OPKWEEK EN TEELTRESULTATEN VAN KUNSTMATIG BELICHTE TOMATENPLANTEN

CENTRALE LANDBOUWCATALOGUS
0000 0092 6473

Dit proefschrift met stellingen van

GEORGUS HENDRIKUS GERMING,

landbouwkundig ingenieur, geboren te Apeldoorn, 27 november 1929, is goedgekeurd door de promotor, dr. ir. S. J. WELLENSIEK, hoogleraar in de tuinbouwplantenteelt.

De Rector Magnificus der Landbouwhogeschool,
W. F. EIJSVOOGEL

Wageningen, 3 september 1963

NN 8201,355 ~~no 355~~ C

OPKWEEK EN TEELTRESULTATEN VAN KUNSTMATIG BELICHTE TOMATENPLANTEN

THE RAISING AND CROPPING
OF ARTIFICIALLY-ILLUMINATED
TOMATO PLANTS

PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING
VAN DE GRAAD VAN DOCTOR IN DE LANDBOUWKUNDE
OP GEZAG VAN
DE RECTOR MAGNIFICUS, IR. W. F. EIJSVOOGEL,
HOOGLERAAR IN DE HYDRAULICA,
DE BEVLOEIING, DE WEG- EN WATERBOUWKUNDE
EN DE BOSBOUWARCHITECTUUR,
TE VERDEDIGEN TEGEN DE BEDENKINGEN
VAN EEN COMMISSIE UIT DE
SENAAT VAN DE LANDBOUWHOGESCHOOL TE WAGENINGEN,
OP VRIJDAG 1 NOVEMBER 1963 TE 16 UUR,

DOOR

GEORGUS HENDRIKUS GERMING

H. VEENMAN & ZONEN N.V. - WAGENINGEN - 1963

Bibliotheek
der
Landbouw Hogeschool
WAGENINGEN

Dit proefschrift verschijnt tevens als Mededeling nr. 53 van het Instituut voor Tuinbouwtechniek te Wageningen.

NN08201, 355

STELLINGEN

I

De vroegheid van de oogst is bij tomaten een onvoldoende maatstaf voor de beoordeling van de economische waarde van teeltmaatregelen.

II

Tijdens het opkweken in de lichtarme maanden kan door teeltmaatregelen, die de bladgrootte bevorderen, de opbrengstcapaciteit van het plantgoed worden vergroot.

III

De dagelijkse belichtingsduur heeft bij tomaten geen specifieke werking op de bloemtrosaanleg.

IV

De geschiedenis van de koolzuurgastoediening in kassen vormt een illustratie van de „wet van het minimum".

V

Voor een goede aansluiting van het groei-onderzoek onder geconditioneerde omstandigheden met dat onder praktijkomstandigheden, is het nodig dat onderling vergelijkbare gegevens worden verzameld. Met name het verloop van de drogestofproduktie in verband met de bladgroei vormt een geschikt uitgangspunt.

VI

Rassenproeven met tuinbouwgewassen, die niet ter plaatse worden gezaaid, hebben alleen praktische waarde wanneer het plantgoed is opgekweekt onder voor elk van de te vergelijken rassen zo gunstig mogelijke omstandigheden.

VII

Voor stooktomaten hebben rassenproeven onder een reeks van temperatuurbehandelingen een grotere waarde dan rassenproeven onder verschillende praktijkomstandigheden.

VIII

Het bespuiten van tomatenplanten met verdunde melk, ter bestrijding van schade door tabaksmozaiekvirus, kan van praktisch nut zijn om de kans op infectie te verkleinen.

Proefschrift van G. H. Germing,
Wageningen, november 1963

IX

Door een achterstand bij het arbeidskundig onderzoek in de glastuinbouw, is onvoldoende bekend over de arbeidskundige eisen ten aanzien van de bedrijfsinrichting en de teeltmethodiek. Hierdoor worden in de glastuinbouw ondoelmatige investeringen gedaan.

X

De ontwikkeling van technische hulpmiddelen in de tuinbouw vereist een voortdurend samenspel van tuinbouwkundigen en technici.

VOORWOORD

Dit proefschrift is, evenals vele van de verschijnselen die er in worden besproken, een produkt van velerlei invloeden. Als de meest belangrijke menselijke invloeden wil ik gaarne vermelden die van:

Mijn hooggeachte promotor, professor Wellensiek, die mij met veel geduld steeds weer stimuleerde tot doorzetten en die aldus de benaming „promotor" een rijke inhoud gaf. Het was mij een groot voorrecht om zo, opnieuw, van Uw ervaring en inzicht te mogen profiteren.

Mijn directeur, dr. ir. E. W. B. van den Muijzenberg, die mij het onderwerp van dit proefschrift aan de hand deed en mij ook in de gelegenheid stelde het uit te werken.
U stelde een groot vertrouwen in mij door de grote mate van vrijheid, die U mij daarbij verleende.

De vele medewerkers van het Instituut voor Tuinbouwtechniek, die mij in de verschillende stadia van het onderzoek met hun kennis en vakmanschap hebben geholpen. Zij hebben mij de betekenis van een goede samenwerking en een prettige onderlinge verstandhouding bij het werken leren verstaan. De veelzijdige steun van mej. J. H. G. Postel wil ik hierbij in het bijzonder noemen.

Evenals dat bij de planten het geval was, speelden ook „de omstandigheden" een grote rol bij mijn ontwikkeling. Voor wat betreft dit laatste mag ik hier met dankbaarheid noemen: mijn ouderlijk huis en mijn gezin, hoogleraren en hun medewerkers, collega's, vrienden en verder allen die tot mijn vorming bijdroegen.

