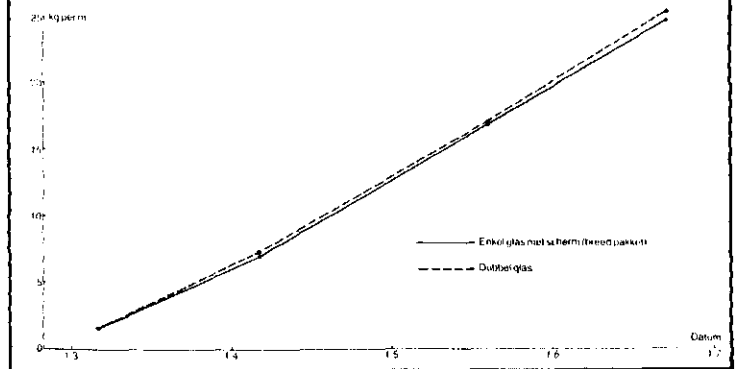
Korte tijd een vast scherm

We hebben bij het onderzoek naar het effect van enkel en dubbel glas gezien, dat de vroege produktie gelijk of zelfs iets hoger is als het kasdek is voorzien van dubbel glas. Het lichtverlies als gevolg van het dubbel glas wordt dus gecompenseerd door-

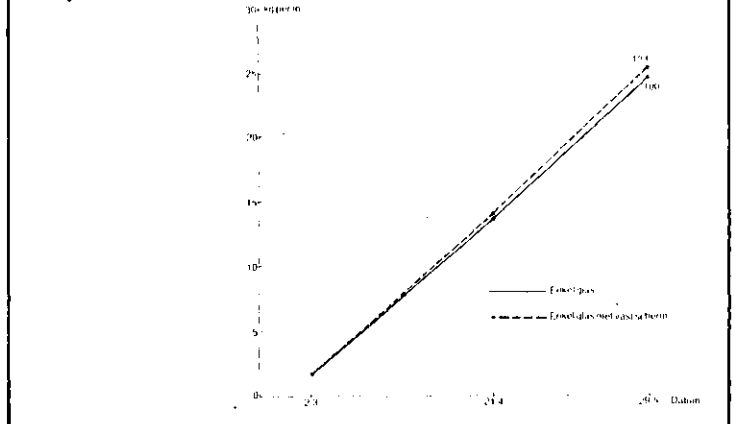
dat andere factoren gunstiger zijn. Dit effect kan ook worden bereikt door het aanbrengen van een foliescherm dat continu gesloten blijft. We spreken dan van een vast scherm. Als gebruik wordt gemaakt van zogenaamd anti-condens folie is het lichtverlies ongeveer gelijk aan dat van dubbel glas, de luchtvochtigheid zal hoger worden en de verticale temperatuurverschillen zullen kleiner zijn. De weggroei van de planten is onder die condities, zeker bij vriezend weer, vaak beter dan onder enkel glas. Ook hier is dus compensatie van lichtverlies waardoor de vroege produktie gelijk is. Het voordeel van een vast scherm ten opzichte van een kas met dubbel glas is, dat na verloop van tijd het plastic wordt weggehaald waardoor later in het seizoen de nadelen van lichtverlies worden omzeild.

In Naaldwijk en Sappemeer zijn proeven genomen met enkel glas in combinatie met een tijdelijk vast scherm. Daarbij is gebleken dat de vroege produktie gelijk is en dat er later ook geen verschillen meer ontstaan. Dit wordt aangetoond in **figuur 4**, waarin het productieverloop van de proef in Sappemeer wordt gegeven. Uiteindelijk is er een voordeel van 3% voor de kas die werd geschermd. Dit is echter een klein verschil dat vooral is ontstaan in het laatste gedeelte van de teelt, zodat het niet aan het schermen in de eerste groeifase mag worden toegeschreven. Dit is dus een methode om zowel een hoeveelheid energie te besparen gedurende de eerste periode van

Figuur 3. Produktie van komkommer onder enkel glas met scherm (breed pakket) en dubbel glas op de proeftuin in Breda bij een voorjaarseest in 1982 en 1983 (gemiddeld)



Figuur 4. Produktie van komkommers onder enkel glas en onder enkel glas met vast scherm op de proeftuin in Sappemeer bij een voorjaarseest in 1981



de teelt als een vlotte start van de planten te bewerkstelligen, zonder dat er later in de teelt nadeel van wordt ondervonden. In plaats van een geheel vast scherm, kan echter beter een kierenscherm worden gebruikt. Een dergelijk scherm kan langer boven het gewas worden gehandhaafd, doordat een eventueel teveel aan vocht kan worden afgevoerd. Ook kan een vochtkier in de eerste weken, bij stil, donker weer en relatief hoge buitentemperaturen, worden getrokken. Voldoende motieven dus om in plaats van een vast scherm een kierenscherm te installeren.

In dit artikel is geprobeerd aan te tonen dat ook bij komkommers een duidelijk verband bestaat tussen licht en produktie.

Het is mogelijk dat de invloed van licht op de produktie van tomaat nog wat groter is, maar het is wel duidelijk dat ook bij komkommers alles moet worden gedaan om zoveel mogelijk licht in de kas en dus bij de planten te krijgen.

Dit geldt niet alleen voor het voorjaar, maar zeker ook voor de zomer- en herfstperiode. De komkommer vormt een vol gewas en dat betekent dat de onderste bladlagen met extra licht een bijdrage aan de produktie kunnen geven terwijl ze zonder dat extra licht zullen vergelen. Bij alle maatregelen en keuzen uit materialen en kasconstructies zal minimale lichtonderschepping steeds een heel belangrijk criterium moeten zijn.

ING. J. A. M. VAN UFFELEN
Proefstation Naaldwijk

INVLOED VAN LICHT OP KWALITEIT TOMAAT- EN KOMKOMMERVERUCHTEN

In vorige artikelen in de serie „Licht in de kas” werd ingegaan op het belang van licht op de productie van onze belangrijkste groentegewassen onder glas. Onder andere bij tomaat en komkommer is aangetoond dat het onderscheppen van licht als gevolg van energiebesparende maatregelen vrijwel steeds tot productieverlies leidt. Globaal genomen gaf 1% lichtverlies een opbrengstverlies van eveneens ongeveer 1%. Het optreden van compenserende klimaatsfactoren, die vaak met lichtverlies samengaan, kunnen dit beeld voornamelijk in de eerste periode van de stookteelt wat vertroebelen.

Behalve dat zij effect op de productie hebben, kunnen energiebesparende maatregelen en het daarmee gepaard gaande lichtverlies ook de kwaliteit beïnvloeden. Licht is slechts één van de vele factoren die invloed hebben op de kwaliteit van het geogste produkt. Een probleem is echter dat de kwaliteit en de houdbaarheid veel moeilijker kunnen worden gemeten dan productie. Bij produktiewaarnemingen wordt gekeken naar het aantal vruchten en het gewicht. Dat zijn zaken die makkelijk meetbaar zijn. Bij tomaat echter wordt de kwaliteit met name beoordeeld op de vorm, de kleur en de stevigheid. Deze eigenschappen moeten met het oog of met de hand worden waargenomen. Bij tomaat wordt de houdbaarheid bepaald aan de hand van de stevigheid van de vruchten. Bij komkommer is vooral de kleur een belangrijk kwaliteitsaspect. Deze kleur is grotendeels bepalend voor de houdbaarheid. Daarnaast vormt de inwendige kwaliteit (smaak) een steeds belangrijker kwaliteitscriterium.



In tegenstelling tot de productie, die op elke oogstdag wordt gemeten, wordt de kwaliteit of houdbaarheid meestal maar een beperkt aantal malen tijdens het teeltseizoen bepaald. Het bepalen van de houdbaarheid is namelijk een erg arbeidsintensieve bezigheid. Doordat veel factoren (oogstdatum, herkomst) invloed hebben op de kwaliteit, is het trekken van conclusies vaak moeilijk. In de afgelopen jaren werd een groot aantal proeven uitgevoerd bij tomaat en komkommer. In die proeven werd nagegaan welk effect energiebesparende maatregelen op de houdbaarheid hebben.

TOMAAAT

Energiebesparing. Bij tomaat zijn proeven genomen met enkel en dubbel glas op proeftuinen, het proefstation Naaldwijk en bij Denar. In tabel 1 staan de resultaten van de bewaarproeven die in het voorjaar en in de herfst van 1981 tot 1983 zijn genomen. Het uitstalleven dat in de bewaarproeven is bepaald, is het aantal dagen vanaf het moment dat de vruchtkleur 100% oranje was totdat de vrucht zacht werd. In de stookteelt be-

draagt de teruggang in het uitstalleven van tomaten die zijn geteeld onder dubbel glas in vergelijking met enkel glas gemiddeld 6%. Vooral in 1981 en 1982 was de houdbaarheid onder dubbel glas minder. In tegenstelling tot de stookteelt bleek in 1982 bij de herfstteelt dat tomaten die worden geteeld onder dubbel glas langer houdbaar zijn dan de tomaten die onder enkel glas worden geteeld. In de andere twee jaren kwamen geen duidelijke verschillen voor. Bij het gebruik van een vast scherm of een vochtierscherm worden de klimaatsfactoren – waaronder licht – tijdelijk gewijzigd. In tabel 2 worden de resultaten van de bewaarproeven weergegeven. Daarbij is enkel

Een tijdelijk vast scherm, al of niet met een vochtkier, heeft in de proeven geen invloed gehad op de houdbaarheid bij tomaten

glas vergeleken met enkel glas in combinatie met een tijdelijk vast scherm. Zowel in de stookteelt als in de heteluchtteelt heeft het vaste scherm, al dan niet met een vochtkier, de houdbaarheid gemiddeld niet negatief beïnvloed. Uit deze proeven met dubbel glas en schermen kan niet de conclusie worden getrokken dat voor de kortere houdbaarheid onder dubbel glas in de stookteelt alléén het lichtverlies verantwoordelijk is geweest. De andere klimaatsfactoren als luchtvochtigheid en temperatuur zullen onder dubbel glas meestal wat hoger zijn. Dat kan de houdbaarheid eveneens beïnvloeden. Een lichtonderschepping, die is gecombineerd met een hogere luchtvochtigheid, geeft minder verdamping. Hierdoor wordt de opname van water en voedingsstoffen verlaagd, wat een negatief effect op de kwaliteit kan hebben. Door het aanhouden van een wat hoger voedingsniveau onder dubbel glas of een scherm kan dit effect teniet worden gedaan. Als energiebesparende maatregelen zijn genomen, hoeft de kwaliteit dus niet minder te zijn.

Op het proefstation in Naaldwijk werd in 1983 een speciale proef opgezet, waarbij alleen de invloed van de factor licht op de houdbaarheid en de productie is nagegaan. In enkele proefvakken werd over de gewasdraden één of twee lagen agryldoek gespannen, waardoor een lichtonderschepping van respectievelijk 19 en 32% ontstond. Omdat de proef in een grote kas werd

Tabel 1. Uitstalleven van tomaten geteeld onder dubbel glas *

	Stookteelt		Herfstteelt	
	Aantal herkomsten	Uitstalleven	Aantal herkomsten	Uitstalleven
1981	2	92	2	98
1982	4	91	3	117
1983	3	96	2	99
Totaal/gemiddeld aantal	9	94	7	106

* Uitgedrukt in procenten van het uitstalleven onder enkel glas (uitstalleven bij enkel glas = 100%)

uitgevoerd, werden bij de controlemetingen nauwelijks verschillen in de temperatuur of de luchtvochtigheid geconstateerd tussen de wel en niet geschermden vakken.

In tegenstelling tot wat we bij de produktie zagen, bleek dat lichtonderschepping geen duidelijke invloed op de houdbaarheid had (tabel 3). Wel moet worden vermeld dat alle zeer kleine en knoerige vruchten niet zijn bewaard. Deze kwamen met name veel voor bij de behandeling met een lichtonderschepping van 32%, vooral in de laatste teeltperiode. Bekend is dat deze vruchten kwalitatief erg slecht zijn en dus een kort uitstalleven hebben. Het bewaren van deze vruchten zou het totale houdbaarheidsniveau waarschijnlijk enigszins hebben vermindert. De lage produktie in de geschermden vakken was voornamelijk het gevolg van een lager vruchtgewicht. Fijnere, ronde vruchten hoeven echter niet korter houdbaar te zijn. Zo is in het onderzoek verschillende malen aangetoond dat de wat fijnere vruchten bij een hoog voedingsniveau een langer uitstalleven hebben.

In deze lichtonderscheppingsproef ging de verminderde produktie van assimilaten als gevolg van het lichtverlies dus vrijwel geheel ten koste van de kg-produktie en niet of nauwelijks van de uitwendige kwaliteit. Net als bij energiebesparingsproeven mogen de kwaliteitscijfers in feite niet los worden gezien van de productiecijfers. In sommige proeven komt het voor dat het uitvoeren van energiebesparende maatregelen en daaraan gekoppeld het licht-

verlies geen produktie kost, maar dat het wel degelijk ten koste van de kwaliteit gaat. Het omgekeerde, een lagere produktie bij een gelijkblijvende kwaliteit, kwam echter ook verschillende keren voor. Van beide gevallen staat een voorbeeld in tabel 4. In veel gevallen lijkt het dus een kwestie te zijn van het verdelen van de assimilaten.

Inwendige kwaliteit

In enkele proeven waarbij licht werd weggenomen, zijn bepalingen aan de inwendige kwaliteit verricht. De resultaten staan vermeld in tabel 5. Het effect van dubbel glas op het zuurgehalte, de refractie (suikers), de EC en het droge stofgehalte blijkt uitermate gering te zijn. In de lichtonderscheppingsproef lijkt bij minder licht het zuurgehalte en de EC in de vruchten wat toe te nemen. Voor de smaak is dat zeker niet negatief. De refractie (suikers) en het droge stofgehalte werden in de laatst genoemde proef nauwelijks beïnvloed.

Plantafstand

Als tomaten ruimer worden geplant, is er meer licht per plant beschikbaar. Dit kan de bloemkwaliteit, de zetting en de stevigheid van de vruchten positief beïnvloeden. In een stookteelt in

Tabel 3. Invloed van 19% en 32% lichtonderschepping op uitstalleven en produktie van tomaten (1983)

Lichtonderschepping (%)	Uitstalleven (dagen)	Totaalproduktie (kg/m ²)
0	11,8	11,7
19	12,5	9,3
32	11,5	7,7

Tabel 2. Invloed van vast scherm of vochtkierenscherm op uitstalleven van tomaten *

	Stookteelt		Herfstteelt	
	Aantal herkomsten	Uitstalleven	Aantal herkomsten	Uitstalleven
1982	1	89	6	107
1983	2	104	1	80
1984	2	102	1	94
Totaal/gemiddeld aantal	5	100	8	104

* Uitgedrukt in procenten van het uitstalleven onder enkel glas (uitstalleven bij enkel glas = 100%)

Tabel 4. Effect van energiebesparende maatregelen op uitstalleven en produktie van tomaten in twee proeven

Herkomst	Object	Produktie (kg/m ²)	Uitstalleven (dagen)
's-Gravenzande (stookteelt 1982)	- vast scherm	6,1	13,1
	+ vast scherm	6,1	11,6
Venlo (stookteelt 1983)	enkel glas	14,7	13,4
	dubbel glas	13,6	13,3

Tabel 5. Effect van dubbel glas (vijf proeven) en lichtonderschepping met agryldoek op inwendige kwaliteit bij tomaat

	Zuur (mmol zuur per 100 g vers gewicht)	EC in vrucht	Refractie (%)	Droge stof (%)
Enkel glas	7,4	0,58	5,0 (2x)	5,2 (2x)
Dubbel glas	7,3	0,59	5,1 (2x)	5,1 (2x)
0% lichtverlies	6,7	0,56	4,7	5,3
19% lichtverlies	6,9	0,60	4,5	5,3
32% lichtverlies	7,1	0,63	4,6	5,3

Tabel 6. Plantafstand en uitstalleven bij tomaat (stookteelt 1984, Proefstation)

Plantafstand	Uitstalleven in dagen	
	50 cm	70 cm
Enkel stengelsysteem	13,7	14,9
Twee stengelsysteem	13,2	16,6
Gemiddeld	13,5	15,8

1984 is op het proefstation een proef met verschillende plantafstand genomen, waarbij bewaarproeven zijn uitgevoerd. Bij een plantafstand van 70 cm werden duidelijk grovere vruchten geoogst. Deze waren gemiddeld 17% langer houdbaar dan tomaten die bij een plantafstand van 50 cm waren gegroeid (tabel 6). In de kg-produktie werden geen duidelijke verschillen waargenomen. De betere lichttoetreding tot de vruchten bij de ruimste plantafstand heeft dus tot een langer uitstalleven geleid bij ongeveer dezelfde kg-produktie.

KOMKOMMER

Energiebesparing. Een van de belangrijkste kwaliteitsaspecten bij komkommer is de kleur van de vruchten. In de meeste gevallen bestaat er een goed verband tussen de kleur op het moment dat wordt geoogst en de kleur na het bewaren, ofwel de houdbaarheid. Een donkergroene vrucht bij de oogst zal vrijwel

altijd langer houdbaar zijn dan een licht gekleurde vrucht. De groene vruchtkleur ontstaat door het bladgroen- ofwel de chlorofylkorrels. Als er meer licht bij de vruchten komt, betekent dat meer chlorofyl en daardoor een donkerder kleur. Daardoor kan de lichtonderschepping door dubbel glas of een scherm de houdbaarheid beïnvloeden.

