

# **De relatie tussen temperatuur en licht, en de opbrengst van tuinbouwgewassen in kassen**

## De relatie tussen temperatuur en licht, en de opbrengst van tuinbouwgewassen in kassen

### Inleiding

Het is algemeen bekend dat temperatuur en licht belangrijke factoren zijn voor de groei en de opbrengst van een gewas. Correlaties tussen deze klimaatsfactoren en de opbrengst zijn dan ook op vele manieren berekend [7].

In kassen zal in het algemeen de temperatuur hoger en de lichtintensiteit (30 tot 50%) lager zijn dan bij opengrondsteelten. Met andere woorden, de lichtintensiteit zal sterker in het minimum verkeren en er zal een hogere correlatie tussen licht en opbrengst zijn dan tussen temperatuur en opbrengst kan worden verwacht. Doordat temperatuur en licht echter onderling sterk samenhangen, is het moeilijk uit te maken welke van deze twee factoren eventueel de groei het meest beïnvloedt.

In voor- en najaar is de stralingsintensiteit ongeveer even groot. De gemiddelde temperatuur is echter in het najaar hoger dan in het voorjaar. Door nu een zelfde gewas in voor- en najaar in de kas te telen, kan men uitmaken welke van de twee factoren onder de gegeven omstandigheden de belangrijkste voor de groei is. In het volgende zullen eerst afzonderlijk enkele aspecten van temperatuur en licht worden toegelicht. Daarna zullen de resultaten van proeven worden besproken, die in voor- en najaar in kassen zijn genomen om de invloed van temperatuur en stralingssom op de opbrengst te onderzoeken.

### Temperatuur

Bij de factor temperatuur wordt dikwijls een onderscheid gemaakt in minimum-, optimum- en maximum-temperatuur voor de groei. Beneden het minimum treedt geen waarneembare groei op, bij het optimum is de groeisnelheid het grootst om bij nog hogere temperaturen weer te dalen tot bij het maximum geen groei meer optreedt. De minimum- en maximum-temperaturen zijn moeilijk te bepalen omdat deze asymptotisch benaderd worden. Tevens zullen deze karakteristieke waarden voor verschillende processen als kieming, vegetatieve groei en bloei niet gelijk zijn. In het algemeen komt de optimum-temperatuur lager te liggen naarmate de ouderdom van het gewas toeneemt. Men kan dan ook beter van een optimum-traject spreken.

Uit correlatie-berekeningen blijkt nu dat een bepaalde warmtesom nodig is voor de kieming of het bereiken van een bepaald ontwikkelingsstadium of een zekere opbrengst van de plant. Deze temperatuur- of warmtesom is het produkt van tijd ( $t$ ) en het verschil tussen de heersende temperatuur en de minimum-temperatuur voor de groei ( $T - T_{\min}$ ). Onder praktijkomstandigheden varieert de dagelijkse en jaarlijkse temperatuur. In dit geval wordt de gemiddelde dagtemperatuur  $T$  berekend via registratiestroken of uit het gemiddelde van maximum- en minimumtemperatuur. Dit dagelijkse gemiddelde, verminderd met

$T_{\min}$  wordt gesommeerd over de betrokken groei-periode (t).

Hierbij wordt verondersteld, dat het effect van de temperatuur lineair is, de minimum-temperatuur gedurende de betrokken periode niet verandert en het optimum niet wordt overschreden en dat de dag- en de nachttemperatuur van dezelfde betekenis zijn, hetgeen niet altijd het geval is. Ondanks deze benadering wordt een vrijwel constante warmtesom voor een bepaald ontwikkelingsstadium verkregen gedurende verschillende jaren en perioden van planttijd. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt doordat gunstige en ongunstige factoren in één groeiperiode elkaar compenseren. Rogge bijvoorbeeld, met een warmtesom van 44 graaddagen (Tamm [9]) en een minimumtemperatuur van 1 à 2°C zal bij een constante temperatuur van 4°C ongeveer na 44/(4 — 1,5) of 17,5 dag kiemen, bij 5°C na 44/(5 — 1,5) of 12,5 dag, bij 20°C na 2,4 en bij 21° na 2,3 dagen. Hieruit blijkt dat een verschil in temperatuur van 1°C dicht bij het minimum een veel groter verschil in kiemingstijd geeft dan bij temperaturen dicht bij het optimum.

In de praktijk heeft men vroeg in het voorjaar met een oplopende temperatuur te maken. In het begin, bij temperaturen dicht bij het minimum, kan een verschil in bodemtemperatuur van 1°C tussen twee grondsoorten een groot verschil in tijd van kieming geven. Dit tekort aan graaddagen kan bij een hogere temperatuur tijdens de oogst in enkele dagen worden ingehaald zodat het oorspronkelijke verschil maar enkele dagen verlating tot gevolg heeft. Deze verlating kan echter economisch van groot belang zijn.

Behalve voor de kieming zijn ook berekeningen met behulp van warmtesommen uitgevoerd voor het tijdstip van de bloei bij vroege, middelvroege en late appelsoorten (Tamas [8]), bij onkruiden en voor de vers- en drooggewichtopbrengst bij tarwe (Geslin [5]). Geslin berekende ook de invloed van het licht (daglengte) op de opbrengst. In verband met de assimilatie kan men zich voorstellen, dat de droge-stofproductie meer van de lichtsom dan van de warmtesom afhangt; dit in tegenstelling tot de kieming.