INHOUD

1. Inleiding 1

2. Doelstellingen bij de stooktomatenteelt en beoordeling van teeltresultaten 3

2.1. Inleiding 3

2.2. Economische aspecten van de oogst 3

2.2.1. Vroegheid 3

2.2.2. Kwantiteit 3

2.2.3. Kwaliteit 4

2.3. Oogstverloop en oogstvervroeging 4

2.4. Berekening van de geldopbrengst 5

2.5. Samenvatting en conclusies 6

3. Eisen voor jonge tomatenplanten 7

3.1. Inleiding 7

3.2. Factoren die de eisen voor jonge planten bepalen 7

3.3. Enige eigenschappen van jonge planten in verband met latere teeltresultaten . . 7

3.3.1. Drooggewicht 8

3.3.2. Plaats van de eerste trossen 9

3.3.3. Wisselwerking tussen drooggewicht en plaats van de trossen. 11

3.4. Samenvatting en conclusies 12

4. Opkweek van tomatenplanten in uitsluitend kunstlicht 13

4.1. Inleiding 13

4.2. Proeven in lichtkisten 13

4.2.1. Inrichting van de lichtkisten 13

4.2.2. Methode van onderzoek 14

4.2.3. Analyse van groei en ontwikkeling tijdens het opkweken 14

4.2.3.1. Drogestofproduktie 14

4.2.3.2. Blad- en bloemtrosvorming 16

4.2.4. Invloed van de omstandigheden op groei en ontwikkeling 18

4.2.4.1. Inleiding 18

4.2.4.2. Drogestofproduktie 19

4.2.4.3. Blad- en bloemtrosvorming 22

4.2.4.4. Overige waarnemingen 24

4.2.5. Enige aanvullende proeven 27

4.2.5.1. Verandering van lichtomstandigheden 27

4.2.5.2. Invloed van reflecterende ondergrond 27

4.2.5.3. Rasverschillen 29

4.3. Proeven in de kweekschuur 29

4.3.1. Inrichting van de kweekschuur 29

4.3.2. Opkweek van planten 29

4.4. Samenvatting en conclusies 31

5. Teeltresultaten van belichte planten, mede in verband met de teeltomstandigheden. 33

5.1. Inleiding 33

5.2. Resultaten van enige teeltproeven met verschillend plantgoed 33

5.2.1. Landelijke belichtingsproef 1959–1960 33

5.2.2. Landelijke belichtingsproef 1960–1961 35

5.2.3. Proef met planten opgekweekt in uitsluitend kunstlicht 38

5.3. Betrekkelijke invloeden van het plantgoed en de teeltomstandigheden 40
5.4. Samenvatting en conclusies 40

6. Algemene bespreking 43
6.1. Inleiding 43
6.2. De groei van tomatenplanten onder invloed van de omstandigheden 43
6.2.1. Produktie en distributie van droge stof 43
6.2.2. Bladgroei 45
6.2.3. Gele bladvlekken bij continue belichting 46
6.2.4. Grootte en plaats van de eerste bloemtrossen 47
6.2.5. Vegetatieve en generatieve groei 48
6.3. De jonge plant en de teeltresultaten 48
6.4. Gebruik van kunstlicht bij het opkweken van tomaten 49
6.4.1. Aanvullende belichting 50
6.4.2. Uitsluitend kunstlicht 50
6.5. Gebruik van kunstlichtruimten 51

7. Samenvatting 54

8. Summary 56

9. Literatuur 58

1. INLEIDING

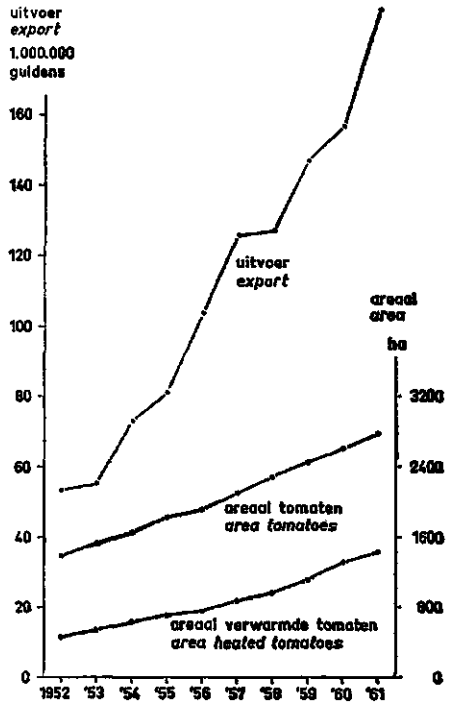
De tomatenteelt onder glas is in Nederland vanaf 1952 steeds in omvang en waarde toegenomen (grafiek 1). Van de totale oppervlakte staand glas in 1961 werd, volgens de Meitelling 1961 van het Centraal Bureau voor de Statistiek, ongeveer 65% gebruikt voor de teelt van tomaten. De uitvoerwaarde bedroeg in 1961: 185 miljoen gulden, dit was bijna 5% van de totale agrarische exportwaarde en 18% van de exportwaarde van alle tuinbouwprodukten (deze en volgende statistische gegevens zijn overgenomen uit de Tuinbouwgids 1963 (7)).

De tomaat is dan ook in Nederland het belangrijkste tuinbouwgewas, zowel gemeten naar de veilingwaarde als naar de exportwaarde.

Het areaal tomaten onder glas is sinds 1956 jaarlijks met gemiddeld 8% toegenomen. Deze toename betreft in hoofdzaak stooktomaten, geplant tussen 1 januari en 1 april (men spreekt van „vroege" stooktomaten wanneer geplant wordt van begin januari tot half februari).

De tomaat is bij uitstek een produkt, waarvan de prijs wordt bepaald door het tijdstip van aanvoer en door de kwaliteit. Er wordt dan ook getracht om aanvoer en kwaliteit te beïnvloeden door het beheersen van de groeiomstandigheden. De investerings- en produktiewaarde per ha voor stooktomaten behoren tot de hoogste in land- en tuinbouw.

Mede als gevolg van deze hoge investeringen en van de „verfijning" van de teelt, bestaat er een toenemende behoefte aan plantgoed dat aan zeer hoge eisen voldoet. De kwaliteit van het plantgoed is van grote invloed op de uiteindelijke



GRAFIEK 1.
Het areaal verwarmde tomaten in ha, het totale areaal tomaten onder glas in ha en de uitvoerwaarde van tomaten in miljoenen guldens, over de jaren 1952 t/m 1961 voor Nederland.