Van dertien herkomsten in de stookteelt en zeven herkomsten in de herfstteelt werd in de jaren 1981 tot 1983 nagegaan wat het effect is van dubbel glas op de kleur van de vrucht bij het inzetten en na bewaring (tabel 7). Hoewel tussen de jaren wat verschillen bestaan, is de kleur van de komkommers die werden geteeld onder dubbel glas na de bewaring zowel in de stook- als herfstteelt gemiddeld 5% minder in vergelijking met enkel glas.

In tabel 8 is te zien dat het uitgroeien van de vruchten onder een vast scherm in deze proef tot een mindere kleur na de bewaring én een lager droge stofgehalte heeft geleid. Het lijkt niet onlogisch dat het lichtverlies door dubbel glas of een vast scherm een belangrijke oorzaak is van de wat kortere houdbaarheid van de komkommer. De lagere produktie aan assimilaten, die ontstaat door lichtverlies door het vaste scherm, gaf bij een ongeveer gelijkblijvende produktie een lager droge stof-

Tabel 7. De vruchtkleur bij inzet en na veertien dagen bewaren van komkommers geteeld onder dubbel glas*

Stoekteelt	Aantal herkomsten	Kleur bij inzet	Kleur na veertien dagen bewaren
1981	1	96	94
1982	9	97	92
1983	3	102	105
Totaal aantal/ gemiddeld	13	98	95
Herfstteelt			
1981	1	90	81
1982	4	96	96
1983	2	100	101
Totaal aantal/ gemiddeld	7	97	95

* Uitgedrukt in procenten van de vruchtkleur onder enkel glas (vruchtkleur bij enkel glas = 100%)

Tabel 8. Invloed vast scherm op vruchtkleur* van komkommers bij inzet, na veertien dagen bewaren, bij drie tijdstippen van scherm verwijderen en bij niet schermen. Proef ingezet op 22/2, 8/3 en 22/3

Schermduur	22 februari			8 maart			22 maart		
	Dagen bewaring			Dagen bewaring			Dagen bewaring		
	0	14	%dg	0	14	%dg	0	14	%dg
Ongeschermd	6,7	5,6	—	7,8	5,7	3,17	7,6	6,3	3,23
29 januari	7,0	5,4	—	7,7	5,8	3,27	8,1	6,4	3,36
19 februari	6,6	4,6	—	7,3	5,4	3,02	7,7	6,3	3,08
12 maart	6,4	4,4	—	6,6	4,5	2,85	7,8	6,2	3,05

* Vruchtkleur: 9 = zeer donkergroen, 1 = 100% geel

gehalte in de vruchten. Hier lijkt dus sprake van een verdunningseffect in de vruchten. Dat blijkt ongunstig voor de kwaliteit te zijn. Daarnaast kan hierbij de in het algemeen wat hogere vr en mogelijk ook de temperatuur onder een vast scherm of dubbel glas een rol hebben gespeeld. Zo bleek in een stoekteelt in Naaldwijk dat de productie door het verhogen van de luchtvochtigheid van 65 naar 85% verbeterde, maar de houdbaarheid was 10% minder. Het duidelijk vollere gewas bij de behandeling met de hoogste luchtvochtigheid kwam de vruchtkleur niet ten goede. Indirect speelt het licht hier dus ook een rol.

Plantafstand en onderhoud gewas

Wanneer minder licht bij de vruchten komt, betekent dat een slechtere kleur en houdbaarheid. Net als bij tomaat zou een betere lichttoetreding tot de vruchten kunnen worden bereikt wanneer een ruimere plantafstand wordt gekozen. In

1983 en 1984 werd in drie proeven het effect van de plantafstand op de houdbaarheid nagegaan (tabel 9). Hoewel het niet in elke proef zo duidelijk kon worden waargenomen, lijkt de kleur van de vruchten bij het inzetten en na bewaring toch wat beter te zijn naarmate ruimer wordt geplant. Bij een wat ruimere plantafstand zullen meer vruchten in het licht hangen. Dat kan de houdbaarheid verbeteren.

Lichtmetingen die door E. Nederhoff werden gedaan, wezen uit dat de lichtintensiteit in het gewas op 1 meter hoogte bij een plantafstand van 45 cm 10% hoger is in vergelijking met een plantafstand van 30 cm. Bij het kiezen van de juiste plantafstand spelen naast de kwaliteit natuurlijk ook de plantkosten, de arbeid, de productie en de sortering een belangrijke rol. Als met al deze aspecten rekening wordt gehouden, zijn de gebruikelijke plantafstanden zeker niet te ruim. Mogelijk kan wat ruimer worden geplant zonder dat financieel verlies wordt geleden.

In de praktijk wordt – zeker in de late voorjaars- en zomermaanden – bijzonder weinig aandacht aan het onderhoud van het gewas besteed. Bij veel groei kan een meer open gewas ontstaan wanneer de ranken beter over de ruimte worden verdeeld en wanneer regelmatig wat bladeren en afgedragen ranken worden weggehaald.

In 1984 werd in een praktijkproef onderzocht hoeveel invloed het uitvoeren van een regelmatige gewassnoei heeft op de houdbaarheid en de productie. Vanaf begin april tot begin juli zijn uit de proef wekelijks komkommers voor bewaring weggezet. Zoals uit tabel 10 blijkt was de kleur van de vruchten bij de oogst en na het bewaren gemiddeld beter naarmate meer gewassnoei werd uitgevoerd. Tot half juni bleek het snoeien niet negatief voor de productie. Door een zeer schrale stand van het gewas bij alle behandelingen ontstond echter later in het seizoen door het uitvoeren van gewassnoei enig productieverlies. Bij een voldoende groei is het zeer waarschijnlijk dat de productie er niet onder zou hebben geleden. Ook in deze proef is dus het belang van licht voor de kleur van de vruchten en de houdbaarheid aangetoond.

Instraling algemeen

Zowel bij tomaat als komkom-

mer hebben de weersomstandigheden grote invloed op de kwaliteit van de geogste vruchten. Tijdens langdurig donkere weersperiodes zal bij tomaat de bloemkwaliteit en de zetting meestal maar matig zijn, wat de houdbaarheid niet ten goede komt. Een en ander is mede afhankelijk van de vruchtbelasting van de plant. Bij komkommer zal onder deze weersomstandigheden de uitgroei duur van de vruchten toenemen, waardoor de houdbaarheid vermindert. Omdat weinig assimilaten beschikbaar zijn, zullen veel slecht gevormde vruchten worden geogst.

In het algemeen kan worden gesteld dat meer instraling de kwaliteit positief beïnvloedt. Een probleem is echter dat als neveneffect van een hoge instraling met name in de zomer de kas- en vruchttemperaturen tot hoge waarden kunnen oplopen. Bij tomaat zal bij een hoge vruchttemperatuur het rode pigment in de vrucht nauwelijks worden gevormd. Die tomaat krijgt daardoor plaatselijk een gelig uiterlijk. Dit ziet men vaak bij „draadtomaten”. Zeer hoge vruchttemperaturen zijn ook ongunstig voor de stevigheid van de tomaten. Bij deze temperaturen breken de eiwitten in de celmembranen af, waardoor de wanden lek worden en het water in de intercellulaire ruimten kan

Tabel 9. Effect van plantafstand op vruchtkleur van komkommers bij inzet en na veertien dagen bewaren bij drie proeven

Herkomst	Plantafstand	Kleur bij inzet	Kleur na veertien dagen bewaring	
Proefstation (plantdatum 21-2-'83)	30	7,0	4,7	
	45	7,3	5,2	
	Bedrijf Berkel (plantdatum 20-12-'83)	40	6,9	4,8
		46	6,9	5,1
		55	7,0	4,9
Proefstation (plantdatum 15-3-'84)	67	7,1	5,2	
	30	6,5	4,4	
	40	6,7	4,6	
	50	7,5	5,4	
60	7,9	5,5		

Tabel 10. Vruchtkleur bij inzet en na veertien dagen bewaren van komkommers bij drie snoeibehandelingen (gemiddelde van veertien bewaarproeven)

Behandeling	Kleur bij inzet	Kleur na 14 dagen
Niet snoeien	7,2	5,1
Regelmatig bladeren verwijderen	7,4	5,4
Regelmatig bladeren en afgedragen ranken verwijderen	7,5	5,6

BODEM BEDEKKEN BIJ GROENTE GEWASSEN

komen. Vooral de onderkant van de vrucht is hierbij zwak.

Ook bij komkommers kunnen hoge vruchttemperaturen de kleur van de vruchten en de houdbaarheid negatief beïnvloeden. Zowel een te hoge als een te lage instraling lijken mede door de neveneffecten ervan dus ongunstig voor de kwaliteit van de vruchten en voor de houdbaarheid. Wanneer de temperatuur in perioden met een hoge instraling bijvoorbeeld door middel van daksproeiers wordt verlaagd, zal dat een gunstig effect hebben op de kwaliteit, terwijl de instraling toch volledig kan worden benut.

Tenslotte

Het zal duidelijk zijn dat bepaalde waargenomen effecten op de vruchtkwaliteit bij het uitvoeren van energiebesparende maatregelen moeilijk alleen kunnen worden toegeschreven aan lichtonderschepping. Het probleem is dat naast de lichtintensiteit de luchtvochtigheid en mogelijk ook de temperatuur van het gewas bij dubbel glas en een vast scherm vrijwel steeds worden gewijzigd.

Energiebesparende maatregelen lijken in het algemeen bij komkommers een groter negatief effect op de houdbaarheid te hebben dan bij tomaten. Dit is mogelijk mede het gevolg van het verschil in de manier waarop wordt beoordeeld. Bij komkommers wordt de houdbaarheid vastgesteld via de kleur van de vrucht, terwijl bij tomaat de stevigheid bepalend is voor de houdbaarheid.

De lichtintensiteit in het gewas en op de vruchten kan ook worden veranderd als bepaalde teeltmaatregelen worden genomen. Daarom is hierop in dit artikel ook wat nader ingegaan. Zo zal een ruimere plantafstand gunstig zijn voor de houdbaarheid van tomaten en komkommers, terwijl door gewassnoei bij komkommer een betere lichttoetreding tot de vruchten ontstaat waardoor een donkerder kleur van de vruchten kan worden bereikt.

J. JANSE

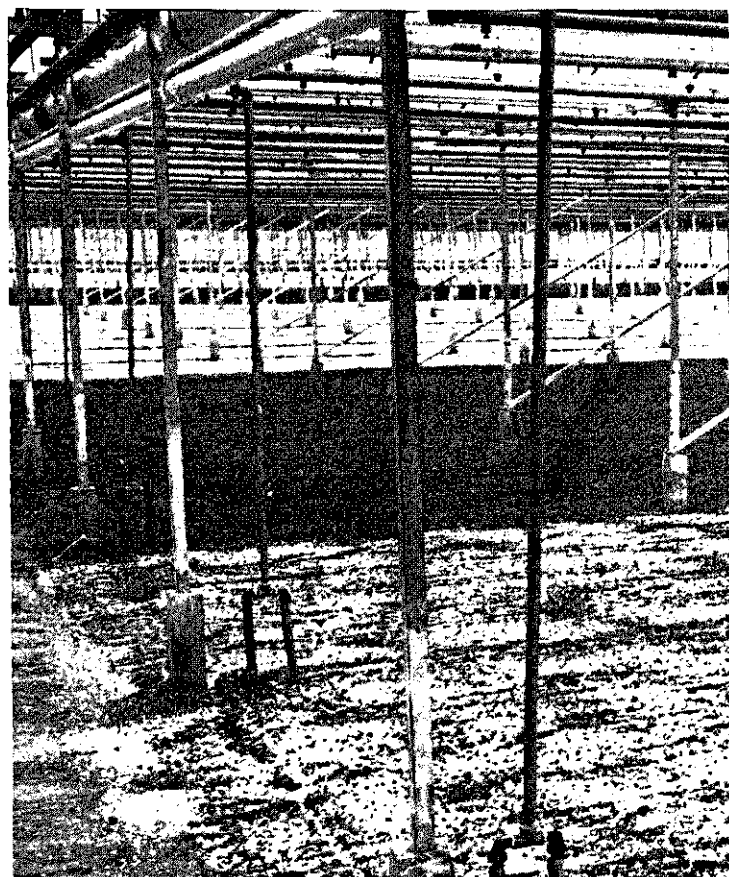
Proefstation Naaldwijk

In vorige artikelen lezen we dat in de winterperiode alle gewassen positief op de lichtintensiteit reageren. Het verhogen van de lichtintensiteit door kunstmatig bijbelichten is – afgezien van de opkweekperiode – gedurende de teelt economisch niet verantwoord. Wel kan de beschikbare hoeveelheid natuurlijk licht beter worden benut. Het bouwen van een lichtrijke kas, het kiezen van de juiste plaats voor die kas en het optimaal verdelen van de planten over de teeltruimte (plantafstand, teeltsysteem) kan ertoe bijdragen dat het licht beter door het gewas wordt benut. Ook het gebruik van reflecterende materialen die de bodem bedekken kan hieraan een bijdrage leveren.

Het gebruik van bodembedekkingsmaterialen in de glastuinbouw die licht reflecteren is niet nieuw. Meer dan twintig jaar geleden werden met name bij stooktomaten door het ITT (het huidige IMAG) in Wageningen de eerste proeven genomen. De resultaten waren zo gunstig dat ook het praktijkonderzoek hierop snel inhaakte. Met name op proeftuin Venlo en later ook op het Proefstation Naaldwijk werd in de afgelopen vijftien jaar bij een groot scala groentegewassen hun reactie op het bedekken van de bodem beproefd. Deze proeven werden voor het belangrijkste deel in de winter- en voorjaarsperiode uitgevoerd. Dat is in de periode waarin de natuurlijke lichtintensiteit laag is.

Stookteelten tomaat

Veruit de meeste proeven werden bij stooktomaten uitgevoerd. Aanvankelijk werd wit plastic als bodembedekker on-



derzocht. Later werd dat Styromull in verband met de geringere kosten en omdat het in de praktijk beter hanteerbaar was. Bij beide methoden was het effect van de lichtreflectie in de voorjaarsmaanden klein of zelfs afwezig. Wit plastic wordt immers in vrijwel alle gevallen na enkele maanden verwijderd. Bij Styromull raakt het materieel door het water geven en het opsprengen van gronddeeltjes sterk vervuild of het wordt in de grond getrap.

Het effect van bodembedekking op de produktie werd bij deze proeven merkbaar in de vorm van een hogere vroege produktie. Deze bleef tot aan het einde van de teelt behouden. In tabel 1 is voor de stookteelten van tomaat samengevat hoe groot deze verhoging van de vroege produktie is wanneer de bodem met een licht-reflecterend materiaal wordt bedekt. De resultaten komen uit proeven die vanaf 1966 tot 1979 zijn genomen. Uit deze

tabel kan worden afgeleid dat bij een plantdatum in december of januari door een bodembedekking steeds een meerproduktie van ongeveer 300 gram wordt gehaald (het produktieniveau zonder grondbedekking bedroeg ongeveer 1 kg per m²). Deze voorsprong bleef tot aan het einde van de teelt.

Bij een zeer vroege plantdatum (18 november) lijkt de meeropbrengst ruim twee keer zo hoog uit te vallen. Dit komt enerzijds doordat de lichtreflectie in de beginfase van de teelt groter is (een hogere natuurlijke lichtintensiteit in november). Aan de andere kant ligt er tussen het moment waarop wordt geplant tot aan het produktieniveau van 1 kg per m² een langere aanloopfase (ongeveer 22 weken). Uit de verkregen resultaten lijkt de conclusie gerechtvaardigd dat de meerproduktie als gevolg van bodembedekking bij tomaat afhangt van de absolute hoeveelheid gereflecteerd licht. In de

periode van 4 december tot 4 januari is de natuurlijke lichtintensiteit immers vrijwel constant en absoluut gezien erg laag. Als gevolg daarvan heeft de bodembedekking in deze periode vrijwel een constant effect op de vroege produktie wanneer later in december wordt geplant.

Andere vruchtgroenten

In tabel 2 zijn de meerproducties door het gebruik van een bodembedekking met wit plastic of Styromull bij andere belangrijke vruchtgroenten vergeleken. In tegenstelling tot bij tomaat wordt de verhoging van zowel de vroege (1 kg-niveau) als de totale gemiddelde produktie (einde teelt) weergegeven. Uit tabel 2 blijkt dat de vroege meerproduktie per gewas verschillend is. Daarnaast blijkt dat de produktievoorsprong gehandhaafd blijft, maar dat deze in de loop van de zomer niet stijgt. Dit ondanks het feit dat het plastic hier tot aan het einde van de teelt is blijven liggen. De verschillen in de vroege meerproduktie hangen onder andere samen met de snelheid waarmee het gewas groeit, met de mate waarin de bladeren elkaar onderling beschaduwen (openheid van het gewas) en het tijdstip waarop de vroege produktie wordt bereikt. Paprika en tomaat zijn voorbeelden van gewassen die in verhouding een lage groeisnelheid bezitten. Het duurt ruim drie maanden voordat 1 kg per m² kan worden geoogst. Deze gewassen profiteren dus waarschijnlijk langer van het gereflecteerde licht dan snijboon en komkommer. De laatste twee zijn al na één à twee maanden in produktie. Snijboon en komkommer hebben een open gewas met kleine bladeren. Door deze open gewasstructuur treedt veel reflectie van het invallende licht op. Dit extra licht wordt – waarschijnlijk door het kleine oppervlak – onvoldoende opgevangen en omgezet in een meerproduktie.