## Licht

Groene planten zetten koolzuur en water om in koolhydraten en andere assimilatieproducten. Voor dit endogene proces is veel energie nodig en deze wordt door het licht geleverd. Het chlorofyl absorbeert hiervoor de straling tussen 400 en 700 m $\mu$ . Behalve van koolzuur en licht is deze fotosynthese of koolzuur-assimilatie ook van de temperatuur afhankelijk. De invloed van deze drie factoren op de fotosynthese is uitgebreid onderzocht bij eencellige algen. Uit de gegevens blijkt, dat indien één van deze factoren in het minimum is, een verhoging van alleen die factor de fotosynthese versnelt en een verhoging van de andere factoren geen invloed heeft. Bij een minder scherpe overgang tussen limitering en verzadiging van het proces, zullen de andere factoren echter wel een rol spelen. In de praktijk is het koolzuurgehalte ca. 0,03% en wisselen temperatuur en straling gedurende de dag en met het jaargetijde. Bij een lage stralingsintensiteit is deze limiterend en temperatuur-onafhankelijk.

In figuur 1 is de fotosynthese tegen de stralingsintensiteit weergegeven (Gaastra [3]). Nu blijkt dat bij 0,03% CO<sub>2</sub> de fotosynthese wordt versneld als de straling toeneemt tot 0,2 à 0,4 cal cm<sup>-2</sup> min<sup>-1</sup> of (12 tot 24 cal cm<sup>-2</sup> uur<sup>-1</sup>). Bij nog hogere stralingsintensiteiten treedt een verzadiging van de fotosynthese op en deze hangt van het CO<sub>2</sub>-gehalte of van de temperatuur af. De helling  $\frac{df}{ds}$  van deze lijn waarbij

het licht de limiterende factor is — met andere woorden de toename van de fotosynthese (df) bij een toename van de straling (ds) — is bovendien bij benadering voor veel gewassen gelijk (Böhnig and Burnside [2], Gaastra [4]).

In een kas met een lichtverlies van 50% zal deze verzadiging pas bij een straling van 24 tot 48 cal cm<sup>-2</sup> uur<sup>-1</sup> optreden; een dergelijke intensiteit zal slechts weinig voorkomen (fig. 2 uit De Vries [10]). Deze verzadiging van de fotosynthese is meestal gemeten aan een enkel blad met een loodrechte lichtinval. Het is

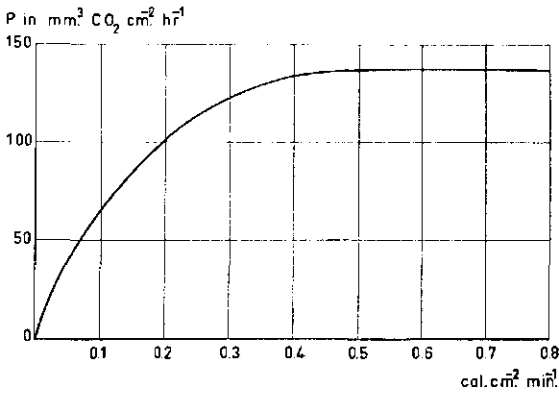
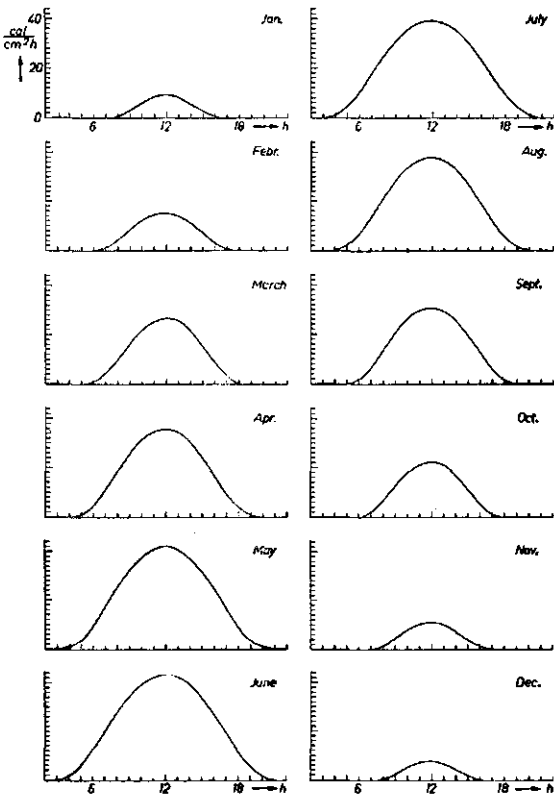


Fig. 1. Het effect van de straling (omgerekend in  $\text{cal cm}^{-2} \text{min}^{-1}$ ) op de snelheid van de fotosynthese in  $\text{mm}^3 \text{CO}_2 \text{cm}^{-2} \text{uur}^{-1}$  bij bietenbladeren (Gaastra [3]) / The effect of radiation (expressed in  $\text{cal.cm.}^{-2} \text{min.}^{-1}$ ) on the rate of photosynthesis in  $\text{mm}^3 \text{CO}_2 \text{cm.}^{-2} \text{hr.}^{-1}$  of sugar beat leaves (Gaastra [3])