GRAPH 1.
The area of heated tomatoes in ha, the total area of tomatoes in glasshouses in ha and the export value for tomatoes in millions of guilders, from 1952–1961 inclusive, for the Netherlands.

teeltresultaten, doordat de kwaliteit van het plantgoed tevens de voor deze teelt economisch zo belangrijke vroegheid bepaalt.

Het opkweken van stooktomaten heeft enige bijzondere problemen, omdat dit plaats vindt in de donkerste tijd van het jaar.

De opzet van dit proefschrift is als volgt. Eerst wordt een beschouwing gegeven over de economische aspecten van de tomatenopbrengsten en over de interpretatie en waardering van opbrengstgegevens. Vervolgens wordt nagegaan wat de eisen voor een goede tomatenplant zijn; hierbij is gelet op het verband tussen enkele eigenschappen van de jonge plant en de latere teeltresultaten. Vervolgens wordt de invloed onderzocht van de belichting en de temperatuur tijdens het opkweken, met het doel richtlijnen te vinden voor het opkweken van een goede plant. Hierna wordt de relatieve invloed van het plantmateriaal op de teeltresultaten behandeld aan de hand van een aantal teeltproeven.

In het laatste hoofdstuk worden de consequenties van dit onderzoek nagegaan voor de opkweek en teelt van stooktomaten, voor het gebruik van aanvullend kunstlicht en van uitsluitend kunstlicht daarbij en voor het verdere onderzoek.

Het te bespreken onderzoek is tuinbouwkundig van aard, dat wil zeggen dat veelal uitgegaan wordt van omstandigheden zoals deze zich voordoen bij commerciële teelten.

Het experimentele deel van het onderzoek richt zich op planten, die bestemd zijn voor een vroege stookteelt en die voornamelijk zijn opgekweekt met uitsluitend kunstlicht. Voor deze toespitsing op het opkweken onder uitsluitend kunstlicht zijn twee redenen. In de eerste plaats biedt dit proeftechnische voordelen, doordat het licht, dat voor de opkweekresultaten van zo grote invloed is, hierbij een te beheersen factor wordt. Voorts is het gewenst van deze in technisch opzicht aantrekkelijke opkweekmethode de tuinbouwkundige mogelijkheden te leren kennen.

2. DOELSTELLINGEN BIJ DE STOOKTOMATENTEELT EN BEOORDELING VAN TEELTRESULTATEN

2.1. Inleiding

In de praktijk worden vaak grote verschillen in de geldopbrengsten van een stooktomatenteelt waargenomen. In 1958 liepen deze bijvoorbeeld voor het gebied rond Berkel, op vergelijkbare bedrijven op eenzelfde grondsoort, uiteen van f 12,— tot f 20,— per m^2 (2).

De financiële resultaten van een stooktomatenteelt worden bepaald door de vroegheid, de hoeveelheid en de kwaliteit van de oogst. De relatieve betekenis van elk dezer factoren varieert met de omstandigheden (tijd en plaats) en met het verloop van de betrokken teelt.

Het is algemeen bekend dat de aard van het plantgoed, waarmede een tomatenteelt wordt begonnen, van invloed is op de teeltresultaten. Dit komt het duidelijkst tot uiting in de vroegheid van de oogst (95, 96). De totale grootte en de kwaliteit van de oogst worden echter zo zeer beïnvloed door de omstandigheden na het uitplanten (35, 47), dat de invloed van het plantgoed hierop veel moeilijker te bepalen is. Mede in verband met de mogelijke wisselwerking tussen plantgoed en nabehandeling is het bij vergelijkingsproeven met verschillend plantgoed noodzakelijk om de totale waarde van de oogst te bepalen.

2.2. Economische aspecten van de oogst

2.2.1. *Vroegheid*

Het belang van een vroege opbrengst bij tomaten, althans voor het individuele bedrijf, volgt uit het dalende prijsverloop voor tomaten gedurende het voorjaar.

De gegevens uit grafiek 2 hebben betrekking op de gemiddelde prijzen voor tomaten van alle sorteringen op de veiling Berkel-Rodenrijs; dit is één van de grootste veilingen van stooktomaten.

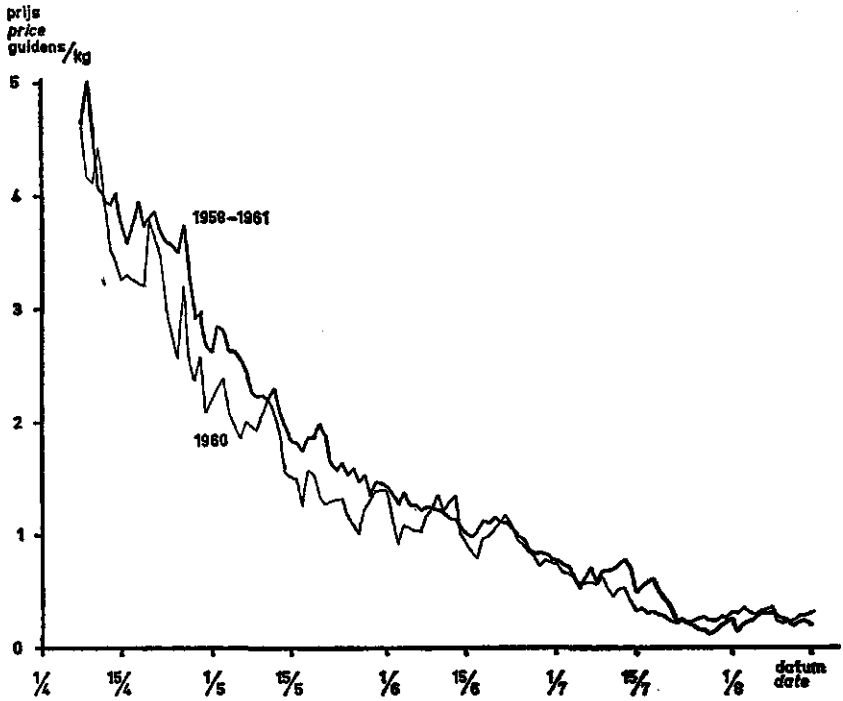
De Vries en van der Graaf (98) berekenden via een lineaire vereffening voor de aanvoerperiode van 1 mei tot 22 juni over de jaren 1950 tot en met 1957 een gemiddelde dagelijkse prijsdaling van 3,7 cent per kg. Vóór 1 mei is dit bedrag iets hoger, na 22 juni iets lager.