De resultaten bij aubergine kunnen niet goed worden verklaard wanneer de geringe groeisnelheid wordt meegerekend. Daarnaast heeft dit gewas een dichte

bladstructuur, waardoor veel onderste bladeren worden beschaduwd. Deze grote bladeren beperken waarschijnlijk de lichtreflectie. Hierdoor kon geen duidelijke meerproduktie worden gevonden. Ook bij komkommer kan het ontbreken van een produktieverhoging door het bedekken van de bodem niet goed worden verklaard. Opvallend is in tabel 2 verder het verschijnsel dat de meerproduktie naar de zomer toe niet verder toeneemt. Op grond van de vele proeven met lichtonderschepping (dubbel glas, hortiplus) zou dit wel mogen worden verwacht. Een mogelijke verklaring zou kunnen zijn dat zowel het witte plastic als de Styromull in de loop van de tijd zo sterk vervuild zijn geraakt, dat er weinig lichtreflectie meer van kan worden verwacht. Net als bij de resultaten in tabel 1 betekent dit dat slechts in de eerste maanden van de teelt van een effectieve bodembedekking sprake is geweest.

Late voorjaarsteelten en herfstteelten

In de stookteelten zagen we dat het bedekken van de bodem geen toenemend effect had op de produktie in de zomermaanden. Bij de late voorjaarsteelten van met



Bodembedekking met wit plastic of Styromull leidt bijna altijd tot produktieverhoging

name augurk en komkommer neemt het positieve effect hiervan duidelijk toe naarmate de natuurlijke lichtintensiteit toeneemt. Bij augurk worden de planten minder optimaal over de ruimte verdeeld (twee à drie rijen per kap). Bovendien heeft het gewas een grotere dichtheid. Dit leidt ertoe dat van de grotere hoeveelheid beschikbaar licht in

de zomermaanden ook meer naar de – beschaduwde – bladeren wordt gereflecteerd. Hetzelfde geldt voor komkommer. Dit gewas heeft eveneens een hoge groeisnelheid, maar is duidelijk meer open opgebouwd. Lichtmetingen in een volgroeid gewas in de maand april tonen aan dat in vergelijking met zwart plastic een ongeveer tien keer hogere lichtreflectie wordt gevonden tot op 1 meter hoogte in het gewas (figuur). Boven deze 1 meter hoogte is de hoeveelheid gereflecteerd licht bij wit plastic nog altijd drie keer zo hoog dan wanneer zwart plastic als bodembedekking is gebruikt.

De resultaten bij de heteluchttoematen laten geen duidelijke verhoging van de produktie zien wanneer wit plastic als bodembedekking wordt gebruikt. Hetzelfde geldt voor heteluchtpaprika's en herfstpaprika. Het is niet ondenkbaar dat in de genoemde proeven een mogelijk verschil in de grondtemperatuur en het vochtgehalte van de grond bij het gebruik van wit plastic een eventueel positief effect van de lichtreflectie heeft verminderd. Op grond van de verkregen resultaten (tabel 3) is een verder onderzoek gewenst naar het effect van bodembedekking op de produktie in de voorjaars- en zomerperiode bij de verschillende vruchtgroentegewassen. Met name bij een lange doortelt van tomaat zou het effect gunstig kunnen zijn omdat de koppen van de planten omlaag worden gebracht.

Laag blijvende gewassen

In de afgelopen jaren werden bij een groot aantal laag blijvende gewassen eveneens proeven uitgevoerd. Ook daar werd de bodem die met wit plastic en in enkele gevallen met Styromull (zaai-gewassen) was bedekt, vergeleken met onbedekte grond. In tabel 4 zijn de resultaten van



Het is goed mogelijk dat een deel van de produktiestijging als gevolg van het omschakelen op substraat te verklaren is door lichtwinst (reflectie wit plastic)

Tabel 1. Meerproductie stooktomaten door bedekken bodem (wit plastic, Styromull) op een vroege peildatum (ongeveer 1 kg per m²)

Plantdatum/jaar	Meer-opbrengst ¹	Aantal weken ²
18-11-1966	780	22
26-11-1966	360	19
4-12-1966	280	18
4-12-1970	280	16
8-12-1966	280	18
8-12-1970	300	17
4-1-1979	290	15

¹ In gram per vierkante meter

² Aantal weken tussen het moment dat wordt geplant en 1 kg wordt geoogst

Tabel 2. Meerproductie bij enkele belangrijke vruchtgroentegewassen door het bedekken van de bodem met wit plastic in de winterperiode (plantdatum begin januari)

Gewas	Meer-productie vroeg (1 kg/m ²) [*]	Meer-productie einde teelt
Paprika	600 (april)	700 (sept)
Tomaat	300 (april)	300 (juni)
Pepers	200 (mei)	0 (sept)
Snijboon	100 (mrt)	100 (juni)
Komkommer	0 (mrt)	0 (mei)
Aubergine	0 (mrt)	0 (juli)

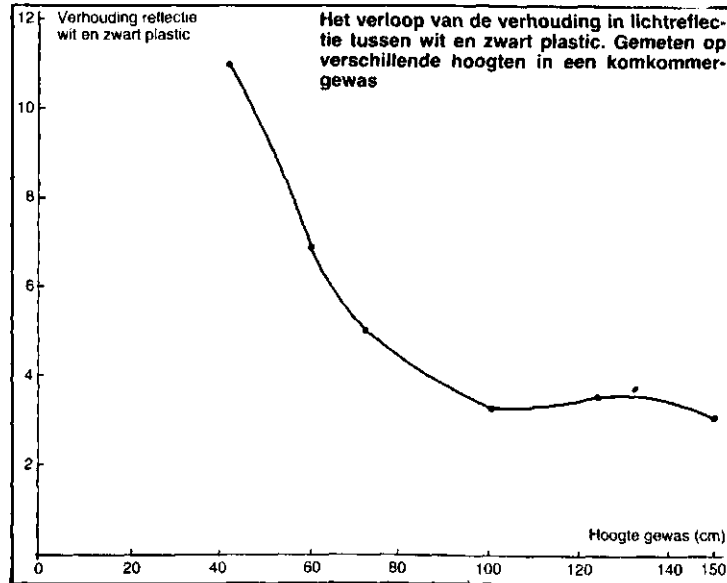
^{*} In gram per vierkante meter

^{**} Styromull in plaats van wit plastic

Tabel 3. Meerproductie (g/m²) door bedekken van de bodem met wit plastic bij late voorjaars- en herfstteelten op een vroege en late peildatum

Gewas	Plant datum/jaar	Vroeg (1 kg/m ²)	Einde teelt
Augurk	1-4-'79	500 (mei)	1023 (aug)
	1-4-'80	800 (mei)	1600 (aug)
	29-4-'81	400 (juni)	2100 (sept)
	12-4-'82	500 (jun)	2000 (sept)
Komkommer	10-4-'81	350 (mei)	3045 (okt)
	2-3-'82	1300 (april)	1800 (aug)
Tomaat	1-4-'82	0 (juni)	0 (sept)
	20-3-'83	0 (juni)	0 (sept)
Paprika	1-3-'84	0 (juni)	0 (nov)
	1-7-'84	0 (sept)	0 (nov)

Tussen haakjes is de datum van waarneming vermeld



acht gewassen vermeld. Naast de plantdatum is ook de duur van de teelt aangegeven. Gewassen met een lange teeltduur hebben in het algemeen ook een langere „jeugdfase”. Dat wil zeggen een periode waarin het grondoppervlak nog niet volledig is bedekt.

Ook de dichtheid van het blad speelt een rol. Een grotere dichtheid (zoals bij sla en bloemkool) betekent namelijk dat de bladeren al vroeg in de teelt worden beschaduwd. Hierdoor zou het effect van meer licht ook direct in méér groei kunnen worden omgezet. Een voorwaarde is dan wel dat het gereflecteerde licht alle bladeren ook kan bereiken. Uit tabel 4 blijkt dat door de bodembedekking grote verschillen in meeropbrengst bij de oogst voorkomen. Koolrabi en radijs en mindere mate sla en rammenas reageren er duidelijk beter op dan bijvoorbeeld andijvie.

Chinese kool en bloemkool. Deze verschillende reacties staan niet altijd in verband met de teeltduur van het gewas. Waarom een gewas op licht goed kan reageren, kan op verschillende manieren worden verklaard. Koolrabi heeft weinig bladmassa. Lichtreflectie kan dus gedurende een groot deel van de teelt plaatsvinden. Radijs is een gewas dat het grondoppervlak snel heeft bedekt. Vanaf dat moment

treedt geen reflectie meer op. Bij radijs speelt de grotere bladmassa per plant echter een belangrijke rol. Ook de beschaduwde bladeren kunnen daarvoor in de beginfase extra van het gereflecteerde licht profiteren. Dit laatstgenoemde effect van lichtreflectie naar de beschaduwde bladeren speelt ook bij de slagewassen en bij rammenas een rol. Bij de slagewassen zijn de bladeren echter te veel in elkaar gepropt, waardoor de lichtbenutting iets minder is. Bij Chinese kool en bloemkool is de opgerichte bladstand samen met de compacte bladmassa er mede de oorzaak van dat de meeropbrengst hier vrij gering is.

Tabel 4. Productieverhoging bij de oogst door bodembedekking bij een aantal blad-, knol- en koolgewassen, geplant in december

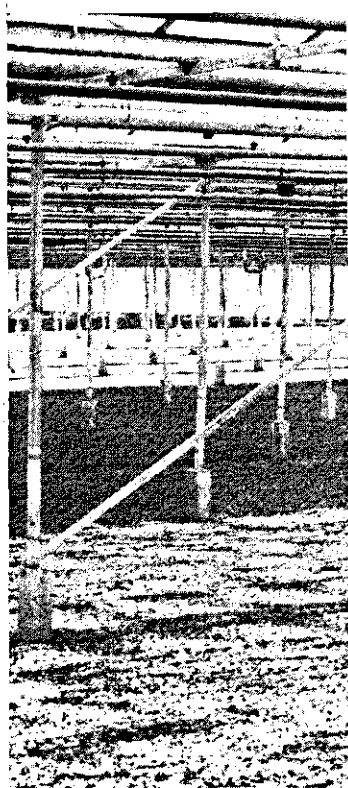
Gewas	Percentage meer opbrengst ¹	Teeltduur
Radijs	48	10
Koolrabi	48	12
Rammenas	18	14
IJsbergsla	16	16
Kropsla	12	11
Andijvie	11	13
Bloemkool	10	13
Chinese kool	8	10

De verhoging van de productie is uitgedrukt in de relatieve gewichtstoename bij het bedekken van de bodem in vergelijking met onbedekt

Bij bloemkool en andijvie speelt de temperatuur waarschijnlijk een rol. Het temperatuurniveau tijdens de teelt is zeer laag. Het is mogelijk dat daardoor minder efficiënt van het extra reflectielicht kan worden geprofiiteerd. De verkorting van de teeltduur door bodembedekking is in het algemeen bij de bladgewassen zeer beperkt. Er kan een gelijk resultaat worden verkregen wanneer in het voorjaar enkele dagen later wordt geoogst. Uit de hiervoor genoemde resultaten blijkt dat het bedekken van de bodem met wit plastic of Styromull in vrijwel alle gevallen tot een verhoging van de productie leidt en zeker tot een verhoging van de vroege productie. Bij de teelt van stooktomaten wordt dit op grondbedrijven al jaren toegepast. Op substraatbedrijven is het bedekken van de bodem met wit plastic een normale zaak. Het is goed denkbaar dat een deel van de productieverhoging, die bij de teelt van tomaat, paprika en komkommer op substraat wordt behaald in vergelijking met de teelt in de grond, kan worden verklaard uit de lichtwinst die door reflectie ontstaat. Het feit dat de gewassen op substraat in het algemeen schraler zijn, heeft dit effect mogelijk nog versterkt.

In verband met lichtreflectie is ook in de zomermaanden het schoonhouden van het plastic belangrijk. Ook de looppaden moeten voldoende bedekt worden gehouden wanneer Styromull wordt gestrooid. Op veel grondbedrijven zien we dat de Styromull door vervuiling snel zijn reflecterende werking verliest. Wees daarom niet te zuinig met de hoeveelheid materiaal die wordt aangebracht.

Behalve op substraatbedrijven is het gebruik van wit plastic en/of Styromull onder andere bij de teelt van komkommer en paprika nog zeer beperkt. Met name de positieve effecten in de zomermaanden maken het de moeite waard dat dit aspect van lichtverhoging eens op het bedrijf wordt uitgetoet. Op minder vocht houdende gronden en gronden met een matige structuur kan het bedekken van



Op minder vocht houdende gronden kan bodembedekking aantrekkelijk zijn

meen met het oog op de productie een aantrekkelijke en goedkope oplossing.

In de winterperiode reageren de meeste vruchtgewassen positief op het bedekken van de bodem. Bij komkommer en aubergine kan tot op heden geen duidelijk effect worden aangetoond.

In de zomerperiode reageren vooral komkommer en augurk positief op het bedekken. Nader onderzoek zal moeten uitwijzen in hoeverre ook bij tomaat en paprika van het extra licht in deze periode via bodembedekking kan worden geprofiteerd.

Net als de vruchtgewassen reageren de blad-, knol- en koolgewassen in de winter- en voorjaarsperiode vrijwel allemaal positief op een vermeerdering van licht door het bedekken van de bodem. Bij de bladgewassen blijkt de meeropbrengst of het verkorten van de teeltduur het kleinst te zijn, bij koolrabi en radijs is dat het grootst.

De mate waarin zowel de vrucht-, blad-, knol- als koolgewassen op het bedekken reageren, hangt vooral af van de snelheid van de groei, de compactheid van het gewas en van de manier waarop de planten over de ruimte zijn verdeeld.

IR. G. WELLES
Proefstation Naaldwijk

KUNSTLICHT IN DE KAS

Het ligt natuurlijk voor de hand dat in de serie over „licht in de kas” ook artikelen over het belichten met kunstlicht worden opgenomen. Dit houdt direct al de beperking in dat we niet spreken over het telen bij kunstlicht zonder daglicht. We zullen ons in nog meer opzichten moeten beperken. In dit artikel hebben we het alleen maar over kunstlicht bij de opkweek. In de productiefase wordt immers bijna nooit belicht. Tenslotte laten we ook het gebruik van kunstlicht voor de daglengte-behandeling buiten beschouwing. In dit verhaal zullen de algemene aspecten worden behandeld. In een volgend artikel zal op de praktische uitvoering worden ingegaan.



Wanneer een plant licht krijgt, gaat hij groeien. Dit licht levert de energie waarmee CO₂ in suiker wordt vastgelegd. Als een plant in de opkweekfase is, wordt deze suiker gebruikt voor nieuwe bladeren. Wanneer we een plant één uur licht geven, groeit hij bijvoorbeeld 0,1 gram. Als het licht wegblijft, stopt de plant met assimileren. Wordt tien uur achtereenvolgende hoeveelheid licht gegeven, dan groeit de plant 10 × 0,1 = 1 gram. U ziet dit in figuur 1. Deze situatie kan echter alleen 's nachts bij kunstlicht voorkomen. Overdag wisselt de hoeveelheid zonlicht namelijk, waardoor ook de groei zal wisselen. De groei verloopt overdag uiteraard wel sneller, omdat er immers meer energie is. De meeste groei ontstaat dan ook als vierentwintig uur wordt belicht. De meeste planten, behalve tomaat en aubergine, hoeven ook niet uit te rusten.

Meeropbrengst neemt af

Duidelijk is dat méér licht verhoudingsgewijs evenveel méér groei geeft als dit meer licht maar ontstaat door meer uren belichting. Door het gebruik van meer lampen of door meer zon kan natuurlijk ook meer licht in dezelfde tijdsduur worden gegeven. Ook dan levert méér licht méér groei op. Bij toenemend licht wordt het echter steeds „minder meer”. We laten dit in figuur 2 zien. De lijn loopt niet meer recht, zoals in figuur 1, maar wordt bij toenemend licht vlakker. Bij meer dan 80 W per m² gaat de lijn zelfs helemaal niet meer omhoog. Wat er aan licht bijkomt, kan de plant niet meer gebruiken. Het systeem is verzadigd. De plant zou nog wel van het licht kunnen profiteren als hij veel meer blad zou hebben dan gedurende de opkweek het geval is. In dat geval spreken we van een gewas. De lager gelegen bladeren kunnen dan het licht gebruiken dat door de hoger liggende bladeren wordt doorgelaten. In de tabel ziet u in welke mate de assimilatie in grafiek 2 toeneemt met de toename van het licht. Van 0 tot 20 W per m² is dat 48% meer. Het effect is dus

de bodem extra aantrekkelijk zijn. Een voorwaarde is dan wel dat de grondtemperatuur voldoende hoog moet zijn vóórdat het materiaal wordt aangebracht. Een afgedekte bodem warmt namelijk erg traag op. Een algemeen voordeel van het bedekken van de bodem kan verder zijn dat energie wordt bespaard. Omdat de verdamping vanuit de bodem wordt voorkomen, kunnen – afhankelijk van het gewas – enkele kubieke meters gas op jaarbasis worden bespaard.

Bij de blad-, knol- en koolgewassen hangt het uitvoeren van een bodembedekking eveneens sterk af van de aard van het gewas (snelheid waarmee de grond door de bladeren wordt bedekt en de compactheid van de bladmassa). Verder is van belang of residu van de Styromullkorrels in het geogste produkt voorkomt. In veel gevallen kan Styromeel uitkomst bieden.