Fig. 2. De dagelijkse fluctuatie van de straling in  $\text{cal cm}^{-2} \text{uur}^{-1}$  in de verschillende maanden van het jaar (De Vries [10]) / The diurnal fluctuation of the radiation in  $\text{cal.cm.}^{-2} \text{hr.}^{-1}$  in different months of the year (De Vries [10])



waarschijnlijk dat verzadiging van de fotosynthese van gehele planten bij nog hogere intensiteiten zal optreden. Men kan hieruit afleiden dat in kassen de planten voor het grootste gedeelte van de dag en gedurende vrijwel het gehele jaar in het gebied met licht als beperkende factor voor de fotosynthese groeien. Hieruit kan men concluderen, dat verhoging van de temperatuur en van het koolzuurgehalte van geringere invloed zijn op de fotosynthese. Dit geldt per eenheid bladoppervlak. Temperatuur-verhoging kan vergroting van het bladoppervlak geven en daardoor indirect de totale assimilatie vergroten.

Tegelijk met de droge stof neemt ook het versgewicht toe. Dit laatste is voor de meeste tuinbouwgewassen het belangrijkste. De toename in versgewicht wordt echter ook door andere factoren beïnvloed en is sterk variabel. Zij hangt onder andere in belangrijke mate af van de wateropname en van de verdampingsintensiteit; beide processen worden door bodem en klimaatsfactoren beïnvloed. De plant zal zich uiteindelijk moeten instellen op een evenwicht tussen deze twee, omdat de hoeveelheden opgenomen en verdampt water groot zijn ten opzichte van de betrekkelijk kleine watervoorraad van het gewas zelf. De turgescentie, welke bij dit evenwicht optreedt, bepaalt in grote mate de vegetatieve groei. Onder gunstige omstandigheden voor de wateropname, die bijvoorbeeld voorkomen bij de teelt van stooksla in vergelijking met de teelt van koude wintersla, zal het percentage droge stof lager zijn. Bij ongunstige omstandigheden voor de wateropname, bijvoorbeeld bij gewassen in uitdrogende grond, zal het percentage droge stof relatief hoog zijn. De mate waarin het droge-stofgehalte fluctueert, hangt ook nog sterk af van de verdampingscondities (Bierhuizen en De Vos [1]). Evenals bij de warmtesom zal bij het gebruik van de totale straling aangenomen worden, dat het effect van de straling lineair is, de verzadiging niet wordt overschreden en de daglengte niet van invloed is. Zoals hierboven vermeld, zal een correlatie tussen warmtesom en stralingssom enerzijds en droog- en versgewicht anderzijds voor het versgewicht in

meerdere mate variëren door de grotere invloed van bodemfactoren op de verdampingscondities. In kas- sen waarin de straling verlaagd en de temperatuur verhoogd is, zal een hogere correlatie van de op- brengst met de stralingssom dan met de warmtesom bestaan, doordat de eerste hierdoor dichter bij het minimum zal verkeren.

### Potproeven met tuinbouwgewassen

In een onverwarmde kas werden vanaf 1954 potproe- ven met verschillende tuinbouwgewassen uitgevoerd. De eternieten potten hadden een diameter van 50 cm, een hoogte van 70 cm en een oppervlakte van onge- veer 0,2 m<sup>2</sup>. Elke pot werd gevuld met een laag grind (5 cm), een laag grof zand (5 cm) en een teeltlaag van klei van 50 tot 60 cm. In totaal werden 300 potten gebruikt. De proeven werden in viervoud uitgevoerd met sla (vier kroppen per pot), andijvie (drie kroppen per pot), spinazie, radijs en wortelen (breedwerpig gezaaid), bonen en erwten (respectievelijk zes tot acht en tien tot vijftien planten per pot) en bloemkool (één plant per pot). De gewassen werden zowel in het voorjaar als in het najaar geteld (andijvie en wortelen alleen in het najaar, erwten alleen in het voorjaar). Bovendien werden enkele gewassen periodiek ge- oogst. Met andijvie werd in het najaar van 1957 een proef uitgevoerd, waarbij een deel van de potten met behulp van kaasdoek werd afgeschermd tot 70% van het normale daglicht en een ander deel tot 40% van het normale daglicht. Op deze wijze werden opbreng- sten verkregen van diverse tuinbouwgewassen in uiteenlopende groeiperioden en verschillende licht- temperatuurverhoudingen. Een optimale waterhuis- houding werd nagestreefd door reeds bij een geringe uitdroging van de grond deze door berekening weer op veldcapaciteit te brengen.