Met behulp van het genoemde bedrag kan een globale schatting gemaakt worden van het financiële voordeel door een bepaalde vervroeging.

Voor een „gemiddeld bedrijf" te Berkel (35) bijvoorbeeld, levert iedere dag vervroeging van het gehele oogstverloop volgens deze berekening een totale meeropbrengst van 2 à 3% op.

2.2.2. *Kwantiteit*

Het is duidelijk dat, gezien het prijsverloop bij tomaten, de grootte van de opbrengst in kilogrammen zonder meer niet in een geldwaarde is uit te drukken. Een verhoging van de kg-opbrengst met b.v. 5% geeft in het algemeen slechts dan een even zo grote meeropbrengst in geld, als deze opbrengstverhoging gelijkelijk is verdeeld over alle partiële oogsten. Het gegeven „totale kg-opbrengst"



GRAFIEK 2. Het verloop van de gemiddelde veilingprijzen voor alle aangevoerde tomaten in voorjaar en zomer 1960 en gemiddeld voor de jaren 1958 t/m 1960. Naar gegevens van de veiling Berkel en Rodenrijs.

GRAPH 2. *Variation in the auction-prices for tomatoes in spring and summer. Averages for all grades together, from data from the auction at Berkel en Rodenrijs, for the year 1960 and for the years 1958–1960 inclusive.*

heeft dus als vergelijkingsmaatstaf voor een tuinbouwkundige beoordeling van de teeltresultaten bij stooktomaten weinig waarde.

2.2.3. *Kwaliteit*

De kwaliteit van de geoogste tomaten is van invloed op de te bedingen prijs. De op de veiling aangevoerde tomaten worden gesorteerd naar grootte en naar uiterlijke kwaliteit. Het prijsverschil tussen de grootte-klassen is meestal betrekkelijk gering. Op de veiling te Berkel-Rodenrijs brengen de A-tomaten (diameter 47–57 mm) meestal een hogere prijs op dan de grotere B-tomaten en de kleinere C-tomaten. Het prijsverschil tussen de wel en niet voor export goedgekeurde tomaten is vaak aanzienlijk en groter dan het prijsverschil tussen de grootte-klassen.

2.3. OOGSTVERLOOP EN OOGSTVERVROEGING

Tomaten worden doorgaans enkele keren per week geoogst. De oogstresultaten worden bepaald door op alle oogstdata de opbrengsten te registreren. Deze

gegevens kunnen grafisch worden weergegeven door de dagopbrengsten (plukpatroon) en/of in de vorm van een cumulatieve oogstkromme (zie als voorbeeld grafiek 13 op blz. 36).

De in het volgende kort geschetste ontwikkelingsgang van het produktieproces bij de tomatenplant geeft een beeld hoe het plukpatroon tot stand komt.

De tomatenplant vormt na 5–12 bladeren een 1e tros en vervolgens telkens na 3 (soms 4 of 5) bladeren een volgende tros. Een tros bestaat normaal, dat wil zeggen wanneer deze niet vertakt is, uit 5–12 bloemen. Bij vertakte trossen is dit aantal een meervoud van het genoemde. De bloemen aan een tros openen zich na elkaar. Aan iedere volgende tros begint de bloei 5–7 dagen na het begin van de bloei van de vorige tros. Iedere bloem bloeit 2–4 dagen; heeft vruchtzetting plaats gehad, dan duurt het 50–70 dagen aleer een vrucht oogstbaar is. Deze gegevens, die betrekking hebben op vroege stooktomaten, zijn gemiddelden van een groot aantal waarnemingen.

Het tijdstip van bloei, de grootte van de tros, de mate van vruchtzetting, de snelheid van rijping en de grootte van de vruchten zijn biologische verschijnselen, die het oogstverloop kwantitatief en kwalitatief beïnvloeden. Uiteindelijk vinden al deze invloeden hun weerslag in het plukpatroon en in de cumulatieve oogstkromme; deze beide kunnen daarom als representatief beschouwd worden voor het teeltresultaat.

In de literatuur worden de oogstresultaten vaak weergegeven door de totale kilogramopbrengsten en door gegevens waarmede de vervroeging wordt geïllustreerd, bijvoorbeeld de opbrengst tot een zeker tijdstip. Aangezien het biologische verschijnsel „vroegheid" evenwel zijn betekenis ontleent aan de economische waarde ervan, dient deze vroegheid ook in economisch te duiden termen te worden uitgedrukt. Dit laatste is het geval wanneer de vervroeging wordt weergegeven in tijdseenheden; de economische waarde is dan te berekenen via het gemiddelde dagelijkse prijsverloop. In werkelijkheid blijkt het echter dikwijls zeer moeilijk om de vervroeging zuiver te berekenen, omdat een verschuiving van het plukpatroon vaak samengaat met een vormverandering. Daarom verdient een directe berekening van de geldopbrengst, waarin zowel de vroegheid als de grootte en eventueel de kwaliteit van de opbrengst zijn begrepen, de voorkeur.

2.4. Berekening van de geldopbrengst

Een zuivere vergelijking op basis van de economische waarden voor het individuele bedrijf wordt verkregen door de gesommeerde produkten van de dagelijkse opbrengsten en de dagprijzen (1).