De hoeveelheid arbeid bij het uitplanten en de hoogte van de grondtemperatuur vóórdat het materiaal wordt aangebracht, zijn eveneens belangrijke factoren waarmee rekening moet worden gehouden. Styromull wordt bij gewassen als koolrabi, radijs en rammenas momenteel volop in de praktijk gebruikt. Bij een gewas als Chinese kool is het effect van de bodembedekking op de opbrengst en de teeltduur te klein om de nadelen (kosten materiaal en arbeid) te compenseren.

Het gebruik van wit plastic als bodembedekker bij kropsla verdient opnieuw aandacht. Het geel verkleuren van de onderste bladeren werd in het verleden bij het gebruik van wit plastic vaak geconstateerd. Wanneer de meer recente bestrijdingsmiddelen tegen aanslag worden gebruikt, zou dit misschien aanzienlijk kunnen worden verkleind. Bij ijsbergsla zou daarnaast de kropvorming mogelijk positief kunnen worden beïnvloed.

Samenvatting

Het verhogen van de lichtintensiteit in de kas door het bedekken van de bodem is in het alge-



net zo groot als bij een lichttoename van 20 naar 80 W per m². Van 0 tot 5 W per m² halen we 19% van de maximale assimilatiemogelijkheden. De conclusie moet zijn dat het eerste kleine beetje licht het grootste effect heeft. De groeiwinst neemt sterk af wanneer de lichtsterkte toeneemt. Dit maakt grote hoeveelheden kunstlicht per vierkante meter al snel onrendabel. Wanneer bijvoorbeeld 15 W per m² wordt gegeven, is de winst van nog eens 5 W per m² extra licht maar 8%.

's Nachts belichten

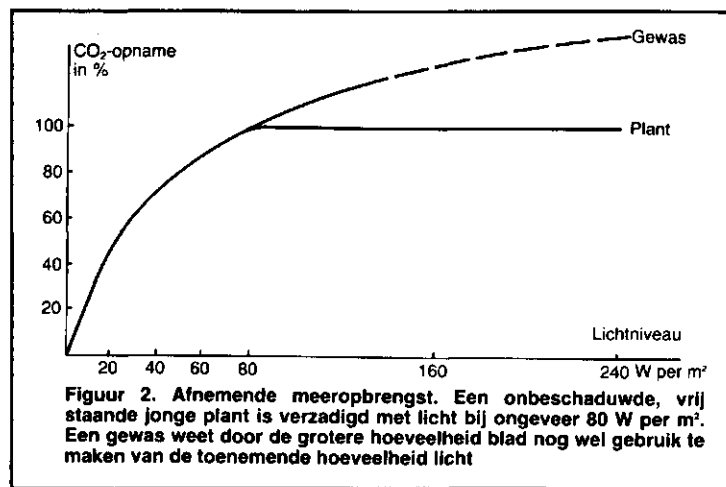
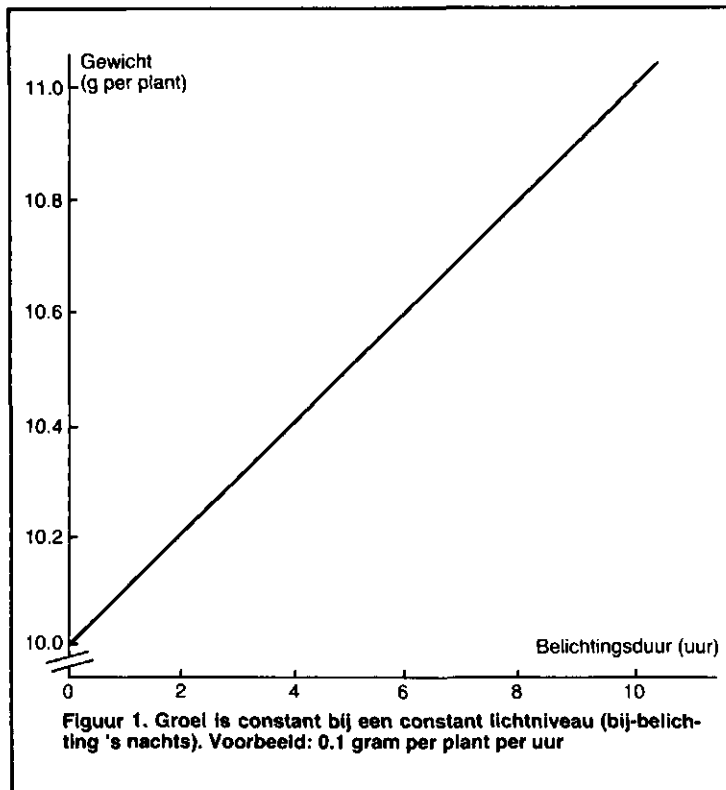
Omdat het eerste beetje licht het grootste effect heeft (grafiek 2), moet kunstlicht natuurlijk worden gebruikt als er geen licht is. De conclusie is dus dat 's nachts belichten het hoogste rendement geeft. Dit wordt in grafiek 3A weergegeven. Het groei-effect is 's nachts het grootst en neemt af bij toenemend zonlicht. In grafiek 3B zijn dezelfde gegevens op een iets andere manier weergegeven. We hebben dit gedaan om

Geheel links: Wanneer toemaakt of aubergine langer dan twintig uur wordt belicht, gaat er iets fout met de aanmaak van bladgroen

Links: Uit onderzoek bleek dat door tweeëntwintig uur belichten per etmaal de groeiduur van het zaaien tot 20 gram versgewicht met 21% wordt verkort

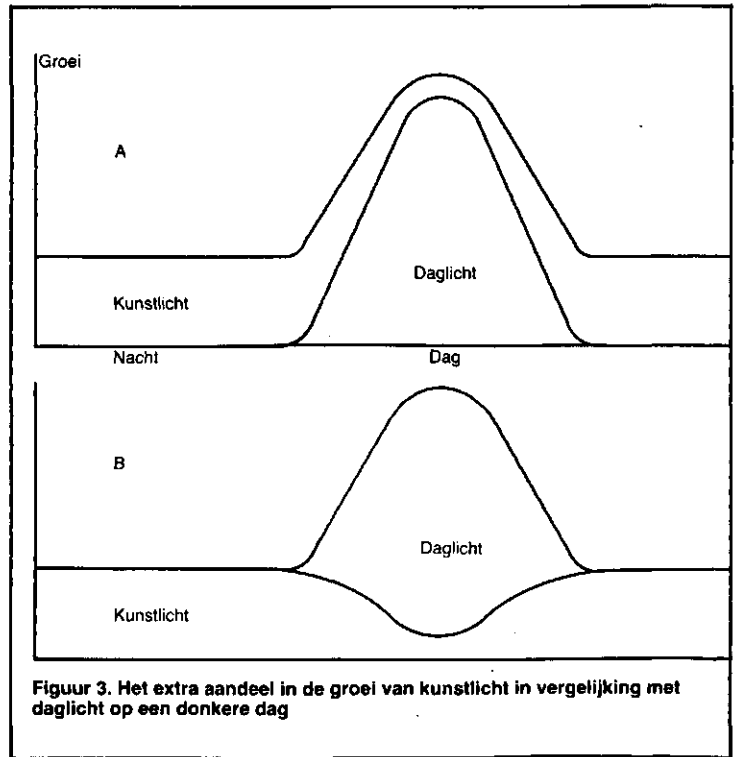
Rechts: Belichten kan kwaliteitsverbetering geven zoals bijvoorbeeld een minder gevoelige plant

te laten zien dat het extra effect van 's nachts belichten veel groter is dan van overdag belichten. Het voorbeeld heeft betrekking op de verhoudingen die op een donkere dag bestaan. Zelfs in dit voorbeeld is het effect van extra kunstlicht midden op de dag minder dan 10%. Wanneer de zon schijnt, is de extra bijdrage nog veel kleiner. Vergelijk de cijfers in de tabel maar. Het is dan ook de vraag of het wel zin heeft overdag te belichten. Als het alleen 's nachts wordt ge-



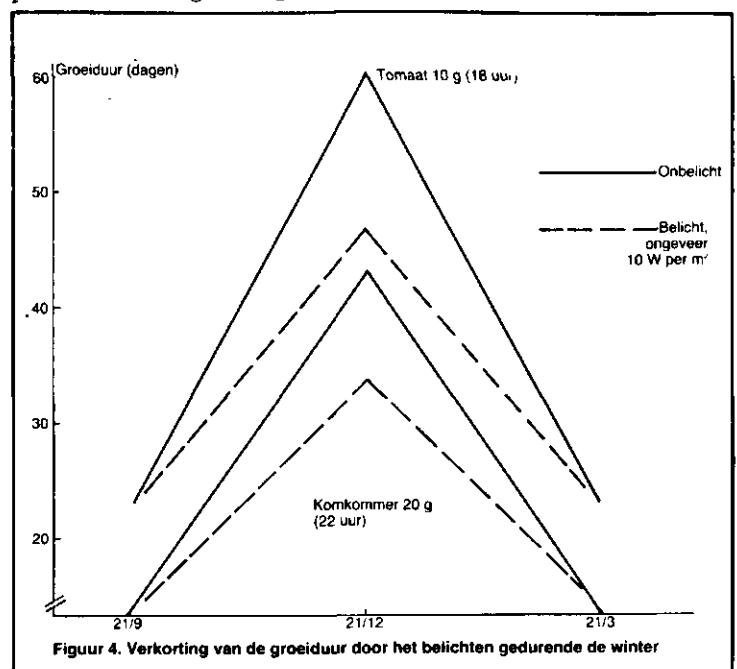
Sterkte belichting	Toename groei in %
0- 5 W per m ²	19
5-10 W per m ²	12
10-15 W per m ²	9
15-20 W per m ²	8
<hr/>	
0-20 W per m ²	48
20-40 W per m ²	25
40-60 W per m ²	16
60-80 W per m ²	11
<hr/>	
	100

De procentuele toename van de groei als de lichtsterkte toeneemt, b.v. als het licht stijgt van 5 naar 10 W/m², stijgt de groei met 12%



daan, staan de planten natuurlijk wel vierentwintig uur in het licht. We moeten er nogmaals op wijzen dat sommige plantensoorten daartegen niet bestand zijn. Er gaat dan iets fout met de aanmaak van bladgroen, de planten worden geel en groeien

niet meer. Dit geldt voor tomaat en aubergine. Deze producten moeten minimaal vier uur in absolute duisternis staan. Komkommers en paprika kunnen ongehinderd vierentwintig uur per etmaal worden belicht.



Alleen 's winters belichten

In **figuur 2** lieten we zien dat het effect van licht verhoudingsgewijs afneemt bij hogere intensiteiten. Het ligt dus voor de hand dat de invloed van het belichten midden in de winter het grootst is. Het aantal nachturen is groter en dat zijn uren met een hoog belichtingsrendement.

Ook overdag is het effect in de winter echter groter, omdat er dan weinig licht is. In **figuur 4** vindt u de groeiduur van tomatenplanten van het moment van zaaien tot het moment dat de plant 10 gram versgewicht heeft. Er is per dag achttien uur belicht met ongeveer 10 W per m². Midden in de winter was de groeiduur in deze proef met 23% verkort. De invloed van het bijbelichten neemt bij meer licht af en is in september en maart niet twintig uur belicht, omdat de lampen gedurende de stroompiek 's ochtends twee uur werd uitgeschakeld. Bij komkommer werd de groeiduur van het moment van zaaien tot 20 gram versgewicht met 21% verkort.

De gevolgtrekking uit deze proeven is dat – behalve in de twee mid-wintermaanden – de invloed van het belichten op de opkweekduur zeer gering is. Verwacht werd dat in september en maart nog enige versnelling van de groei zou worden gevonden door het belichten gedurende de nacht. Het was echter niet meetbaar. De verklaring hiervoor is in hoofdzaak dat de belichting een zeer geringe hoeveelheid extra energie levert in vergelijking tot de grote hoeveelheid daglicht. In december geeft een belichtingsinstallatie van een gemiddelde sterkte (ongeveer 40 W geïnstalleerd vermogen per m²) zo'n 25% extra lichtenergie. In maart is er vijfmaal zoveel licht als in december. Het verschil is dan dus teruggelopen tot 5%. Daarbij komt nog dat het aantal nachturen veel minder is. Het effect stelt daardoor niets meer voor.

Wat bereikt u met belichten?

Op deze vraag geven we in dit artikel alleen een antwoord in algemene zin. Ook de vraag naar

de economische betekenis van het gebruik van kunstlicht wordt buiten beschouwing gelaten. Het effect van extra licht is vooral in twee opzichten belangrijk, namelijk voor de plantgrootte en de plantkwaliteit. De planten groeien sneller. Dit betekent dat de planten groter worden of dat de opkweek korter duurt. Als voor een grotere plant wordt gekozen, betekent dit een vervroeging van de teelt en dus een langere teeltduur en meer opbrengst. Wanneer voor een *gelijke plantgrootte op een bepaalde plantdatum* wordt ge-

kozen, zal de vroegheid niet worden beïnvloed. Men kan zich dan echter afvragen of de kwaliteit wordt verbeterd door de belichting. Een betere kwaliteit kan bijvoorbeeld tot uitdrukking komen in een minder gevoelige plant. Bij tomaat en paprika heeft het gebruik van kunstlicht in dit opzicht geen verschil tot gevolg. Er wordt immers alleen gedurende de beginperiode belicht. Bij aflevering van de plant is er daarom niet veel meer te zien. Dit betekent dat het *voordeel bij de plantenkweker* moet liggen. Bijvoor-

beeld een meer betrouwbare opkweekmethode die ook wat sneller verloopt, waardoor later kan worden gezaaid.

Een ander kwaliteitskenmerk kan de vorm van de plant zijn. Door kunstlicht wordt de strekking namelijk soms geremd. Dit speelt bij komkommers een rol, vooral als tot aan het uitplanten wordt belicht. De planten blijven korter en beter hanteerbaar. Als de bladoppervlakte gelijk is, zal het voor de productie weinig of helemaal niets uitmaken of de planten wel of niet zijn belicht.

Samenvatting

- Bij een constante lichtsterkte verloopt de groei evenredig met het aantal uren belichting. Dat is de situatie 's nachts (**grafiek 1**).
- Wanneer de lichtintensiteit hoger is, neemt het rendement van extra licht af bij jonge planten (**grafiek 2**). Extra kunstlicht overdag heeft daarom weinig effect. Een verhoging van de hoeveelheid kunstlicht per vierkant meter wordt al snel onrendabel.
- Omdat het rendement bij zwak licht het hoogst is, moet vooral 's nachts worden belicht en is het effect van belichten alleen midden in de winter van belang.
- Wanneer 's nachts wordt belicht, hebben de planten een daglengte van vierentwintig uur. Tomaat en aubergine kunnen daar niet tegen. Deze moeten minstens vier uur in het absolute duister staan.
- Het enige effect van belichten is een vervroeging van de teelt. De latere productie wordt er niet door beïnvloed.
- Bij de opkweek van komkommerplanten heeft het belichten doorslaggevende voordelen. De plant blijft namelijk meer gedrongen en is daardoor beter hanteerbaar. Bij tomaat en paprika kan het belichten door vroeger zaaien worden gecompenseerd.

ING. D. KLAPWIJK
Proefstation Naaldwijk

Bij opkweek van komkommerplanten heeft belichten doorslaggevende voordelen



EFFECTEN BIJBELICHTING TIJDENS OPKWEK VAN PLANTEN

Dat licht voor de groei van planten zeer belangrijk is, hebben we al in veel artikelen in deze serie kunnen lezen. Zonder licht is groei van groene planten zelfs onmogelijk. In de wintermaanden is de hoeveelheid licht gering; de dagen zijn dan immers kort en de intensiteit is laag. Daarom wordt al jarenlang geprobeerd de groei tijdens de opkweek van de planten te versnellen door met kunstlicht bij te belichten. In „Groenten en Fruit” van 22 mei heeft D. Klapwijk een aantal algemene aspecten van belichting met kunstlicht behandeld. In dit artikel willen we met een aantal voorbeelden uit proeven de effecten van bijbelichting tijdens de opkweek van planten en de eventuele praktische waarde daarvan nader toelichten.

Het meest duidelijke en makkelijkst te meten effect van bijbelichting is de **groeisnelheid**, ofwel de toename van het versgewicht van de planten. Een grotere groeisnelheid kan betekenen dat de planten eerder pootbaar zijn of dat een grotere plant kan worden uitgepoot, uitgaande van een gelijke zaaidatum.

In **tabel 1** zijn de resultaten van een proef met tomatenplanten vermeld. Een deel van de planten is bijbelicht tot het moment dat ze zijn uitgezet.

De voorsprong die was ontstaan in plantgewicht, is absoluut gezien niet groot, maar relatief wel belangrijk. Door het grotere bladoppervlak konden de planten die aanvankelijk waren bijbelicht, ook toen er géén bijbelichting meer plaatsvond, sneller blijven groeien. Het resultaat was dat deze planten bij het uitplanten ruim 12 gram zwaarder waren dan de niet bijbelichte planten („rente-op-rente-effect”).