De temperatuur in de kas werd geregistreerd met een thermo-hygrograaf. Uit de registratie werd het dage- lijks gemiddelde bepaald; voor de bepaling van de warmtesom werd deze gemiddelde temperatuur ver- minderd met een minimum (aangenomen werd 4° C),

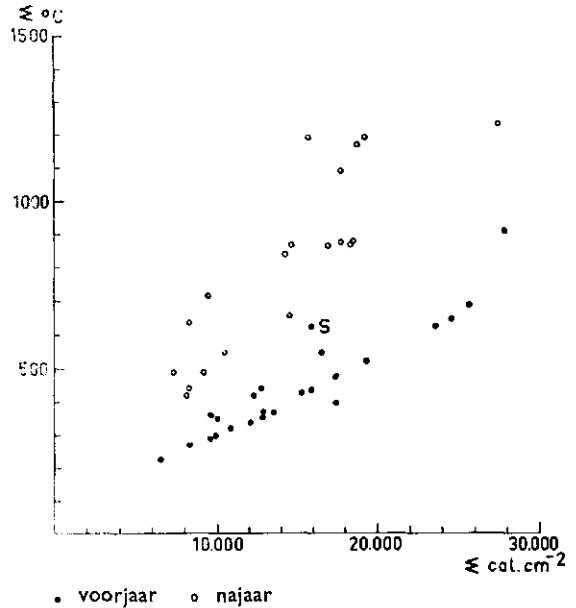


Fig. 3. De relatie tussen stralings- en temperatuursom voor verschillende groeiperioden in voor- en najaar/ The relation between radiation- and heat sum for different growth periods in spring (•) and in autumn (o)

gesommeerd over de gehele groeiperiode. De gege- vens van de dagelijkse straling werden verkregen van het Laboratorium voor Natuur- en Weerkunde en hieruit werd de stralingssom berekend voor elke groeiperiode.

In figuur 3 zijn voor elke groeiperiode van de gewassen de stralingssom en de warmtesom berekend en tegen elkaar uitgezet. Met de stralingssom neemt ook de temperatuursom toe. Bij een zelfde stralingssom is de temperatuursom in het najaar echter hoger dan in het voorjaar, hetgeen aan de naijling van de temperatuur ten opzichte van de straling te wijten is. Het is een be- kend feit dat bijvoorbeeld op 21 maart en 21 septem- ber de stralingsintensiteit ongeveer gelijk is, maar dat op de laatste datum een aanmerkelijk hogere temperatuur heerst dan op de eerste. Het punt aange- duid met S was ijsla welke in de maand juni was ge-