Het prijsverloop voor het jaar waarin het onderzoek plaats vindt, is het meest karakteristiek voor de actuele waarde van een vergelijking. Doordat dit prijsverloop sterk onderhevig is aan in dit verband toevallige omstandigheden, zoals het weer, feestdagen e.d., verdient een vergelijking op basis van een gemiddeld prijsverloop over meer jaren de voorkeur.

Het jaarlijkse prijsverloop voor tomaten in het tijdvak maart-juli verandert echter in de loop van de jaren (zie grafiek 2), zodat een gemiddelde over een groot aantal jaren evenzeer bezwaren heeft. Op grond van deze beide overwegingen lijkt een economische vergelijking op basis van de gemiddelde prijs over de laatste 3 jaren aanvaardbaar. Uiteraard behouden de biologische resultaten

van een representatieve proef hun geldigheid; de economische interpretatie van deze resultaten is afhankelijk van het actuele prijsverloop.

Het grote voordeel van de geschetste berekeningswijze is, dat alle effecten van vroegheid, veelheid en eventueel kwaliteit in één cijfer kunnen worden samengevat. Dit cijfer maakt bovendien een rechtstreekse tuinbouwkundige waardering van de onderzochte methoden, behandelingen, hulpmiddelen e.d. mogelijk. Ook met de door COOPER (32) toegepaste wijze van verwerking is dit het geval.

In verband met het bovenstaande dienen de resultaten van vergelijkende teeltproeven dan ook te worden weergegeven door de kg-opbrengsten per oogstdatum.

2.5. SAMENVATTING EN CONCLUSIES

De tuinbouwkundige waarde van een opkweekmethode voor plantgoed en van de hierbij gebruikte hulpmiddelen wordt voor een groot deel bepaald door de teeltresultaten van dit plantgoed.

Karakteristiek voor het resultaat van een stooktomatenteelt zijn het plukpatroon en de cumulatieve oogstkromme.

Door sommering van de produkten van de dagelijkse kg-opbrengsten en de representatieve dagprijzen worden alle opbrengstgegevens in één cijfer samengevat. Dit maakt een tuinbouwkundige beoordeling en tevens een vergelijking met de kosten mogelijk.

De opbrengstgegevens van vergelijkende teeltproeven dienen in dit verband te worden weergegeven door de kg-opbrengsten per oogstdatum.

3. EISEN VOOR JONGE TOMATENPLANTEN

3.1. Inleiding

Uit de literatuur is algemeen bekend dat o.a. door verschillen in belichtingsintensiteit, belichtingsduur en temperatuur uiteenlopende typen van planten worden verkregen. Dit bleek ook bij eigen oriënterende proeven duidelijk het geval te zijn.

De betrokken literatuurgegevens zijn vrijwel uitsluitend van kwalitatieve en beschrijvende aard, waarbij een tuinbouwkundige toetsing van het verkregen plantgoed ontbreekt. Bij het opkweken van plantgoed gaat het evenwel om een tuinbouwkundig „goede" plant en rijst dus de vraag welke eisen hieraan gesteld moeten worden.

3.2. Factoren die de eisen voor jonge planten bepalen

Onder een goede plant verstaan we een plant, die de hoogste geldopbrengsten geeft bij de omstandigheden waaronder hij wordt geteeld.

In deze omschrijving vormen „de omstandigheden" een wezenlijk bestanddeel. Deze zijn te onderscheiden in niet en wel te wijzigen omstandigheden. Niet te wijzigen, althans niet op korte termijn, zijn de omstandigheden verband houdende met de tijd (zonlicht) en met de plaats (grond, kastype). Wel te wijzigen omstandigheden onder glas zijn met name de temperatuur en de vochtigheid.

In de praktijk ziet men bij stooktomaten in het algemeen, dat het plantgoed zoveel mogelijk aangepast wordt aan de niet te wijzigen omstandigheden na het uitplanten en dat de te wijzigen omstandigheden dan aangepast worden aan de aldus ontstane situatie.

Doordat de omstandigheden, waaronder stooktomatenteelten worden bedreven, zo sterk verschillen, lopen de eisen ten aanzien van de jonge planten nogal uiteen. Uit praktijkwaarnemingen en uit de schaarse literatuurgegevens blijkt, dat dit voornamelijk neerkomt op een verschil in leeftijd van de planten (47).

De vraag is echter of er bepaalde algemeen geldende normen bestaan waar bij het opkweken naar gestreefd kan worden.

3.3. Enige eigenschappen van jonge planten in verband met latere teeltresultaten

Het rechtstreeks vaststellen van de eisen voor een jonge tomatenplant via experimenten stuit op verschillende principiële en praktische moeilijkheden, die verband houden met de verschillen in niet te wijzigen omstandigheden, de aanpassing van de wel te wijzigen omstandigheden en de tijdstippen van zaaien en/of uitplanten (vgl. 24, 60, 64, 66, 89, 93). Deze moeilijkheden komen tot uiting in de geringe representatieve waarde van bepaalde proefuitkomsten.

Het gestelde probleem is in het volgende benaderd door het verband na te gaan tussen enkele eigenschappen van de jonge plant en enige vroegtijdig te bepalen criteria voor de latere teeltresultaten.

Voor de jonge plant is hierbij gelet op het gewicht van de bovengrondse delen,

dat wil zeggen de stofproduktie, en de plaats van de trossen; hieraan is ook in de literatuur enige aandacht besteed (24, 60, 68, 76, 84, 90, 93). Andere eigenschappen, waarvan een nawerking verwacht kan worden, moesten om verschillende redenen buiten beschouwing blijven. Zo is de wortelontwikkeling van de jonge plant sterk gebonden aan de factor grondmilieu (70, 71, 91), terwijl er verder aanwijzingen zijn dat de wortelontwikkeling onder overigens gunstige omstandigheden sterk gecorreleerd is met de bovengrondse ontwikkeling (23, 36).

De potentiële grootte van de onderste trossen wordt tijdens de opkweek bepaald (5, 6, 25), maar de uiteindelijke grootte hangt sterk af van de omstandigheden ná het uitplanten, die de mate van uitgroeien van deze trossen bepalen (28, 47, 93). Overigens is de waarde van grote trossen bij stooktomaten twijfelachtig (5, 6, 59, 92).