Komkommer

In **tabel 2** is het effect van bijbelichten op komkommerplanten bij gelijke zaaidatum weergegeven. Wanneer tot veertien dagen na het zaaien wordt bijbelicht („hartebledstadium”), is het effect in vergelijking met het doorbelichten tot het uitplanten niet groot. Bij het uitplanten zijn de planten „slechts” 40% zwaarder dan de niet bijbelichte planten. Vele malen groter is het effect als tot het uitpoten wordt doorbelicht. De planten zijn dan ongeveer vijf maal zo zwaar als de onbelichte planten. Bij komkommers is het dus mogelijk de opkweekduur door bijbelichting belangrijk te verkorten. Ook in **tabel 3** komt de grotere

groeisnelheid duidelijk tot uitdrukking wanneer extra wordt belicht. Bij deze proef is geprobeerd op het moment van uitpoten zo gelijk mogelijke planten te hebben. Bij een opweektemperatuur van (dag en nacht) 22° zijn de niet bijbelichte planten veertien dagen eerder gezaaid dan de planten die 24 uur per etmaal werden bijbelicht. Ondanks dit verschil zijn de planten die tot het uitplanten zijn bijbelicht bij het uitplanten belangrijk zwaarder en is de som van de bladdiameters groter. Bij een opweektemperatuur van 25°C kan dezelfde tendens worden waargenomen. Bij deze proef is ook duidelijk gebleken dat, wanneer er geen technische belemmeringen zijn, komkommers beter 24 uur dan 18 uur kunnen worden bijbelicht.



Met behulp van bijbelichting kan de bladoppervlakte van komkommerplanten belangrijk worden vergroot

Paprika

Ook paprika's blijken belangrijk sneller te groeien als gebruik wordt gemaakt van bijbelichting. In **tabel 4** zijn de resultaten vermeld van een proef waarbij het aantal uren bijbelichting verschillend was en door een aangepaste zaaidatum is geprobeerd op het moment van uitplanten gelijk plantmateriaal te krijgen. Er is belicht vanaf het opkomen tot het uitpoten van de planten. Daarbij bleek dat door 12 uur bij te belichten 5 dagen later zaaien volledig wordt gecompenseerd. Bij het object waarbij 18 uur is bijbelicht, is 15 dagen later gezaaid. Deze planten zijn weliswaar iets lichter, maar de verschillen zijn niet groot. Waar 24 uur per etmaal is bijbelicht, is 25 dagen later gezaaid. Ook dit verschil bleek wat te groot te zijn. Uitgaande van de proefgegevens zullen bij 24 uur bijbelichten bij een verschil van 20 dagen in zaaidatum, nagenoeg gelijke planten kunnen worden verkregen.

In **tabel 5** zijn de gegevens van deze proef op een andere manier verwerkt. Van de behandelingen is de vermenigvuldigingsfactor van de vermenigvuldigingsfactor van de plantgewichten voor verschillende perioden aangegeven. Wanneer bijvoorbeeld een vermenigvuldigingsfactor van 2,00 is aangegeven, betekent dit dat de planten bij die behandeling in de betreffende periode in gewicht zijn verdubbeld. We zien op deze manier erg grote verschillen tussen de behandelingen. Bekijken we de vermenigvuldigingsfactor over de hele meetperiode (laatste kolom), dan blijkt dat de planten die niet zijn bijbelicht op 28 december 5,27 maal zo zwaar zijn als op 3

december. De planten die 24 uur per etmaal zijn bijbelicht, zijn in diezelfde periode echter 23,16 maal zo zwaar geworden.

Uit deze tabel is ook af te leiden dat het 's nachts bijbelichten een veel groter effect heeft dan het overdag bijbelichten.

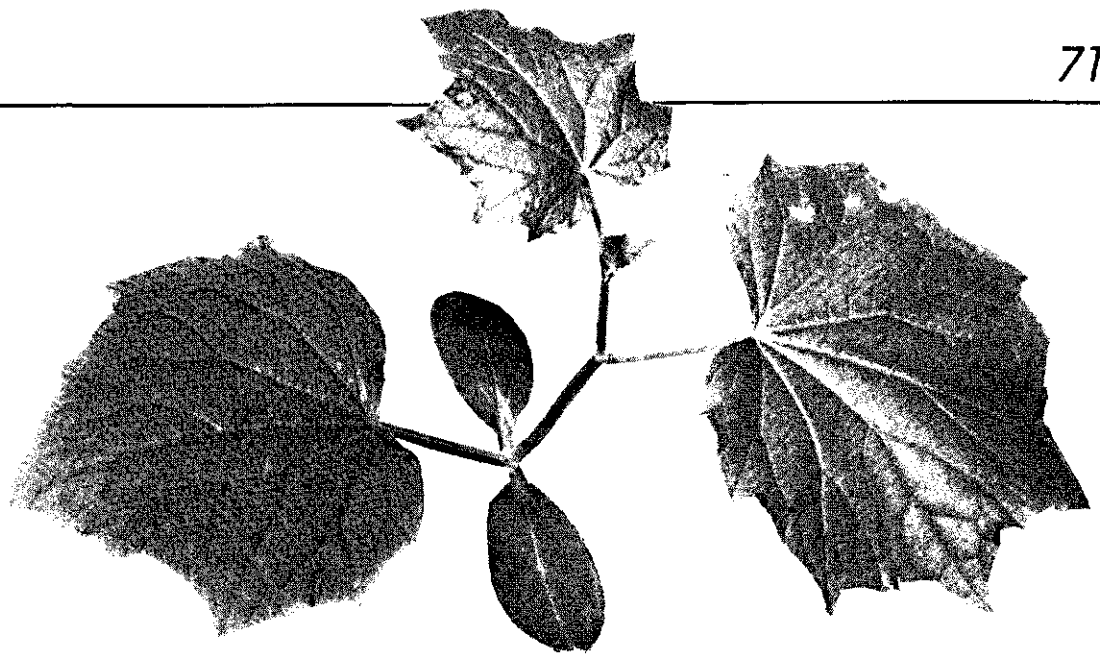
Gedurende 12 uur bijbelichten leidt in verhouding tot 18 en 24 uur bijbelichten slechts tot een geringe vergroting van de vermenigvuldigingsfactor. Als wordt bijbelicht, zal dit dus vooral 's nachts moeten worden gedaan. Dit is een bevestiging van wat Klapwijk in zijn artikel over kunstlicht heeft gesteld.

Plantkwaliteit

Het is moeilijk precies te omschrijven wat we onder „plantkwaliteit” verstaan. Eigenlijk zou de plant die uiteindelijk de hoogste produktie of nog beter de hoogste geldelijke opbrengst geeft, als kwalitatief de beste moeten worden aangeduid. We zouden dan wel precies moeten weten welke uiterlijke en innerlijke kenmerken zo'n plant zou moeten hebben op het moment van uitplanten.

Dit is echter onvoldoende bekend en daarom zullen we het moeten doen met wat we in de praktijk als plantkwaliteit ervaren.

We denken dan aan een plant die stevig op de poot staat, flinke bladeren heeft die ook redelijk dik en daardoor stevig zijn, niet te lang is, een goed ontwikkeld wortelstelsel heeft en bij het uitplanten makkelijk kan worden verwerkt. In de donkere wintermaanden zullen bij nagenoeg elk gewas door bijbelichting deze kwaliteitsaspecten positief worden beïnvloed. De tweede vraag is dan of die beïnvloeding zodanig is, dat het de extra kosten van bijbelichten goed maakt. Tussen de verschillende hoofdgewassen blijken wat dat betreft duidelijke verschillen te bestaan. Paprika's groeien in de wintermaanden duidelijk sneller wanneer ze 24 uur per etmaal worden bijbelicht. De kwaliteit bij het uitplanten is er echter niet of nauwelijks beter door. Door op tijd te zaaien, kan men bij dit gewas op de gewenste



Tabel 1. Plantgewicht (in g) op twee data en vroege produktie (in kg per m²) van tomatenplanten bij twee belichtingsbehandelingen

Bijbelichting	Plantgewicht		Vroege produktie
	24-11	22-12	
Géén	2,4	24,8	1,1
Tot uitzetten (± 3 weken)	3,2	37,4	1,1

Tabel 2. Vers-gewicht (in g) bij het uitplanten en produktie (in kg per m²) op twee pelldata, van komkommerplanten bij verschillende belichtingsbehandelingen

Bijbelichting	Vers-gewicht	Produktie	
		26-3	23-4
Géén	3,3	2,1	8,0
Tot 14 dagen na zaaien	4,7	2,8	8,6
Tot uitplanten	16,7	4,5	10,0

Tabel 3. Plantwaarnemingen en produktie (in kg per m²) van komkommerplanten bij twee opkweektemperaturen en drie belichtingsbehandelingen (aantal uren inclusief natuurlijke dag)

Temperatuur	Behandeling		Bij uitplanten (2-1)		Produktie	
	Bijbelichting	Zaadatum	Plantgewicht	Som blad-Ø	1-3	29-3
22°C	géén	13-11	13 g	66 cm	0,9	4,5
22°C	18 uur/etmaal	23-11	33 g	113 cm	2,1	5,8
22°C	24 uur/etmaal	27-11	41 g	125 cm	2,1	6,0
25°C	géén	18-11	12 g	67 cm	1,1	5,0
25°C	18 uur/etmaal	28-11	20 g	84 cm	1,8	5,3
25°C	24 uur/etmaal	30-11	33 g	102 cm	2,3	6,3

plantdatum een prima plant hebben. Als u in verband met tijdnood snel een pootbare plant wilt hebben, kan bij dit gewas de opkweekperiode in de wintermaanden wel met ongeveer drie weken worden bekort.

Ook bij tomaten wordt bijbelichting tot het uitplanten nauwelijks toegepast. De kwaliteitswinst wordt onvoldoende geacht om de kosten goed te maken. Alleen in de periode voor het oppotten wordt wel bijbelichting om daarmee het pootje van de planten iets steviger te krijgen en een iets uitgebreider wortelstelsel te bereiken.

Bij komkommer ligt het duidelijk anders. Komkommerplanten die in de wintermaanden worden opgekweekt, staan nagenoeg allemaal enige tijd onder een belichtingsinstallatie en worden dan vrijwel het hele etmaal belicht. Wanneer dit niet wordt gedaan, ontstaat onder de

zaadlobben een zeer lange stengel (poot), waardoor de plant onnodig lang en moeilijk verwerkbaar wordt.

Om dit tegen te gaan, is het noodzakelijk de planten tot ruim veertien dagen na het zaaien (uitzetstadium) goed te belichten. De kosten per plant zijn betrekkelijk gering, omdat de planten nog vrij dicht bij elkaar staan.

viger bladeren, die in het pootbare stadium ook een groter bladoppervlak heeft dan planten die niet tot het uitpoten zijn bijbelicht. In tabel 3 is een getal gegeven voor de som van de bladdiameters. Dit is de som van de bladdiameters van de op het moment van uitpoten per plant aanwezige bladeren. Ook al is er later gezaaid, toch is de bladdiameter groter naarmate meer uren per etmaal is bijbelicht.

Hetzelfde zien we bij het plantgewicht. Toch kan van elk van deze drie partijtjes planten worden gesteld dat het op het moment van uitplanten flinke planten waren die, praktisch gezien, aan uitpoten toe waren. De plantlengten waren nauwelijks verschillend en de grotere en dikkere bladeren waren, samen met de dikkere stengel en bladstelen, de oorzaak van het hogere plantgewicht. Bij komkommers is dan ook sprake van een duidelijke beïnvloeding van de plantkwaliteit door bijbelichting.

Uiteindelijk gaat het natuurlijk

Door bijbelichting kan een korte, stevige plant worden verkregen

om de produktie van de planten die worden uitgepoot. Bijbelichten kost geld en planten die tot het uitplanten zijn bijbelicht, zullen in het algemeen dan ook duurder zijn dan planten die niet of tot het uitzetten zijn bijbelicht. Een teler zal alleen bereid zijn deze hogere kosten te betalen als daar een hogere opbrengst tegenover staat.

Al eerder is gesteld dat, uitgaande van een gelijk plantgewicht bij paprika en tomaat, de verschillen in zichtbare plantkwaliteit op het moment van uitplanten niet groot zijn. Wanneer met planten van deze gewassen opbrengstproeven worden gedaan, blijken de verschillen meestal zo klein te zijn, dat ze kunnen worden verwaarloosd. De in de tabellen 1 en 4 gegeven produktiecijfers geven daarvan een beeld. Bij komkommers ligt dit anders. Bij onderzoek komen steeds verschillen naar voren die bijbelichting zeer interessant maken. Uitgaande van een gelijke zaaidatum en daardoor dus zeer grote verschillen in plantgrootte bij het uitpoten, ontstaan verschillen in produktie tot 2 à 2,5 kg, ofwel tot vijf a zes stuks per m². In tabel 2 zien we een voorbeeld waarbij het verschil tussen niet belichten en 24 uur belichten aanvankelijk 2,3 en later 2 kg per m² bedraagt. Wanneer de zaaidatum wat wordt aangepast (later zaaien bij meer belichten), kan dat verschil tot ongeveer de helft worden teruggebracht. In de proef waarvan in tabel 3 een aantal gegevens is vermeld, is dit weliswaar niet helemaal gelukt, maar wel redelijk benaderd. Ervan

Tabel 4. Plantgewicht bij uitpoten (in g) en produktie (in kg per m²) van paprika-planten bij drie belichtingsbehandelingen met „aangepaste” zaaidata (belichtingsduur is inclusief de natuurlijke dag)

Behandeling	Zaadatum	Plantgewicht (28-12)	Produktie	
			3-5	28-6
Géén	10-10	19,5	1,92	5,84
12 uur/etmaal	15-10	19,1	2,12	5,84
18 uur/etmaal	25-10	18,2	1,47	5,46
24 uur/etmaal	4-11	10,8	1,54	5,84

Tabel 5. Vermenigvuldigingsfactor van het plantgewicht van paprika's bij verschillende belichtingsbehandelingen en in verschillende perioden

Bijbelichting	Periode				
	3-12/10-12	10-12/17-12	17-12/24-12	24-12/28-12	3-12/28-12
Géén	1,7	1,9	1,2	1,4	5,3
12 uur/etmaal	2,0	2,0	1,4	1,4	7,8
18 uur/etmaal	2,4	2,5	1,8	1,4	15,6
24 uur/etmaal	2,5	2,9	1,9	1,7	23,2



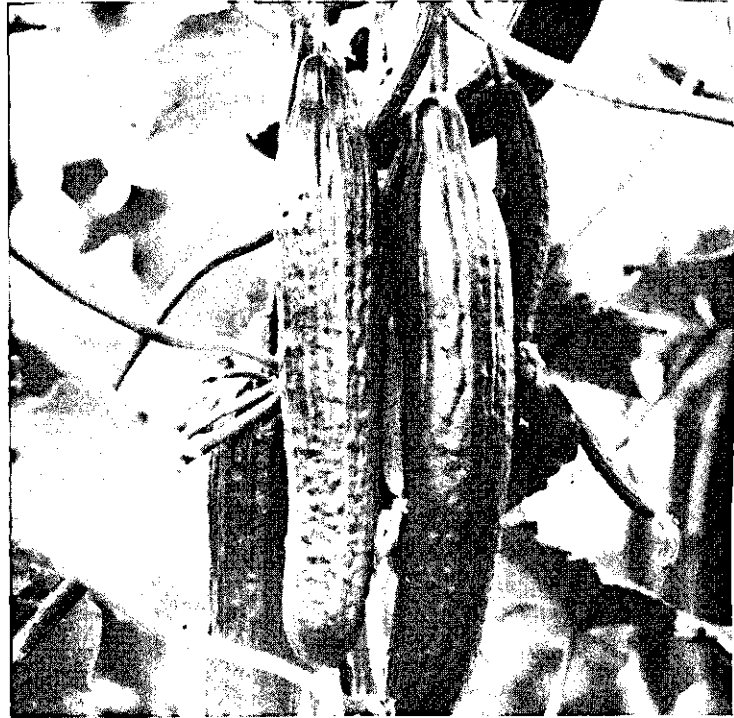
Ook zonder bijbelichting kan een mooie tomatenplant worden geteeld. Dan moet echter wel vroeger worden gezaaid

uitgaande dat in deze laatste proef bij elk van de behandelingen een, praktisch gezien, goed pootbare plant is verkregen en dat vroeger zaaien van de minder belichtbare planten geen goed bruikbaar alternatief is, is het duidelijk dat bijbelichten voor komkommerplanten in de wintermaanden een rendabele aangelegenheid is. De meerkosten worden door de meeropbrengst ruim goed gemaakt. Toch blijft ook bij de komkommerteelt het wel of niet tot het uitplanten bijbelichten een jaarlijks terugkerend discussiepunt. Een aantal komkommertelers is overtuigd van de voordelen van bijbelichting tot het uitplanten terwijl anderen daar grote twijfels over hebben. De onderzoekresultaten zijn duidelijk. In dit artikel zijn slechts enkele resultaten vermeld, maar er zijn van een flink aantal proeven resultaten beschikbaar die alle in dezelfde richting wijzen. Het lijkt daarom ongegrond te twijfelen aan het effect van bijbelichten

bij komkommers. Wanneer géén verschillen of voordelen voor de onbelichte plant worden gevonden, zullen andere factoren daar een rol bij spelen en in het voordeel van de onbelichte planten werken. Temperatuur, gewasbehandeling, plantbelasting en voeding zijn van invloed op de groei en de ontwikkeling van de planten. Een bijbelichte plant kan ten aanzien van deze factoren soms wat andere optima hebben dan onbelichte planten.