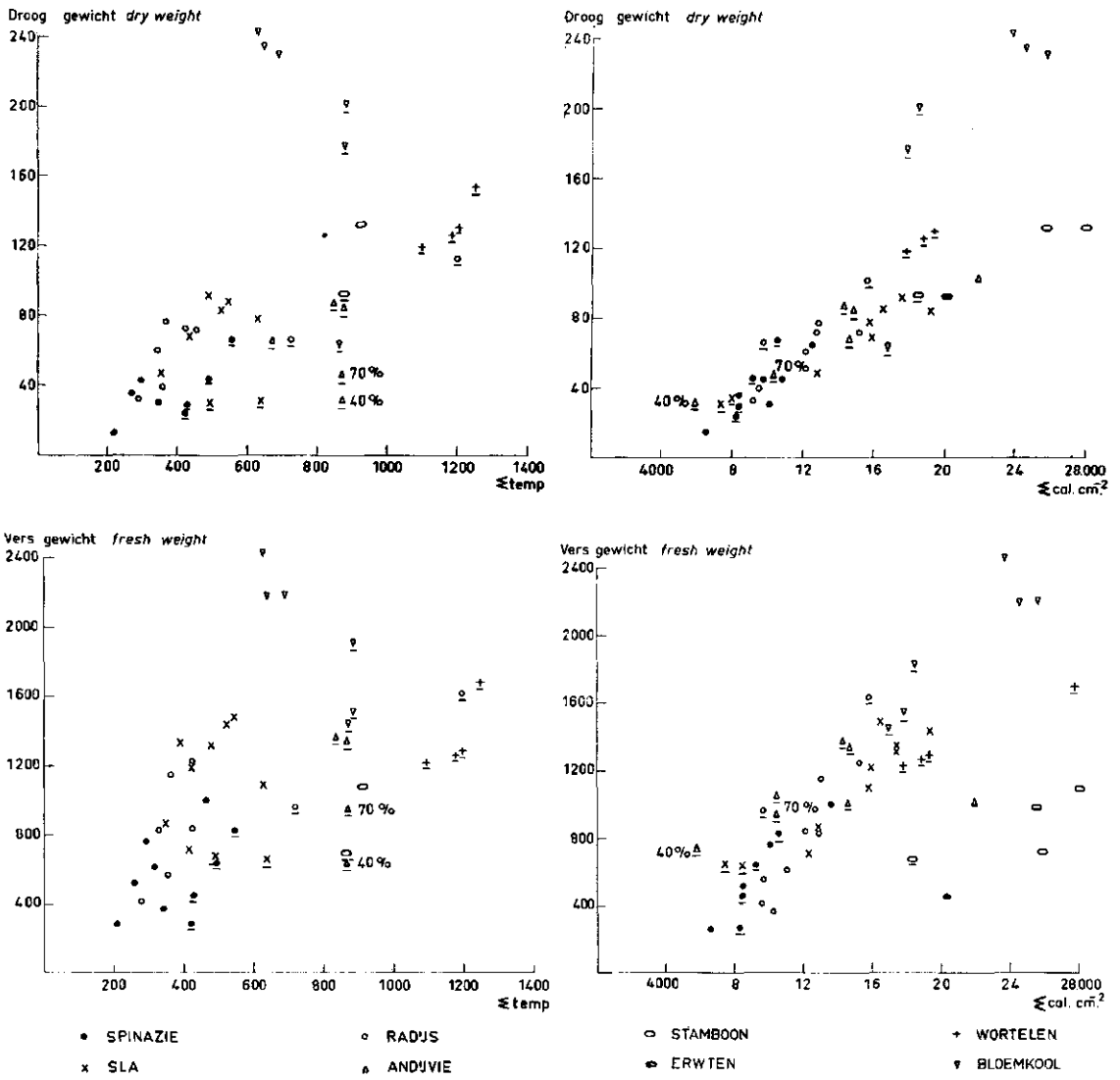


Fig. 4. Het effect van temperatuur- en stralingssom op droog- en versgewichtopbrengst in grammen per pot van verschillende tuinbouwgewassen. De punten voor de gewassen in het najaar geteeld, zijn onderstreept. *The effect of heat- and radiation sum on dry and fresh weight yield in grams per pot of various vegetables (Legend from top to bottom and left to right: spinach, lettuce, radish, endive, beans, peas, carrots, cauliflower). The points of the crops cultivated in autumn are underlined*

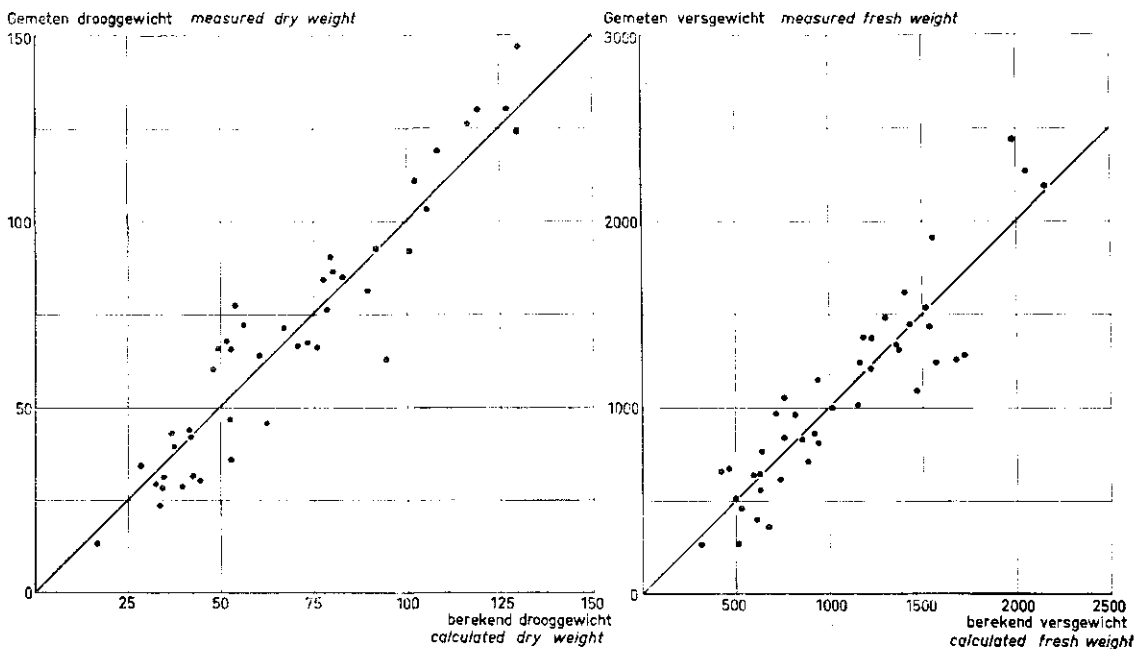


Fig. 5. De gemeten opbrengst en de opbrengst berekend uit stralingssom ( $x$ ) en temperatuursom ( $y$ ) voor drooggewicht ( $z_d$ ) en versgewicht ( $z_v$ ) / The measured yield versus the yield calculated from total radiation ( $x$ ) and heat sum ( $y$ ) for dry weight ( $z_d$ ) and fresh weight ( $z_v$ )

$$z_d = 0,00464x + 0,0434y - 22,1$$

$$\sigma \pm 0,00036 \pm 0,0073 \pm 5,3$$

$$r_{z_d \cdot xy} = 0,94$$

$$z_v = 0,0903x + 0,26y - 321$$

$$\sigma \pm 0,0072 \pm 0,13 \pm 101$$

$$r_{z_v \cdot xy} = 0,92$$

teeld en gedeeltelijk voor en gedeeltelijk na 21 juni groeide en daardoor intermediair uitkomt.