Als maatstaf voor de waarde van de onderzochte eigenschappen zijn de vroegheid van de bloei en van de rijping genomen. Tussen deze biologische vroegheid en de economisch belangrijke vroegheid van de oogst, bestaat een bepaald verband, zoals o.a. door VERKERK (96) is aangetoond (zie ook 65, 68).

De grootte en de kwaliteit van de oogst zijn hierbij niet in beschouwing genomen wegens de eerder vermelde belangrijke beïnvloeding hiervan door de teeltomstandigheden.

3.3.1. *Drooggewicht*

Tijdens het opkweken nemen het vers- en drooggewicht van de planten, althans aanvankelijk, exponentieel met de tijd toe (blz. 14 en lit. 13, 16). In dit opzicht zijn geen principiële verschillen tussen vers- en drooggewicht gevonden; daarom wordt in het volgende alleen het drooggewicht in beschouwing genomen.

Wanneer tomatenplanten worden opgekweekt onder verschillende omstandigheden, kan men op een bepaald moment verschillen in drooggewicht vinden. Dit betekent dat de onderscheiden planten op verschillende tijdstippen eenzelfde gewicht hebben bereikt. Met andere woorden: men vindt hierbij tijdsverschillen in ontwikkeling, die te berekenen zijn uit het verloop van de drogestoftoename. Hiervoor zijn drooggewichtsbepalingen op verschillende tijdstippen nodig (vgl. 13).

In theorie zullen de verschillen, die bij het uitplanten bestaan, althans wanneer de betrokken planten uitgeplant zouden worden onder constante omstandigheden, gedurende de verdere teelt gehandhaafd blijven. Voor wat het principiële aspect hiervan betreft, wordt verwezen naar de proeven met tomatenplanten van verschillende behandelingen, die een gelijke nabehandeling kregen. Hierbij werd een zeer snelle aanpassing aan de omstandigheden waargenomen, waarbij aanvankelijke verschillen in tijd gehandhaafd bleven (blz. 27).

Door ASHBY (13) is aangetoond dat verschillen tussen kiemplanten, in tijd uitgedrukt, bij een gelijke nabehandeling vrijwel constant blijven.

Bij enkele belichtingsproeven is het verband tussen drogestofproduktie tijdens het opkweken en latere teeltresultaten nauwkeuriger bestudeerd. Bij één dezer proeven, uitgevoerd in het kader van de landelijke belichtingsproeven 1959–1960 (96), zijn 3 groepen planten, die aanvullend belicht werden met verschillende lamptypen (HPL, TL of ML), vergeleken. In tabel 1 zijn de verschillen in drogestofproduktie omstreeks het tijdstip van uitplanten uitgedrukt in een tijdsverschil ten aanzien van het bereiken van een bepaald drooggewicht.

TABEL 1. Verschillen in vroegheid van drogestofproduktie (1,2 g/ plant) en van bloei en rijping van de 1e en 2e trossen in dagen, na aanvullende belichting tijdens het opkweken met HPL = hogedrukkwiklampen met fluorescerende ballon (80 W), TL = fluorescentielampen TL 33 – wit (65 W), of ML = menglichtlampen (160 W). Vroegste datum = 0.

TABLE 1. *Differences in earliness for dry matter production (1,2 g/plant) and for flowering and ripening of the 1st and 2nd trusses in days, after supplementary illumination during the propagation with HPL = mercury-fluorescent lamps (MBF/80 W), TL = fluorescent lamps TL 33 – white (65 W), or ML = mercury-tungsten lamps (MBT/160 W). Earliest date = 0.*

Verschillen (in dagen) *Differences (in days)*	Behandeling/*Treatment*		
	HPL	TL	ML
Drogestofproduktie . . . . . *Dry matter production*	0	+ 1,0	+ 3,0
Bloei 1e tros . . . . . *Flowering 1st truss*	0	+ 0,4	+ 3,5
Rijping 1e tros . . . . . *Ripening 1st truss*	0	+ 1,0	+ 2,2
Bloei 2e tros . . . . . *Flowering 2nd truss*	0	+ 1,0	+ 0,4
Rijping 2e tros . . . . . *Ripening 2nd truss*	0	+ 0,8	+ 0,5

De vroegheidsverschillen bij het uitplanten (datum waarop 1,2 g droge stof per plant) stemmen in het algemeen goed overeen met die bij de bloei (datum eerste open bloem) en rijping (datum eerste rijpe vrucht). De bloei en de rijping van de 2e tros bij de ML-planten vormen hierop een uitzondering.

Ook bij andere proeven werd een dergelijk verband waargenomen. Uitzonderingen werden echter gevonden bij planten, die continu belicht waren, waarbij de drogestofproduktie een relatief te gunstig beeld gaf en bij planten, die na het uitplanten bij een belangrijk hogere temperatuur kwamen, waardoor de absolute verschillen in vroegheid kleiner werden.

Overigens dient hierbij te worden opgemerkt dat er in het voorjaar een tendens bestaat, dat de verschillen in vroegheid onder invloed van de steeds beter wordende groeiomstandigheden langzamerhand kleiner worden.

Ook door VERKERK (95, 96) en andere onderzoekers (24, 86, 90) is een correlatie gevonden tussen het drooggewicht bij het uitplanten en de vroege opbrengst, hoewel dit verband niet op basis van een tijdsverschil is uitgewerkt.

In het algemeen kan worden vastgesteld dat een hoog drooggewicht een belangrijke eis is voor een jonge tomatenplant voor stookteelten.

3.3.2. *Plaats van de eerste trossen*

Het is algemeen bekend dat het aantal bladeren onder de 1e tros en tussen de 1e en 2e tros bij tomatenplanten afhankelijk is van de groeiomstandigheden tijdens het opkweken (25, 26, 44, 79, 104).