Samenvatting

Met bijbelichting kan de groeisnelheid van planten gedurende de wintermaanden aanmerke-



lijk worden bekort. Naarmate de planten méér uren per etmaal worden belicht, verloopt de groei sneller.

Het effect van (bij)belichting overdag is minder groot dan van belichting gedurende de nacht. De plantkwaliteit, uitgedrukt in stevigheid, bladoppervlak, wortelontwikkeling en „verwerkbaarheid”, kan door belichting met kunstlicht worden opgevoerd. Bij paprika en tomaat is de verbetering echter gering en voor de praktijk niet voldoende om er op grote schaal gebruik van te maken. Bij komkommer is de kwaliteitsverbetering zodanig, dat een flink deel van de

Door gebruik te maken van een goed belichte plant, kan de vroege produktie worden vergroot

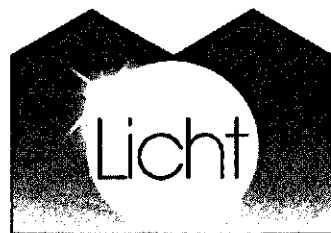
planten die in december en januari worden uitgeplant, tot het uitpoten worden bijbelicht.

De invloed van bijbelichten op de produktie lijkt vooral een effect van de bladoppervlakte bij het uitplanten. Omdat bij paprika en tomaat de gewenste bladoppervlakte van de planten ook door vroeger zaaien kan worden bereikt zonder dat daardoor de „verwerkbaarheid” wordt verminderd, is de praktische waarde van bijbelichten voor deze gewassen gering. Bij komkommers zien we wel zo'n effect dat het voor de praktische teler interessant is. Wanneer vroeger wordt gezaaid, leidt dit ook bij dit gewas uiteraard tot een groter bladoppervlak, maar de planten zijn dan erg lang en dun, breken of beschadigen makkelijk en zijn dus minder goed te verwerken.

ING. J. A. M. VAN UFFELEN
Proefstation Naaldwijk

Bij paprika kan, wanneer vroeger wordt gezaaid, een nagenoeg gelijk resultaat worden bereikt als wanneer wordt bijbelicht





**ECONOMISCHE
ONDERWERPEN**

Overheidspremie

Omdat overheidspremies zijn bedoeld om investeringen te stimuleren, worden ze hier wel genoemd, maar er wordt in het artikel verder niet mee gerekend.

In onze berekeningen zijn we steeds uitgegaan van bruto investeringsbedragen. Dat wil zeggen dat deze bedragen exclusief BTW zijn en er geen rekening is gehouden met overheidssubsidies en premies. Wanneer wel rekening wordt gehouden met premies en subsidies, hebben we te maken met:

- Regeling Energiebesparende maatregelen in de glastuinbouw. Deze regeling zou per 31 december 1984 zijn afgelopen, maar is verlengd tot 1 juli 1985 met de mogelijkheid de investering tot 31 december 1985 uit te voeren. De subsidie is van verschillende factoren afhankelijk, maar het subsidiebedrag zal in ieder geval niet meer dan 25% van het investeringsbedrag zijn.

- De Wet Investeringsrekening (WIR) heeft voor investeringen een basispremie van 12,5%, voor energiebesparende maatregelen 10% en een kleinschaligheidspremie, afhankelijk van de hoogte van het investeringsbedrag per jaar, van 6 tot 0%. In totaal zou aan WIR-premies ongeveer 25% mogen worden gerekend.

In concrete situaties moet worden bekeken wat de subsidies en premies zijn.

BEDRIJFSECONOMISCHE BESCHOUWING LICHT-OPBRENGST RELATIE

In dit artikel wordt stilgestaan bij de vragen die een tuinder mogelijk heeft bij investeringsbeslissingen. Moet de kas worden aangepast zodat een scherm kan worden geïnstalleerd of is dat economisch niet verantwoord? En wanneer wordt gekozen voor nieuwbouw, welk kastype zou het dan moeten zijn, rekening houdend met de verwachte ontwikkelingen van het bedrijf in de toekomst? Als wordt doorgedaan met de huidige teelt, moet bij de beslissing de mogelijkheid worden opgehouden te kunnen omschakelen naar andere gewassen. Zo kunnen er meer factoren worden aangegeven die van belang kunnen zijn voor de keus van wat NU zal worden gebouwd.

Voor de berekeningen is gebruik gemaakt van een beslissingsmodel op basis van de Netto Contante Waarde (NCW)-methode. Door uitgangspunten te kiezen voor alle factoren die van invloed zijn op de investeringsbeslissing, kan per jaar het saldo worden bepaald. Onder dat saldo wordt dan verstaan het bedrag aan energiebesparing waarvan het opbrengstverlies door het eventuele lichtverlies en de aanvullende jaarkosten

voor het onderhoud worden afgetrokken.

Op deze manier kan voor een bepaalde periode het saldo worden berekend. Als het rendement van een bepaalde investering over een periode van bijvoorbeeld vijftien jaar wordt bekeken, zal dus voor vijftien achtereenvolgende jaren het saldo moeten worden bepaald. Al deze saldi bij elkaar moeten worden vergeleken met het investeringsbedrag. Omdat ook rekening

moet worden gehouden met het renteverlies, zijn de toekomstige saldi niet zoveel waard als het lijkt. Ze moeten met de rentefactor worden gecorrigeerd. Dit wordt ook wel "contant maken" genoemd. Het getal dat zo wordt gevonden, heet de **Contante Waarde (CW)**. De som van de contante waarden moet uiteindelijk worden vergeleken met het investeringsbedrag. Het verschil tussen de Contante Waarde en het investeringsbedrag is de zogenaamde **Netto Contante Waarde**. Naarmate de **Netto Contante Waarde hoger is, is de investering aantrekkelijker**.

Uitgangspunten

Omdat bij de berekeningen met veel verschillende uitgangspunten rekening moet worden gehouden, zijn ze voor de duidelijkheid in een aantal categoriën ingedeeld.

Algemeen Economisch. De algemeen economische uitgangspunten zijn de verwachtingen die nu bestaan over de ontwik-

kelingen op het gebied van de rentevoet, de inflatie, de opbrengststijging en de gasprijs. Voor de rente is uitgegaan van 8,5%. De inflatie is gesteld op 3%. De jaarlijkse opbrengststijging, dat wil zeggen de fysieke opbrengststijging en de prijsstijging samen, is gesteld op 2%. De gasprijs is op dit moment 42,5 cent per m³. Voor de toekomstige ontwikkeling van de gasprijs is eenzelfde percentage aangehouden als voor de verwachte inflatie.

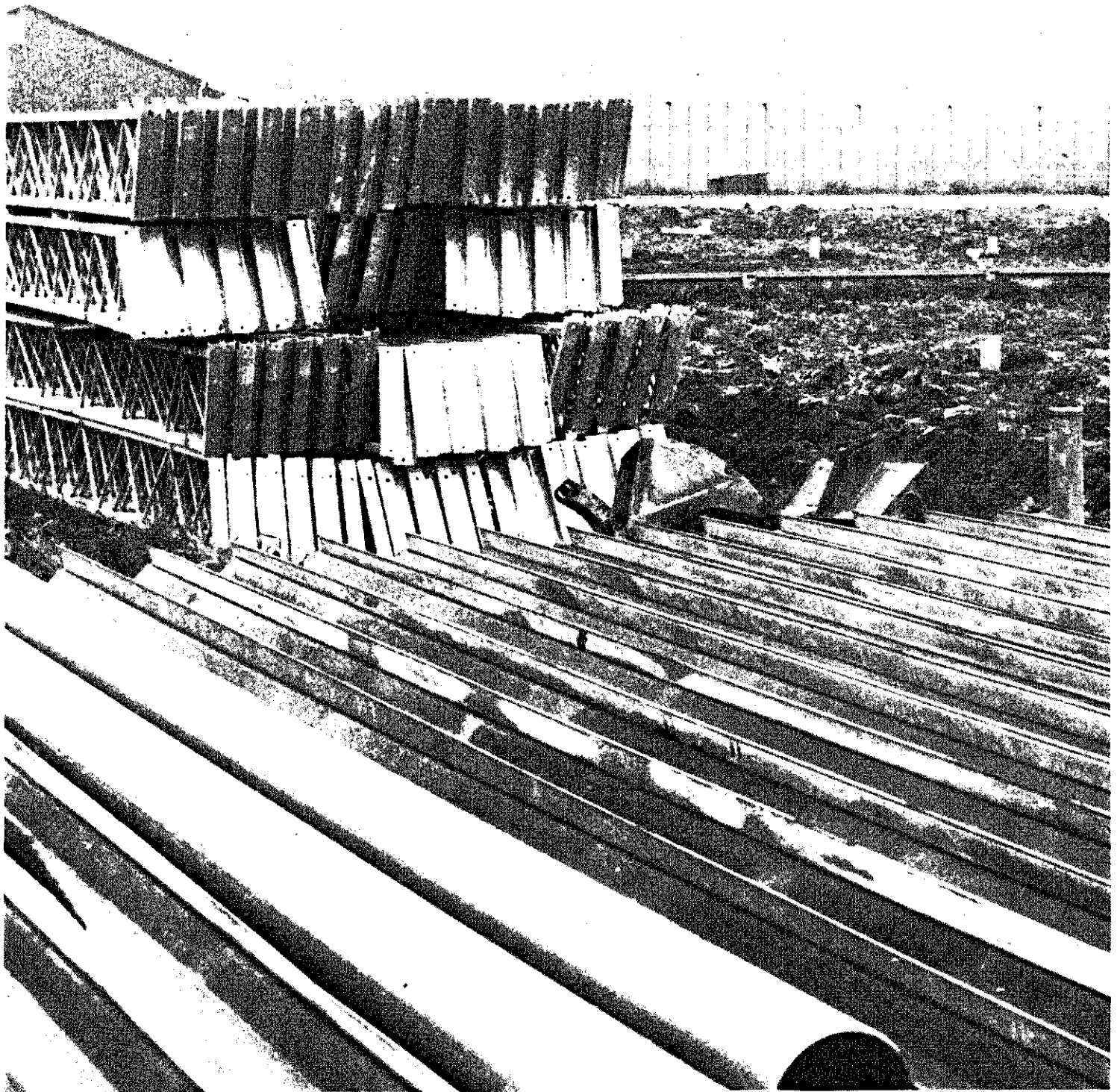
Materialen. Wanneer naar nieuw te bouwen kassen wordt gekeken, worden daarbij vier verschillende kastypen betrokken.

De **standaard kas (I)** heeft een smalle goot, een vakmaat van 4 m en een glasmaat van 100 cm. De lichtdoorlatendheid bedraagt 73% en het relatieve lichtverlies is op 0% gesteld. Wanneer in deze kas een scherm wordt geïnstalleerd, zal de lichtdoorlatendheid 70% zijn en het relatieve lichtverlies zal 4% bedragen. De besparing op het gasverbruik wordt op 25% geschat.

De aanvullende jaarkosten voor de scherminstallatie en het schermmateriaal staan los van elkaar. Stel dat het schermdoek bij installeren f 3,— per m² kost en dat het vier jaar meegaat. Na die vier jaar zal het worden vervangen. Dit vraagt behalve een investering in het schermdoek ook de nodige arbeid. Daarnaast moet de installatie ook in goede staat worden gehouden. Daartoe moet deze worden vervangen zodra de economische levensduur is verstreken. Hiervoor is een periode van acht jaar aangehouden, terwijl de economische levensduur van de kas op vijftien jaar is gesteld. Bij de economische levensduur wordt rekening gehouden met de technische ontwikkelingen van de produktiemiddelen. Daardoor is de economische levensduur meestal korter of ten hoogste gelijk aan de technische levensduur.

Bij de aanvullende jaarkosten is ook rekening gehouden met de vervanging na acht jaar. In totaal is hiervoor een bedrag nodig





van f 1,75 voor onderhoud, schermdoek en het vervangen van de installatie. Het investeringsbedrag dat bij de berekeningen is aangehouden, bedraagt f 8,— per m² voor de installatie en f 3,— per m² voor het doek. Premies, subsidies en BTW zijn hier net als bij alle andere berekeningen niet bij betrokken. De berekeningen betreffen een periode van vijftien jaar.

Een kas met 73 cm breed dubbel glas (IIa), een smalle goot en een vakmaat van 3 m vormt het tweede object. De lichtdoorlatendheid is ongeveer 62% en het relatieve lichtverlies in vergelijking met de standaard kas bedraagt 15%. Hierbij is rekening gehouden met een smallere roede. De energiebesparing is gesteld op 45%. Er zijn geen aanvullende jaarkosten, de meerinvestering van de dubbeldekskas bedraagt in vergelijking met de standaard kas f 40,— per m². De uitrusting van de kas is overigens gelijk aan die van de standaard kas (verwarmingcapaciteit).

Ook is een dubbeldeks kas met 100 cm breed glas (IIb) in de beschouwing opgenomen. Deze opstand heeft een smalle goot en een vakmaat van 4 m. De lichtdoorlatendheid is 65% zodat het relatieve lichtverlies in vergelijking met de standaard kas 11% bedraagt. De energiebesparing en de investering is ongeveer gelijk gesteld aan kas IIa.

Een dubbel scherm geïnstalleerd in de standaard kas (III) geeft een relatief lichtverlies van 7%. De besparing wordt geschat op 40%. De investering voor de installatie bedraagt f 12,— per m², het doek vraagt een investering van f 3,— per m² en het plastic (het tweede scherm) f 1,— per m². De totale investering komt dan uit op f 16,— per m².

Voor de aanvullende jaarkosten is van dezelfde werkwijze gebruik gemaakt als bij het enkele scherm. Ook in deze situatie wordt verondersteld dat — als gevolg van de economische veroudering — na acht jaar een nieuwe dubbel-scherminstalla-

tie zal worden geïnstalleerd.

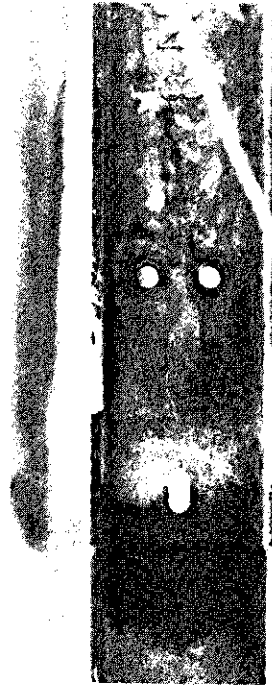
De aanvullende jaarkosten komen dan uit op f 3,20 per m² per jaar. De economische levensduur van de scherminstallatie is eveneens op acht jaar gesteld.

De Hortiplus-kas (IVa) heeft een smalle goot, een vakmaat van 4 m en een glasmaat van 100 cm. De lichtdoorlatendheid is ongeveer 63% en het relatieve lichtverlies ten opzichte van de standaard kas is dus 13%. Voor de energiebesparing is een percentage van 20 aangehouden. De extra investering van een kas die met Hortiplus wordt gedekt, bedraagt f 8,50 per m².

Het verschil van de kas die met Hortiplus is gedekt (IVb) met kas IVa is dat de lichtdoorlatendheid 66% bedraagt en het relatief lichtverlies ten opzichte van de standaard kas 10% is. Dit glas zou nu beschikbaar zijn en zou een besparing opleveren van 22,5%. De overige gegevens veranderen echter niet.

Bedrijf. In de berekeningen wordt steeds van een modern toegerust bedrijf uitgegaan. Dit houdt in dat energiebesparende voorzieningen zijn getroffen zoals een rookgascondensor, een klimaatcomputer en een optimale verwarmingssituatie. Het warehouse is in de zeventiger jaren gebouwd en is 10.000 m² groot. De lichtdoorlatendheid van de kas is 68%. De gevel is met plastic geïsoleerd en wanneer een scherm zou moeten worden geïnstalleerd, is dit zonder aanpassingen niet mogelijk. In eerste instantie zal worden nagegaan of aanpassen of vervangen verantwoord is. Wanneer dit laatste het geval is, zal 10.000 m² nieuwe kas (traliebouw van 6,4 m) met een lengte en een breedte van 100 m en een goothoogte van 3,2 m worden gebouwd. Hoe de kas er verder zal uitzien (scherm, dubbel dek of Hortiplus) zal daarna worden bekeken.

Teelten. Op een bedrijf kan een grote verscheidenheid aan gewassen worden geteeld. Om het geheel toch overzichtelijk te houden, zijn drie voorbeelden genomen waarvoor u groenten, bloemen of potplanten zou mo-



gen invullen.

Voor de groenten worden de opbrengsten op f 60,— per m² gesteld en het gasverbruik op 50 m³. De opbrengsten voor een teelt van bloemen zijn op f 80,— per m² gesteld met een gasverbruik van 60 m³. Een potplantenteelt zou f 120,— per m² opbrengen en het gasverbruik zou 70 m³ per m² bedragen.

Op ieder bedrijf zullen de opbrengst en het gasverbruik anders zijn. Met deze uitgangspunten wordt slechts een indicatieve gegeven van de opbrengsten en de gasverbruiken.

Licht-opbrengst relatie. Bij de berekeningen zijn twee licht-opbrengst relaties aangehouden: 1% licht kost 1% productie en 1% licht kost 0,5% productie. Deze relaties zijn wel een vereenvoudiging van de werkelijkheid.