In figuur 4 is het drooggewicht en het versgewicht van verschillende tuinbouwgewassen uitgezet tegen de temperatuursom, respectievelijk de stralingssom. De spreiding van de punten bij de temperatuursom is aanmerkelijk groter dan die bij de stralingssom. Bij beschouwing van de grafieken met de temperatuursom blijkt dat men in elk twee lijnen zou kunnen trekken: één voor de voorjaars- en één voor de najaarsteelten. Die voor de voorjaarsteelten is steiler

dan die voor de najaarsteelten; met andere woorden: bij een bepaalde opbrengst is de temperatuursom in het najaar hoger. Dit resultaat is ook door Holmes en Robertson [6] waargenomen. Het verschil tussen voor- en najaar valt bij het gebruik van een stralingssom nagenoeg weg. Hieruit blijkt, dat in de betreffende kas de straling de belangrijkste groeifactor is. Indien de temperatuur de belangrijkste factor was, zou men in de grafieken slechts één lijn voor de temperatuursom en twee voor de stralingssom kunnen trekken als gevolg van de in fig. 3 weergegeven relatie.

De gegevens werden door een statistische analyse nader uitgewerkt. Hierbij werd uitgegaan van de veronderstelling dat het effect van temperatuur en licht additief is en lineair ten opzichte van de opbrengst. Met behulp van een verkregen relatie voor vers- en drooggewicht werd de berekende opbrengst weergegeven tegen de gemeten opbrengst (fig. 5). De correlatiecoëfficiënt is zeer hoog. In eerste instantie lijkt het effect van de temperatuur voor vers- en drooggewicht (0,26 respectievelijk 0,0434) groot ten opzichte van het effect van de stralingssom (0,0903 respectievelijk 0,00464). De getalswaarde van de laatste was echter onder onze omstandigheden vijftien tot dertig maal zo hoog als de eerste (zie fig. 3), zodat in werkelijkheid het effect van de stralingssom onder onze omstandigheden enkele malen groter is dan die van de temperatuursom.

Ter bevestiging van dit resultaat werd in het voorjaar een proef uitgevoerd met sla, waarin de bodemtemperatuur was verhoogd met 2, 4, 6, respectievelijk 8°C en een controle zonder verwarming. De verwarming vond plaats door middel van een kabel. De opbrengsten van deze behandelingen bleken geen significante verschillen te vertonen. In de reeds vermelde andijvieproef van het najaar 1957, met 100%, 70% en 40% licht, werd geen betrouwbaar verschil in luchttemperatuur gemeten. Het gemiddelde gedurende twee weken was respectievelijk 15,1, 15,3 en 15,3 °C. De temperatuursom werd hierdoor niet beïnvloed; daarentegen liggen de opbrengsten van 70% en 40% duidelijk beneden de najaarslijn (fig. 4). De stralingssom berekend voor 100% werd met 0,7 respectievelijk 0,4 vermenigvuldigd voor de behandeling van 70 en 40%. Uit figuur 4 blijkt dat deze punten redelijk binnen de puntenzwerm voor de stralingssom liggen. Enkele resultaten zullen aan de hand van figuur 4 nader toegelicht worden. Het versgewicht is direct bij de oogst gewogen; het drooggewicht is berekend uit het versgewicht en het droge-stofgehalte. Het laatste is bepaald door een zo representatief mogelijk gedeelte van het gewas te drogen in een droogstoof (1 dag bij 80°C en 1 dag bij 105°C).

Doordat het droge-stofgehalte van de meeste tuinbouwgewassen zeer laag is, zal een geringe afwijking hiervan een grote fout in de totale droge-stofopbrengst geven. Bovendien is het bij een gewas als bloemkool moeilijk om een representatief gedeelte van de stronk, het blad en de kool te verkrijgen. Bij een te groot percentage van de steel is het berekende droge-stofgehalte en ook het drooggewicht te hoog. Dit was waarschijnlijk het geval bij drie voorjaarsbloemkool- en twee najaarsbloemkoolgegevens, omdat de cijfers van het drooggewicht (drogestofpercentage 13 tot 15) zowel bij de temperatuursom als bij de stralingssom te hoog schijnen te zijn; daarentegen niet bij het versgewicht. Ook het verschil in plantwijze: breedwerpig, aantal planten per pot, zal tot verschillen kunnen leiden.

Reeds eerder was opgemerkt dat het versgewicht sterker varieert dan het drooggewicht. Bovendien is een onderlinge vergelijking van de versgewichten afhankelijk van het droge-stofgehalte van de betrokken gewassen. In figuur 4 is het versgewicht van bonen en erwten met een hoog droge-stofgehalte aanmerkelijk lager dan van gewassen als sla en spinazie met een laag droge-stofgehalte.

In de inleiding is reeds vermeld, dat men in kassen een groot effect van het licht kan verwachten (fig. 1 en 2), hetgeen inderdaad in deze proeven tot uiting kwam. Het is echter mogelijk dat een effect van de temperatuur, onder andere via de bodemtemperatuur, in de praktijk wel van belang is. Onder praktijkomstandigheden is de bodemtemperatuur in kassen waarschijnlijk lager dan bij bovengenoemde potproeven. Zij ligt dan dicht bij de minimumtemperatuur van de groei, waardoor een temperatuur-effect op de groei groter zou kunnen zijn. In deze richting wijst ook de ervaring dat mulchen een langzamere stijging van de bodemtemperatuur in het voorjaar veroorzaakt. In het noorden van de Verenigde Staten wordt bij temperaturen die dicht bij het temperatuurminimum liggen, de lengtegroei van maïs ongunstig beïnvloed door mulchen, in het zuiden daarentegen niet (Van Wijk e.a. [12]).