De nawerking van de plaats van de tros is onderzocht door bij verschillende groepen planten voor iedere plant afzonderlijk het aantal bladeren onder de 1e en 2e tros te bepalen, benevens de bloei- respectievelijk rijpingsdatum van de eerste bloem respectievelijk vrucht van deze beide trossen. Deze waarnemingen vonden o.a. ook plaats bij de 3 groepen, onder verschillende lichtbronnen opgekweekte, planten van de landelijke belichtingsproef 1959–1960.

Tabel 2 geeft voor elk der behandelingen het tijdstip van bloei respectievelijk rijping voor planten met 9 en planten met 8 bladeren onder de 1e tros en voor planten met 13 respectievelijk 12 bladeren onder de 2e tros.

TABEL 2. Gemiddelde data van bloei van de eerste bloem, respectievelijk rijping van de eerste vrucht, aan de 1e tros bij planten met 9 of 8 bladeren onder de 1e tros en aan de 2e tros bij planten met 13 of 12 bladeren onder de 2e tros. Dezelfde belichtingsbehandelingen als in tabel 1.

TABLE 2. *Mean dates of the opening of the first flower and the ripening of the first fruit, on the 1st truss for plants with 9 or 8 leaves below the 1st truss and on the 2nd truss for plants with 13 or 12 leaves below the 2nd truss. The same illumination treatments as in table 1.*

	HPL		TL		ML	
Aantal bladeren onder 1e tros . . . . . *Number of leaves below 1st truss*	9	8	9	8	9	8
Bloeidatum 1e tros (0 = 11/2) . . . . . *Date of flowering 1st truss (0 = 11/2)*	6,2	4,3	6,7	4,8	8,3	6,7
Rijpingsdatum 1e tros (0 = 9/4) . . . . . *Date of ripening 1st truss (0 = 9/4)*	10,6	9,1	12,0	10,2	12,1	10,4
Aantal bladeren onder 2e tros . . . . . *Number of leaves below 2nd truss*	13	12	13	12	13	12
Bloeidatum 2e tros (0 = 11/2) . . . . . *Date of flowering 2nd truss (0 = 11/2)*	22,0	19,1	22,2	21,5	23,0	20,2
Rijpingsdatum 2e tros (0 = 9/4) . . . . . *Date of ripening 2nd truss (0 = 9/4)*	28,5	26,4	28,7	27,8	29,0	27,1

Voor de 1e tros zijn de cijfers vrij regelmatig; gemiddeld zijn de planten met 9 bladeren 1½ à 2 dagen later met bloei en rijping dan de planten met 8 bladeren onder de 1e tros.

Ten aanzien van de 2e tros is de invloed van één extra blad echter minder regelmatig; bij de met TL bestraalde planten is het effect kleiner dan 1 dag, bij de beide overige groepen is dit gemiddeld 2 à 3 dagen. De oorzaak van deze onregelmatigheid is vooralsnog onbekend.

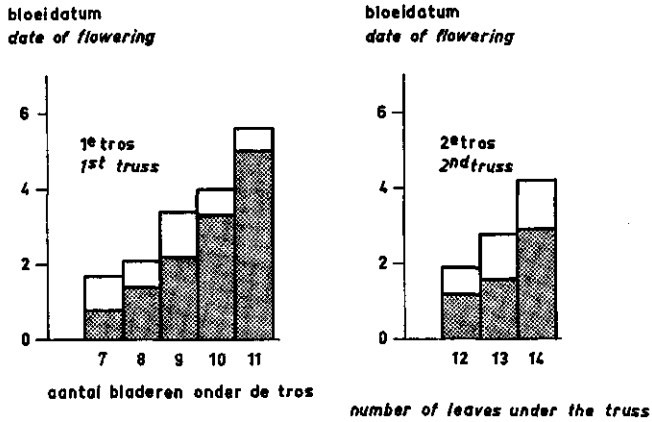
Uit tabel 2 is af te leiden dat de rijpingsduur, dus het verschil tussen bloeidatum en rijpingsdatum, niet is beïnvloed door het aantal bladeren onder de betrokken tros. Een groter aantal bladeren onder een tros heeft dus alleen een verschuiving in de tijd van het ontwikkelingsproces veroorzaakt.

In grafiek 3 zijn de resultaten weergegeven van een proef met planten van eenzelfde herkomst, die echter door ongelijkmatigheden in het klimaat van de opkweekruimte een grote variatie in aantallen bladeren onder de eerste 2 trossen vertoonden. De groeiomstandigheden ná het uitplanten waren niet voor alle planten gelijk, doordat een regelmatig temperatuurverschil binnen de kas bestond, vooral 's nachts, wanneer het verschil gemiddeld 1½ à 2°C bedroeg.

Deze grafiek toont aan dat de eerste bloei vroeger valt naarmate het aantal bladeren onder de betrokken tros kleiner en de (nacht-)temperatuur hoger is. Gemiddeld over alle waarnemingen is bij deze proef het effect van 1 blad meer of minder in de orde van 1 dag verschuiving van de eerste bloeidatum. Het gemiddelde effect van het temperatuurverschil is van dezelfde orde van grootte.

Een vergroting van het aantal bladeren onder de eerste trossen geeft dus een verlating, waarvan de grootte afhankelijk is van de groeiomstandigheden. Bij de proef van tabel 2 was deze in de orde van 1 à 3 dagen per blad, bij die van grafiek 3 ongeveer 1 dag per blad.

Ook SCHLÖSSER (84) vermeldt invloeden van de groeiomstandigheden; hoe beter deze waren, hoe kleiner de verschillen.



GRAFIEK 3. Bloeidata van de eerste bloem van de 1e tros (0 = 2 maart) en van de 2e tros (0 = 9 maart) bij planten met verschillende aantallen bladeren onder deze trossen. Witte kolommen = uitgeplant in koudste deel van de kas. Gestippelde kolommen = uitgeplant in warmste deel van de kas.