In voorgaande artikelen is geschreven dat de licht-opbrengst relatie afhankelijk is van het gewas, het gewastype, de plantleeftijd en het jaargetijde. Verder kan de lichtinvloed soms worden overschaduwd door andere klimaatfactoren. Zo kan bijvoorbeeld een betere temperatuur en luchtvochtigheid compenserend werken op het

lichtverlies van energieschermen in het vroege voorjaar. In deze gevallen leidt lichtverlies dankzij een verbeterd klimaat dan niet of nauwelijks tot produktieverlies. In veel gevallen kan echter over een hele teeltperiode wel de conclusie worden getrokken dat de relatie 1% licht = 1% productie redelijk klopt.

Aanpassen of vervangen

Wanneer een scherm in de beschreven kas wordt geïnstalleerd, is daar een bedrag voor nodig van f 20,— per m² (inclusief doek en aanpassingen). De lichtdoorlatendheid van de kas loopt terug en is dan nog 65%.

Gerelateerd aan de standaard kas zonder scherm is het lichtverlies 11% en wordt 25% energie bespaard.

De nieuw te bouwen kas (standaard kas) is veel dichter, heeft dubbele gevels en met een scherm een lichtdoorlatendheid van 70%. Wanneer dit percentage wordt vergeleken met de standaard kas zonder scherm is het lichtverlies 4%.

De energiebesparing van de nieuwe kas met scherm wordt gesteld op 35%. Het investeringsbedrag inclusief scherm en doek bedraagt f 64,50 per m². De economische levensduur van het scherm wordt gesteld op acht jaar. De nieuwe kas zal dan nog een restwaarde hebben. In de berekeningen is daarmee rekening gehouden. De aanvullende jaarkosten voor de schermen zijn gelijk en op f 1,25 per m² per jaar gesteld. Het bedrijf heeft in de uitgangssituatie een gasverbruik van 52 m³ per m² en een opbrengst van f 58,— per m². Er is over een periode van acht jaar gerekend, omdat de economische levensduur van het scherm op acht jaar is gesteld en wordt verondersteld dat de oude kas ook zo lang meegaat.

Bij een licht-opbrengst verhouding van 1:1 is het verschil tussen de Netto Contante Waarde van aanpassen ten opzichte van die van nieuwbouw bij deze uitgangspunten f 8,60 per m² in het voordeel van de nieuwbouw. Als de licht-opbrengst relatie op 1:0,5 wordt gesteld, is het ver-

schil bij verder dezelfde uitgangspunten f 3,60 per m², maar nu echter in het voordeel van het aanpassen van de opstand. Bij een lichtopbrengst relatie van 1:0,65 ligt het zogenaamde omslagpunt. Deze berekeningen tonen aan dat bij een lichtopbrengst relatie van 1:1 de totale investering niet meer mag bedragen dan f 11,40 per m² (uitgaande van een investering van f 20,— per m²). Voor de aanpassing op zich blijft dan niet meer over dan f 0,40 per m² als het scherm inclusief doek een investering vraagt van f 11,— per m². Als de lichtopbrengst relatie echter 1:0,5 is, zou de aanpassing f 23,60 per m² mogen bedragen om dan op eenzelfde niveau uit te komen van de Netto Contante Waarde als bij nieuwbouw. Dat wil zeggen f 11,— per m² voor de scherminstallatie en f 12,60 per m² voor de eigenlijke aanpassingen.

Wanneer de lichtdoorlatendheid van een warenhuis dus kan worden aangegeven, kan bij andere te kiezen uitgangspunten worden berekend of het verantwoord is de kas aan te passen. Bij een relatief lage lichtdoorlatendheid wordt ook wel overwogen gewassen te telen die minder lichtgevoelig zijn. Het voorbeeld waarbij voor een lichtopbrengst relatie van 1:0,5 is gekozen, geeft wat dat aangaat ruimere mogelijkheden aan. Voor alle duidelijkheid geven we nog een voorbeeld met andere uitgangspunten voor wat betreft de opbrengst en het gasverbruik.

De opbrengsten worden daarbij op f 50,— per m² gesteld en het gasverbruik op 35 m³ per m². Bij een lichtopbrengst relatie van 1:1 is de Netto Contante Waarde voor het aanpassen van de kas f 3,— per m² hoger dan die voor nieuwbouw. Dit houdt dus in dat er voor scherminstallatie, schermmateriaal en aanpassingen maximaal f 23,— per m² mag worden uitgetrokken. Als de lichtopbrengst relatie op 1:0,5 wordt gesteld, is de Netto Contante Waarde voor het aanpassen van de kas in vergelijking met die voor nieuwbouw f 11,60 per m² hoger. Voor de aanpassingen, de scherminstallatie en het

Tabel 1. Netto Contante Waarde van zes alternatieven bij een opbrengst van f 60,— per m² en een gasverbruik van 50 m³ per m²

Kas-type	Licht-opbrengst relatie 1:1				Licht-opbrengst relatie 1:0,5			
	Contante Waarde	Investering	Netto Contante Waarde	Rang-orde	Contante Waarde	Investering	Netto Contante Waarde	Rang-orde
I	11,30	11,—	0,30	1	22,50	11,—	11,50	4
IIa	10,50	40,—	-29,50	6	52,40	40,—	12,40	3
IIb	32,80	40,—	- 7,20	4	63,50	40,—	23,50	1
III	10,50	16,—	- 5,50	3	30,00	16,—	14,00	2
IVa	-12,50	8,50	-21,00	5	5,60	8,50	- 2,90	6
IVb	5,10	8,50	- 3,40	2	19,20	8,50	10,70	5

Tabel 2. Netto Contante Waarde bij een opbrengst van f 80,— per m² en een gasverbruik van 60 m³ per m²

Kas-type	Licht-opbrengst relatie 1:1				Licht-opbrengst relatie 1:0,5			
	Contante Waarde	Investering	Netto Contante Waarde	Rang-orde	Contante Waarde	Investering	Netto Contante Waarde	Rang-orde
I	14,30	11,—	3,30	1	29,20	11,—	18,20	3
IIa	2,80	40,—	-37,20	6	57,30	40,—	17,30	4
IIb	31,20	40,—	- 8,80	4	72,10	40,—	32,10	1
III	14,20	16,—	- 1,80	2	40,20	16,—	24,30	2
IVa	-22,10	8,50	-30,60	5	2,00	8,50	- 6,50	6
IVb	0,70	8,50	- 7,80	3	19,30	8,50	10,80	5

schermmateriaal zou dan maximaal f 31,60 per m² mogen worden uitgetrokken.

Bij deze beschouwingen is ervan uitgegaan dat een aangepaste oude kas inclusief scherm dezelfde mogelijkheden heeft als de nieuwbouw standaard kas. Als dit niet het geval is, zullen de factoren die anders zijn, moeten worden gekwantificeerd en zal ook daar rekening mee moeten worden gehouden.

Met dit criterium zou dan kunnen worden berekend wanneer een kas economisch verouderd is.

Welk type nieuwbouw

Als wordt gekozen voor nieuwbouw, komt de vraag naar voren of er betere kastypen zijn. Er zijn immers verschillende mogelijkheden. We hebben voor vier verschillende kastypen gekozen, waarbij van de kastypen II en IV twee varianten zijn ingebracht. Er zijn dus in totaal zes mogelijkheden.

In de eerste plaats willen we de uitgangspunten f 60,— per m² aan opbrengst en een gasverbruik van 50 m³ per m² onder de loep nemen. Bij de gekozen uitgangspunten en een lichtopbrengst verhouding van 1:1 heeft kastype I (standaard kas

met scherm) rangorde nummer 1 (tabel 1). De andere typen hebben een lagere Netto Contante Waarde. Als de lichtopbrengst verhouding op 1:0,5 wordt gesteld, komt kastype IIb (kas met dubbel glas, 100 cm) als beste uit de bus.

In de tweede plaats worden de uitgangspunten bekeken bij een opbrengst van f 80,— per m² en een gasverbruik van 60 m³ per m² (tabel 2). Kastype I heeft bij deze uitgangspunten en bij een lichtopbrengst relatie van 1:1 de hoogste Netto Contante Waarde.

De volgende in de rangorde is de standaard kas met een dubbel scherm. Bij een lichtopbrengst relatie van 1:0,5 komt wederom de kas met 100 cm breed dubbel

glas als de meest rendabele investering naar voren.

In derde instantie wordt de Netto Contante Waarde van de verschillende mogelijkheden bij een opbrengst van f 120,— per m² en een gasverbruik van 70 m³ per m² bekeken (tabel 3). De Netto Contante Waarde bij deze uitgangspunten en bij een lichtopbrengst relatie van 1:1 is het hoogst bij kastype I. Wanneer de lichtopbrengst relatie echter op 1:0,5 wordt gesteld, heeft kastype IIb de hoogste Netto Contante Waarde.

Algemene conclusie

Indien de lichtopbrengst relatie op 1:1 wordt gesteld, is de Netto Contante Waarde van kastype I, de standaard kas met een enkel scherm, voor de aangegeven bedrijfstypen het hoogst. Alle andere kastypen hebben een lagere Netto Contante Waarde en zijn dus als investering minder aantrekkelijk. Als de lichtopbrengst relatie 1:0,5 zou zijn, zou kastype IIb, een kas met dubbel glas dat 100 cm breed is, de hoogste Netto Contante Waarde hebben.

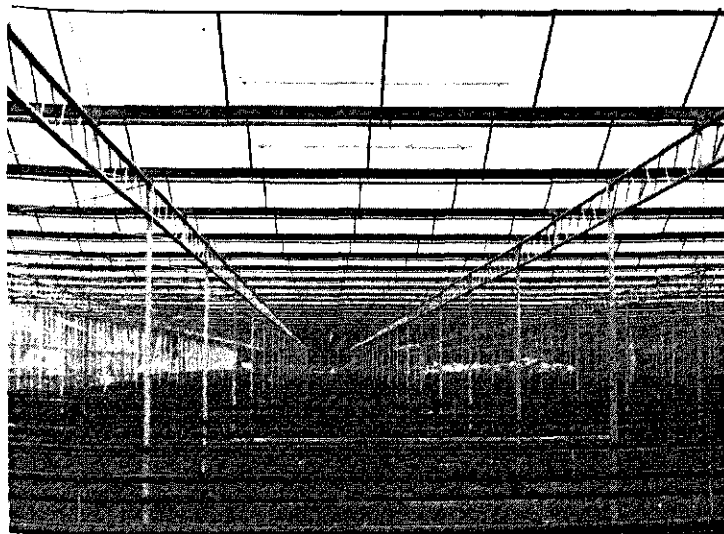
De standaard kas met dubbel scherm (kastype III) kan een redelijk alternatief zijn omdat die in de rangorde bij alle bedrijfstypen als tweede naar voren komt en de Netto Contante Waarde ongeveer op een gelijk niveau ligt als dat voor kastype IIb.

Bij de uitgangspunten is f 3,20 per m² als aanvullende jaarkosten voor het dubbele scherm opgenomen. Er is rekening mee gehouden dat de installatie van het scherm na ongeveer acht jaar moet worden vervangen. Wanneer zich ontwikkelingen voor-

Tabel 3. Netto Contante Waarde bij een opbrengst van f 120,— per m² en een gasverbruik van 70 m³ per m²

Kas-type	Licht-opbrengst relatie 1:1				Licht-opbrengst relatie 1:0,5			
	Contante Waarde	Investering	Netto Contante Waarde	Rang-orde	Contante Waarde	Investering	Netto Contante Waarde	Rang-orde
I	9,90	11,—	- 1,10	1	32,50	11,—	21,20	3
IIa	-15,00	40,—	-55,00	6	48,20	40,—	8,20	4
IIb	9,20	40,—	-30,80	4	70,50	40,—	30,50	1
III	0,50	16,—	-15,50	2	44,00	16,—	28,50	2
IVa	-36,20	8,50	-44,50	5	13,80	8,50	-23,30	6
IVb	-17,60	8,50	-26,10	3	10,20	8,50	1,70	5

LICHT-OPBRENGST RELATIE ECONOMISCH BEKEKEN



doen in installatie en/of in schermmateriaal kan de ondernemer daarop inspelen. Het zou een installatie kunnen zijn die goedkoper is, die minder lichtverlies geeft of waarvan het materiaal een hogere energiebesparing geeft. Als mocht blijken dat de installatie na ongeveer acht jaar economisch nog niet is versleten, zou de investering van f 12,— per m² niet hoeven te worden gemaakt. De aanvullende jaarlasten zouden dan dus lager moeten zijn.

Tenslotte

In de inleiding zijn al verschillende opmerkingen gemaakt over de bedrijfsontwikkeling. Een ondernemer zal zich goed moeten realiseren dat wanneer hij gaat investeren, dit voor kassen een investering is voor een lange termijn. Hij legt zich immers voor een groot aantal jaren vast wat betreft een bepaald kastype. Wanneer een scherm in een kas wordt aangebracht, is de mogelijkheid aanwezig voor folie of doek te kiezen of, als de omstandigheden zich voordoen (teeltverandering), het scherm geheel weg te laten. Dit zal met een dubbel dek of met Hortiplus niet kunnen omdat er dan voor een aanpassing grote investeringen moeten worden gedaan.

De subsidies en premies zijn niet verwerkt in de Netto Contante Waarden. Wanneer de ondernemer over subsidies en premies

kan beschikken, zal hij daar bij zijn investeringsbeslissing rekening mee moeten houden. Omdat de subsidies en premies van geval tot geval variëren, zijn ze buiten de berekeningen gehouden.

In de uitgangspunten wordt uitgegaan van een licht-opbrengst relatie van 1:1 en 1:0,5. De licht-opbrengst relatie van 1:1 kan over het hele jaar gerekend worden aangehouden. Omdat onder dubbele dekken en Hortiplus van een ander klimaat sprake is (relatieve luchtvochtigheid en temperatuur) is het voor een aantal gewassen mogelijk gebleken hier voordeel mee te behalen. Om die reden is de licht-opbrengst relatie van 1:0,5 ook in dit artikel opgenomen.

Het zal voor het onderzoek en voor de praktijk overigens een uitdaging moeten zijn om onder een enkel dek, in combinatie met een enkel scherm, een zelfde klimaat te realiseren als waar onder een dubbel dek sprake van is.

Voor vragen en opmerkingen over de hier gehanteerde rekenwijze kunt u bij de voorlichtingsdienst terecht. Ze zijn van deze werkwijze op de hoogte.

ING. J. K. NIENHUIS
Proefstation Naaldwijk

Licht is beschreven als de bron van de groei en ontwikkeling van gewassen. De zon blijkt meer te zijn dan een stralende bol aan de hemel. Het aandeel van het zonlicht dat in de kas doordringt, blijkt niet constant te zijn en het bladoppervlak om het zonlicht op te vangen evenmin. Dit zijn twee dankbare onderwerpen om over te schrijven. Het kasklimaat zo regelen dat het licht zo goed mogelijk wordt opgevangen en wordt benut, was een onderwerp apart. In de serie artikelen over licht is veel stof geboden om eens over na te denken en in groepsverband over door te praten. Diverse ideeën zullen het waard zijn om te worden uitgewerkt en in experimenten te worden getoetst. In deze economische bijdrage zal worden geprobeerd aan te geven op welke gebieden en in welke mate succes mag worden verwacht. In eerste instantie zal de relatie tussen licht en opbrengst eens wat nader worden bekeken.

Licht is voor de groei en ontwikkeling van gewassen van essentieel belang. Economisch gezien is de factor licht van belang omdat licht in een vrij directe relatie lijkt te staan tot de opbrengst. De vuistregel dat 1% meer licht 1% meer opbrengst geeft, wordt bij veel investeringsbeslissingen meer of minder streng gehanteerd. Bij beslissingen die samenhangen met energiebesparing en bij de keus van een nieuwe kas of kasinrichting, blijkt de relatie tussen licht en opbrengst met dit uitgangspunt van doorslaggevend belang te kunnen zijn.

Dat licht van essentieel belang is voor de produktie en de opbrengst wordt in de diverse bijdragen niet ontkend. Integendeel, de relatie tussen licht en opbrengst wordt op diverse plaatsen duidelijk bevestigd. Het strikt toepassen van de 1%-regel wordt echter wel als een wat ruwe benadering gezien. Er zou best wat meer genuanceerd over kunnen worden gedacht.