Met behulp van stralingssommen kan men het verband vastleggen tussen zaai- of plantdatum, opbrengst en oogstdatum. Uit fig. 4 blijkt dat de stralingssom voor een slakrop van 150 g (4 kroppen per pot = 600 g) ongeveer 10 000 cal bedraagt. In fig. 6 (De Vries [10]) is het verloop van de dagelijkse stralingssom over het gehele jaar weergegeven. Bij een plantdatum op 1 december zal de oogstdatum voor een krop van 150 g op 27 maart vallen. Bij een plantdatum op 1 februari, dus 62 dagen later, waarvoor een gemiddelde dagelijkse stralingssom in december en januari van 45 cal geldt (fig. 6), is het verschil  $62 \times 45 = 2790$  cal. Deze hoeveelheid veroorzaakt echter op 27 maart een verlating van  $2790/225 = 12$  dagen. De totale groeidiur is echter 50 dagen korter.

In verband hiermee kan ook het effect van de effectieve instraling in een kas op de opbrengst of op het vroeg of laat zijn van een gewas berekend worden. Bovendien kunnen resultaten van proeven in verschillende soorten kassen gezamenlijk verwerkt worden. In onze kas met een gunstige verhouding tussen glasoppervlak en spanten is de effectieve instraling hoog (ongeveer 70%). In een Venlo- en Westlands warenhuis met een instraling van bijvoorbeeld 60%, respectievelijk 50%, is de stralingssom in het voorbeeld van sla  $\frac{6}{7} \times 10\,000 = 8750$  cal, respectievelijk  $\frac{5}{7} \times 10\,000 = 7140$  cal. De opbrengst is dan gedaald van 150 g tot 110, respectievelijk 70 g (fig. 4). Deze opbrengstdaling kan door een langere groeiperiode gecompenseerd worden.

Het is mogelijk uit de gegevens van de droge-stof-opbrengst en de stralingssom een indruk te verkrijgen van het rendement van de fotosynthese. Wassink [11] berekende een rendement van 1 tot 2% voor diverse landbouwgewassen. In fotosynthese-proeven kunnen deze rendementen 10% en hoger bedragen. Door Gaastra [3] werd als een van de oorzaken van lage rendementen genoemd, dat met een toename van de stralingsintensiteit het rendement (opbrengst in cal per ingestraalde lichthoeveelheid) afneemt. Bij een

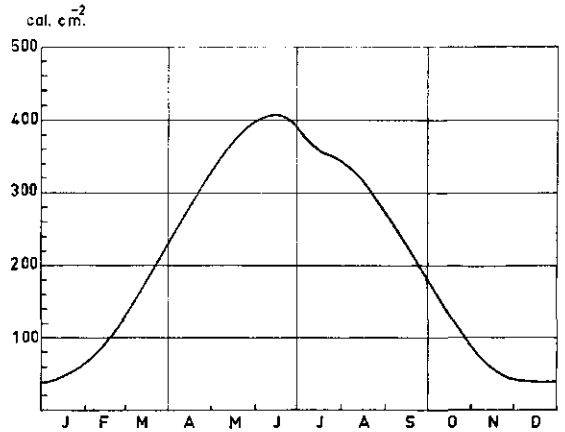


Fig. 6. Het jaarlijkse verloop van de totale dagelijkse straling in  $\text{cal cm}^{-2}$  te Wageningen (De Vries [10]) / The annual fluctuation of the total daily radiation in  $\text{cal.cm.}^{-2}$  at Wageningen (De Vries [10])

stralingssom van  $20\,000 \text{ cal cm}^{-2}$ , een droge-stof-opbrengst van 100 g/pot ( $100/0,2 \times 10^4$  g per  $\text{cm}^2$ , zie fig. 4), een verbrandingswarmte van 3730 cal/g drogestof, een effectieve instraling van 0,7 en een verhoudingsgetal van zichtbare tot de totale globale straling van 0,4, is het rendement:

$$\frac{100}{0,2 \times 10^4} \times 3730$$

$$\frac{100}{20\,000 \times 0,4 \times 0,7} \times 100 = 3,3\%.$$

Dit rendement is aanmerkelijk hoger dan de rendementen welke berekend zijn voor veldgewassen, hetgeen er op zou kunnen wijzen, dat in kassen licht de limiterende factor is. Doordat de relatie tussen drooggewicht en stralingssom de neiging vertoont de opbrengst-as beneden de oorsprong te snijden, wordt het rendement lager bij geringere stralingssommen. Een belangrijke rol speelt hierbij, dat in de beginperiode de pot niet volledig bedekt is, waardoor een zekere hoeveelheid straling te veel gesommeerd werd. Een korte groeiperiode (lage

stralingssom) zal een hoog percentage onbedekt ten opzichte van bedekt groeien en een lager rendement tot gevolg hebben. In bovenstaande berekening is bovendien volledig lichtabsorptie aangenomen en is geen rekening gehouden met ademhalingsverliezen, zodat het rendement te laag is berekend.

### Samenvatting

Dit artikel bevat een korte samenvatting van enige literatuur over de invloed van temperatuur en licht op de reactie van het gewas.

In koude kassen zal bij voor- en najaarsteelten de temperatuur over het algemeen hoger en de lichtintensiteit lager zijn dan onder veldomstandigheden, waardoor de correlatie tussen de lichtintensiteit en de opbrengst waarschijnlijk beter is. Doordat temperatuur en licht onder praktijkomstandigheden onderling sterk gecorreleerd zijn, was het niet zonder meer mogelijk na te gaan welke van deze twee factoren de belangrijkste is. In het najaar is echter bij een ongeveer gelijke lighthoeveelheid als in het voorjaar, de temperatuur hoger.

De opbrengst in potproeven van diverse tuinbouwgewassen in voor- en najaar werd vergeleken met de totale straling en de warmtesom in de desbetreffende groeiperioden. De drooggewicht-opbrengst vertoonde hierbij voor beide seizoenen een zelfde relatie met de stralingssom; deze was daarentegen verschillend wat de temperatuursom betreft. De resultaten met de versgewicht-opbrengst vertoonden dezelfde tendens. De variatie is hierbij groter doordat gewassen met een hoog droge-stofgehalte (bonen, erwten) niet zonder meer met gewassen met een laag droge-stofgehalte (sla, spinazie, etc.) zijn te vergelijken.

De relatie stralingssom en versgewicht-opbrengst kan een mogelijkheid bieden om in een proefplekkenonderzoek over verschillende kassen, waarin plant-, oogstdatum en de opbrengst bekend zijn, het effect van lichtdoorlatendheid in kassen, de invloed van grondsoort, de waterhuishouding en andere milieufactoren te bestuderen.

## Summary

### The relation between temperature and light, and the yield of vegetables in a greenhouse

A short review on the effect of temperature and light on some plant characteristics is given. In practice, the heat sum application gives a fairly reliable estimation for various purposes, although radiation and daylength seem to influence the results, with exception of those for seeds. In a greenhouse, temperature is higher and light intensity lower than under field conditions. It is to be expected, that light limits growth more than temperature so a correlation of yield with the former will be more accurate. Various vegetables were grown in the period from 1954 to 1960, both in spring and autumn. In the latter season growth takes place under more or less identical light intensities but with a definitely higher temperature than in spring, caused by the phase-lag between the annual variation of temperature and radiation (fig. 3). The dry weight results show that the yields in spring and in autumn give one relation with total radiation and two distinct relations with the heat sum (fig. 4). The results expressed in fresh weight show the same trend, but the variation is larger, which is mainly due to comparing data of crops with a high dry weight percentage (beans, peas) with those of crops with a low dry weight percentage (lettuce, spinach, etc.).

It is possible by using the relation total radiation-yield, to study in practice the effects of light transmission, soil type, water relations and so on, in different greenhouses and with different planting and harvest dates.

## Literatuur

1. Bierhuizen, J. F., and N. M. de Vos: *The effect of soil moisture on the growth and yield of vegetable crops*. Technical Bull. no. 11. Inst. for Land and Water Man. Research, Wageningen, 1959.
2. Böhnig, R. H., and C. A. Burnside: *The effect of light intensity on apparent photosynthesis in leaves of sun and shade plants*. Am. J. Bot. **43** (1956): 557-561.
3. Gaastra, P.: *Light energy conversion in field crops in comparison with the photosynthetic efficiency under laboratory conditions*. Meded. Landb.hoges. **58** (1958) 4:1-12.

4. Gaastra, P.: *Photosynthesis of crop plants as influenced by light, carbon dioxide, temperature, and stomatal diffusion resistance*. Meded. Landb.hogesch. **59** (1959) 13:1-68.
5. Geslin, H.: *Etude des lois de croissance d'une plante en fonction des facteurs du climat (Température et radiation folaire)*. Red. Centre Nat. de Rech. Agron. Service de documentation. Versailles-Paris. Imp. Nat. 1944, 116 pp.
6. Holmes, R. M., and G. W. Robertson: *Heat units and crop growth*. Can. Dep. Agric. Ottawa publ. 1042 (1959) 31 pp.
7. Klages, K. W. H.: *Ecological crop geography*. Publ. The Macmillan Comp. New-York, 1942, 615 pp.
8. Tamas, P. I.: *Der Einfluss klimatischer Faktoren auf den Zeitpunkt des Aufblühens*. Methodologische Untersuchungen über die Temperatursummenberechnung. Der Züchter **29** (1960): 78-91.
9. Tamm, E.: *Weitere Untersuchungen über die Keimung und das Auslaufen landwirtschaftlicher Kulturpflanzen*. Pflanzenbau **10** (1934) 8: 297-312.
10. Vries, D. A. de: *Solar radiation at Wageningen*. Meded. Landb.hogesch. **55** (1955) 6: 227-304.
11. Wassink, E. C.: *De lichtfactor in de fotosynthese en zijn relatie tot andere milieufactoren*. Meded. Dir. Tuinbouw **11** (1948): 503-514.
12. Wijk, W. R. van, E. W. Larson and W. C. Burrows: *Soil temperature and the early growth of corn from mulched and unmulched soil*. Soil Sci.Soc. Am. Proc. **23** (1959) 6: 428-434.