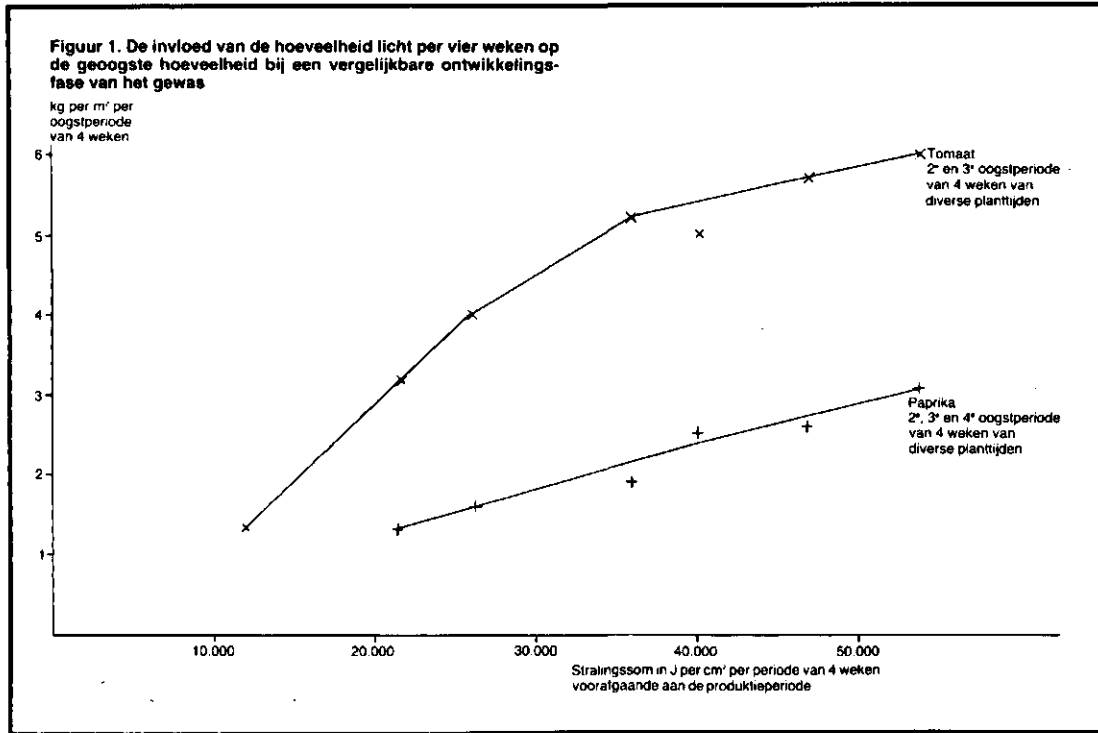
Metten relatie tussen licht en opbrengst

Het lijkt op het eerste gezicht vrij eenvoudig een relatie tussen licht en opbrengst vast te stellen. Iedereen weet uit ervaring dat de groei en ontwikkeling van planten in zuidelijke streken (in een aantal opzichten) makkelijker verloopt dan hier en dat groeiprocessen in de zomer snel-

ler verlopen dan in de winter. Voor het meten van de invloed van licht op de opbrengst zijn echter meetgegevens en vergelijkbare omstandigheden nodig en dan komt er een aantal problemen naar voren die de aandacht vragen.

Als eenvoudige benadering zal hier worden aangegeven hoe de relatie tussen licht en opbrengst kan worden gemeten vanuit de verschillen binnen het seizoen. Voorlopig wordt aangenomen dat de relatie die daarmee wordt gevonden ook opgaat voor verschillen tussen kassen. Voor deze benadering is gekozen, omdat de gegevens over lighthoeveelheid en opbrengst per maand beschikbaar zijn.

Daarbij komen belangrijke hindernissen aan de orde die moeten worden genomen om goed te kunnen meten. De lighthoeveelheid die door het KNMI wordt gemeten, is niet gelijk aan de lighthoeveelheid die door het gewas wordt opgevangen. De lighthoeveelheid die door de kas wordt tegengehouden, is op maandbasis een vrijwel constant deel van het totaal. Dit ondanks de verschillen die van uur tot uur kunnen worden gemeten. Het aandeel van het licht dat op het gewas valt, neemt echter toe naarmate het gewas zich ontwikkelt. Pas gepoot plantgoed zal nog slechts enkele procenten van het licht opvangen, terwijl bij volgroeide gewassen vrijwel



al het licht dat de kas binnentreedt door het blad wordt opgevangen. Wanneer de door het KNMI gemeten lichthoeveelheden als uitgangspunt dienen, kunnen deze dus alleen worden gerelateerd aan de opbrengst van gewassen in een zelfde stadium van ontwikkeling omdat dan van een gelijk bladoppervlak sprake is.

In dit geval is gekozen voor de opbrengst die wordt verkregen van volgroeide gewassen. De opbrengst per maand is voor diverse gewassen bekend uit de opbrengstadministratie van het Landbouw Economisch Instituut. Uit deze gegevens is het opbrengstverloop per maand bekend van één- en tweejarige gewassen voor een reeks van plantdata. Hetzelfde geldt voor meerjarige gewassen. Voor het vaststellen van een relatie tussen licht en opbrengst zijn de gegevens over de opbrengst niet geschikt in verband met de prijsverschillen van maand tot maand. De gegevens over de productie zijn wel bruikbaar. Productiecijfers in kg per m² per maand zijn vrij goed vergelijkbaar. Alleen in de sortering be-

staan er geringe verschillen. Bij de productiecijfers in stuks per m² per maand zal rekening moeten worden gehouden met even-

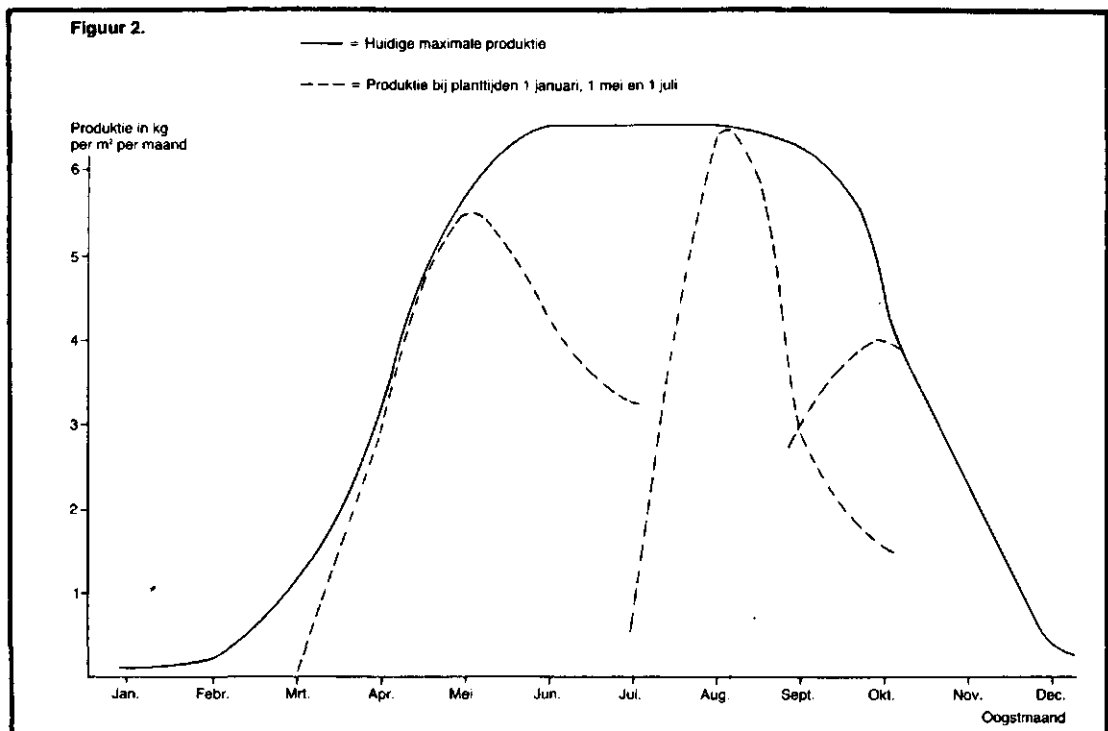
tuele verschillen in het gewicht per stuk.

De oogst vindt plaats aan het eind van een groeiperiode. Voor

een relatie tussen licht en productie lijkt het zinvol de lichthoeveelheid voorafgaande aan de oogstperiode te bekijken. Dat betekent in deze benadering dat de lichthoeveelheid van bijvoorbeeld april wordt bekeken voor de productie in mei.

Tomaat en paprika

Voor het bepalen van een relatie tussen licht en opbrengst zijn gewassen waarbij de productie per kg wordt verkocht de meest eenvoudige. Tussen de assimilatie, onder invloed van licht, en de productie in kg mag bij deze gewassen namelijk een heel direct verband worden verwacht. Bij tomaten kan echter niet de productie tijdens de hele teelt worden bekeken. In de aanloopfase is het bladoppervlak nog sterk in ontwikkeling, waardoor de opgevangen lichthoeveelheid niet bekend is. Na verloop van tijd groeit de plant over de draad heen. Daardoor gaat de vergelijkbaarheid met de periode daarvoor verloren. Alleen de productiegegevens over de tweede en eventueel derde oogstperiode van vier weken zijn dan ook geschikt om te wor-



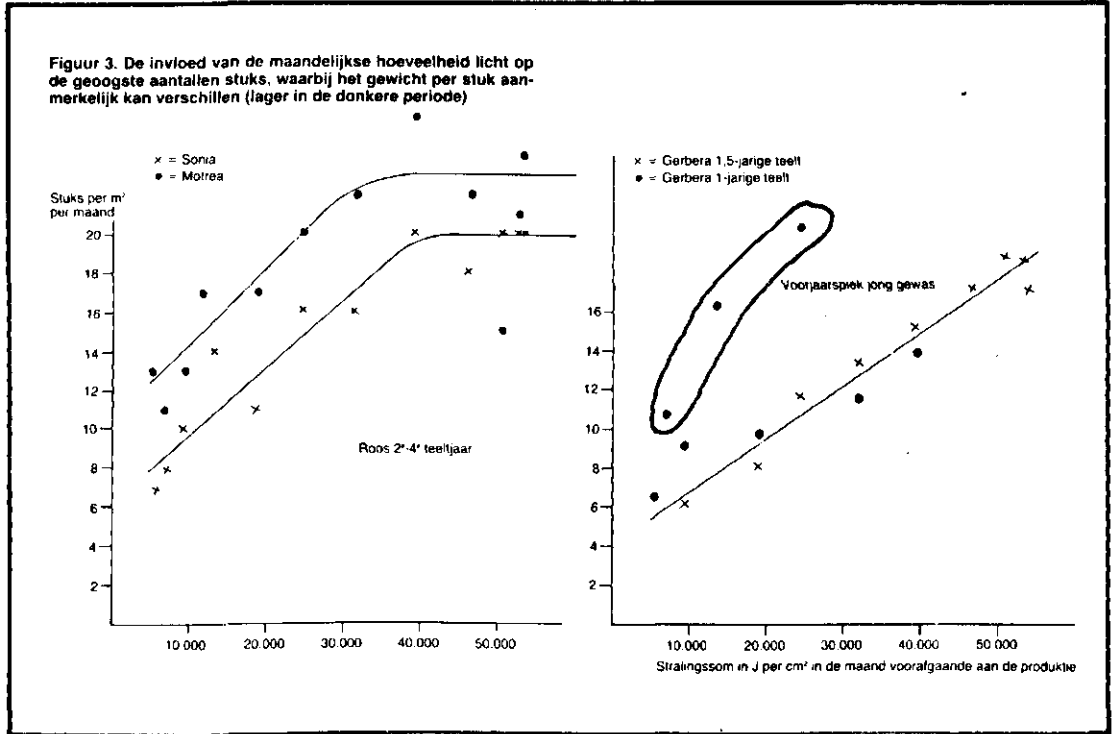
den vergeleken met die over dezelfde periode van de andere planttijden. Meer licht blijkt dan voor een groot deel van het jaar aanleiding te zijn voor een hogere produktie in deze tweede en derde oogstperiode (figuur 1). De produktie bij paprika is over de tweede tot en met de vierde oogstperiode van vier weken bekeken. De plant groeit voortdurend naar boven op steeds dezelfde manier.

Voor beide produkten geldt dat de lijn die het verband tussen licht en produktie weergeeft niet door het nulpunt loopt. Dat betekent in dit geval voor tomaat dat 1% meer licht in het vroege voorjaar zelfs tot ongeveer 1,7% extra produktie zal leiden, maar bij een grotere lichtevoelheid slechts tot 1% extra produktie. In de zomer zijn er andere factoren die de produktie beperken, zodat het lichteffect dan terugloopt tot vrijwel nul. Voor paprika geldt in het vroege voorjaar een vrijwel gelijk lichteffect.

Maximale en gerealiseerde produktie tomaat

Uit het verband tussen licht en produktie bij tomaat valt af te leiden welke produktie maximaal bereikbaar is voor de verschillende maanden van het jaar. Vanaf begin juni tot half september moet een produktie van 6,5 kg per m² per maand tot de mogelijkheden horen. Bij een wat latere planttijd wordt dit in de tweede oogstmaand ook bereikt. Later in de teelt valt de produktie echter snel terug. Uit figuur 2 blijkt verder dat de produktie van tomaten in het vroege en late najaar vrijwel wordt bepaald door de lichtevoelheid. In de zomer is de lichtevoelheid meestal niet de enige beperkende factor.

In de zomer zal het teeltsysteem eveneens invloed hebben op de produktie, zeker wanneer het licht daarmee meer of minder efficiënt kan worden opgevangen. Het effect van het hoge draadsysteem of van het Deense/Engelse systeem, waarbij men de planten laat zakken, is bekend: de produktie blijft gedurende de zomermaanden hoog.



Uit figuur 2 valt af te leiden wat de mogelijkheden met betrekking tot extra produktie zijn, wanneer men gedurende een



teelt het licht langere tijd optimaal weet op te vangen en te benutten.

Roos en gerbera

Bloemisterijprodukten worden niet per kg maar per stuk verkocht. Kwaliteitsverschillen worden onder andere afgemeten aan zichtbare factoren als de lengte van de steel en de grootte van de bloem. Deze kenmerken hangen wel samen met het gewicht per stuk, maar zijn zeker niet bepalend voor het gewicht. Het verschil in kwaliteit van seizoen tot seizoen is bekend, maar voornamelijk kwalitatief en niet in gemeten begrippen. Ondanks deze handicap is bekeken of een relatie tussen licht en produktie kan worden aangetoond.

Bij een rozenteelt, die wordt doorgestookt, staat het hele jaar een volgroeid gewas in de kas, met uitzondering van het jaar waarin wordt vervangen. Het bladoppervlak is in de herfstmaanden weliswaar groter dan in de voorjaarsmaanden, omdat men in de zomer een deel van de geproduceerde takken „spaart”. Een effect daarvan wordt alleen in de maanden mei tot augustus

verwacht, wanneer het gewas wat „kaal” kan komen te staan. Op de produktie kan een lichteffect worden aangetoond, dat voor verschillende cultivars hetzelfde is (figuur 3). De relatief hoge produktie na de maanden met weinig licht is opvallend. Het lijkt wel alsof produktie ook zonder licht kan plaatsvinden. Deze relatief hoge produktie zou mogelijk kunnen worden verklaard uit de „lichter” worden de kwaliteit in de winterperiode. In de zomermaanden blijft de produktie gelijk, ondanks nog toenemende lichtevoelheden. Dit kan een gevolg zijn van een tekortschietend bladpakket, dat bij de cultivar Motrea nog wordt versterkt door de vorming van „platknoppen”. Dat zijn onverkoopte bloemen, die buiten de gemeten produktie vallen.

De teelt van gerbera duurt één tot anderhalf jaar waarbij de plant in het begin één groeipunt bezit, dat zich naderhand splitst in diverse groeipunten. De produktie reageert bij gerbera snel op de lichtevoelheid. Zo snel zelfs, dat hier als uitzondering de produktie in verband is gebracht met de lichtevoelheid



in dezelfde maand. Een ander aspect dat zich bij de teelt van gerbera kan voordoen, is dat er voor het behoud van de bloemkleur bij een hogere lichtintensiteit wordt geschermd. Zowel het effect van een toenemend aantal groeipunten als het effect van schermen is voorlopig verwaarloosd. Een lichteffect op de produktie blijkt duidelijk aanwezig en is voor zowel de éénjarige als de anderhalfjarige teelt gelijk (figuur 3). Voor de gerbera geldt, evenals voor de roos, dat de produktie in de donkerste periode relatief hoog is. Ook hier kan dit een gevolg zijn van een teruglopende kwaliteit in de winter. In de zomer ligt de produktie het hoogst. Het lichteffect gaat door tot de hoogste lighthoeveelheden. Bij de zomerplanting doet zich het merkwaardige feit voor dat de produktie in de maanden februari tot april na het planten twee maal zo hoog ligt als wordt verwacht op basis van de lighthoeveelheid. Dit is een incident, want in mei daalt de produktie weer naar een „normaal” niveau.

Gezien de relatief hoge produktie van bloemen na de donkere maanden lijkt het erop dat bloemgewassen minder gevoelig zijn voor licht dan groentegewassen. De vuistregel dat 1% meer licht 1% meer opbrengst betekent, zou dan niet opgaan; 0,5% meer opbrengst of zelfs nog iets minder zou meer in de rich-

ting komen. Wanneer het verlies aan kwaliteit echter wordt meegerekend en gesteld wordt dat hieraan evenveel waarde moet worden gehecht als aan de produktie, dan wordt de vergelijkbaarheid met groentegewassen beter. Met name voor gewassen waarvan de produkten per stuk worden verkocht, lijkt het zinvol een nadere vergelijking te maken: een vergelijking van de produktie onder lichtere en donkerder kasomstandigheden.

Samenvatting

Voor het aantonen van een relatie tussen licht en produktie moet men zich beperken tot vergelijkbare gewassen of gewasstadia. Voor volgroeide gewassen met een gelijkblijvend teeltsysteem, zoals bijvoorbeeld een opwaartse groei, kan een relatie tussen licht en produktie in veel gevallen worden aangetoond. De vuistregel dat 1% meer licht 1% meer opbrengst betekent, kan zo worden verfijnd dat ook grotere opbrengsteffecten kunnen worden aangetoond. Bij gewassen waarbij het geoogste produkt per stuk wordt verkocht, levert het afleiden van de relatie tussen licht en produktie door seizoenverschillen problemen op. Er is nog geen oplossing gevonden voor het meten van kwaliteitsverschillen die van seizoen tot seizoen optreden.

IR. E. VAN RIJSSEL
LEI/Proefstation Aalsmeer
IR. A. J. DE VISSER
LEI/Proefstation Naaldwijk

Coördinatie en redactie:
Elly Nederhoff