GRAPH 3. *Dates of the opening of the first flower on the 1st (0 = March 2) and 2nd (0 = March 9) truss for plants with different numbers of leaves below these trusses. White columns = planted out in the coldest part of the glasshouse. Shaded columns = planted out in the warmest part of the glasshouse.*

3.3.3. *Wisselwerking tussen drooggewicht en plaats van de trossen*

Tussen het effect van de drogestofproduktie en van de plaats van de tros, op de vroegheid van de bloei enz., bestaat een wisselwerking.

Dit blijkt ook uit het voorbeeld van tabel 1 (blz. 9). Bij de ML-planten vallen de bloei en rijping van de 2e trossen relatief vroeger dan op grond van de verschillen bij de 1e trossen verwacht zou worden. Een verklaring hiervoor is te vinden in het kleinere aantal bladeren tussen de 1e en 2e tros, dat bij HPL: 4,3; bij TL: 4,6 en bij ML: 3,4 bedraagt.

Dat met de mogelijkheid van het optreden van een dergelijke wisselwerking tussen het drooggewicht en de plaats van de tros terdege rekening dient te worden gehouden, volgt ook uit onderzoek van o.a. VERKERK (93) en CALVERT (25, 26). Zij vonden dat in het algemeen meer licht de drogestofproduktie en een lage trosaanleg bevordert, terwijl een hogere temperatuur soms leidt tot een verhoging van de drogestofproduktie, maar tevens meestal tot een hogere trosaanleg.

De factoren drogestofproduktie tijdens het opkweken en de plaats van de trossen mogen dus niet los van elkaar worden gezien, in verband met hun vroegheidseffect. De waarneming dat het verlatende effect van een hoge 1e tros, als gevolg van een hogere opkweektemperatuur, gecompenseerd wordt door de hiermede gepaard gaande snellere groei (25), is hier een bevestiging van.

3.4. Samenvatting en conclusies

Onder een goede jonge tomatenplant wordt verstaan een plant, die de hoogste geldopbrengsten geeft onder de omstandigheden waaronder de teelt plaats vindt.

Het rechtstreeks via experimenten vaststellen van de eisen voor jonge tomatenplanten stuit op verschillende moeilijkheden, waardoor bepaalde proefuitkomsten slechts een geringe representatieve waarde hebben.

De hoeveelheid geproduceerde droge stof tijdens de opkweek kan een aanwijzing zijn voor de vroegheid; doorgaans is het tijdsverschil in drogestofproduktie bij het uitplanten een redelijke maat voor het verschil in tijdstip van de bloei en de rijping van de eerste bloemen respectievelijk vruchten.

Voor het berekenen van het tijdsverschil in drogestofproduktie moet het drooggewicht op enkele tijdstippen bekend zijn.

De bloei- respectievelijk rijpingsdatum van de eerste bloemen respectievelijk vruchten van de eerste 2 trossen valt later naarmate het aantal bladeren onder deze trossen groter is; de grootte van dit effect hangt af van de groeiomstandigheden na het uitplanten.

Tussen de drogestofproduktie tijdens het opkweken en de plaats van de trossen bestaat dikwijls een wisselwerking met betrekking tot hun vroegheidseffect.

4. OPKWEEK VAN TOMATENPLANTEN IN UITSLUITEND KUNSTLICHT

4.1. Inleiding

De proeven over het opkweken van tomaten in uitsluitend kunstlicht zijn in 1955 begonnen in een bewaarcel van het Instituut voor Tuinbouwtechniek te Wageningen. Hierbij is gebruik gemaakt van enkele mondeling verstrekte, overigens niet gepubliceerde, gegevens van J. D. W. van Geel. Deze had toen al enkele jaren proeven genomen met het opkweken van tomatenplanten in een kelder, met het doel deze planten in een kas verder te telen.

Bij de eerste oriënterende opkweekproeven bleken fluorescentiebuizen de meest geschikte lichtbronnen voor uitsluitend kunstmatige belichting. Doordat dit lamptype slechts een geringe ophanghoogte behoeft, is het bovendien geschikt voor het gebruik in etages, zoals Roodenburg (82) al eerder voorstelde.

In 1959 zijn de proefnemingen uitgebreid. Voor het onderzoek van de meer praktische aspecten is een speciale kweekschuur gebouwd voor het op semi-praktijkschaal opkweken van partijen van 1200 planten.

Aangezien dergelijke grote ruimten niet geschikt zijn voor onderzoek over de meest gewenste licht- en temperatuurcondities, is tegelijkertijd een aantal lichtkisten gebouwd. Hierin zijn de belichtingsduur, de belichtingsintensiteit en de temperatuur apart te regelen.

In het volgende zal het onderzoek in deze lichtkisten eerst worden besproken.

4.2. Proeven in lichtkisten

4.2.1. *Inrichting van de lichtkisten*

De lichtkisten hebben de volgende afmetingen: lengte 1,00 m; breedte 1,00 m; hoogte 0,80 m. Het dak bestaat uit een glazen plaat, waarboven op 10–20 cm hoogte de lichtbronnen zijn opgehangen (afb. 1).

Op een in hoogte verstelbaar rek kunnen tweemaal 2 bakjes met turfmolm worden geplaatst, waarin de potten met planten worden ingegraven (afb. 2).

Als lichtbronnen zijn gebruikt fluorescentiebuizen TLF van 65 W nettovermogen, nummer 33 (wit) – kleurtemperatuur 4500 °K.

De lichtintensiteit in de kisten kan worden geregeld met het aantal lampen en met de afstand van de bakjes met planten tot de lampen. De variatie in de lichtintensiteit op het horizontale vlak bedraagt plus of min 5% van het gemiddelde.

De lichtkisten staan opgesteld in een met buitenlucht te koelen bewaarcel, waarin de temperatuur steeds lager is dan de laagste gewenste kisttemperatuur. De lucht in de kist wordt door een ventilator continu in beweging gehouden en door een elektrische kabelverwarming op de gewenste temperatuur gebracht (afb. 3). De luchttemperatuur in het horizontale vlak ter hoogte van de potrand schommelt tussen plus en min ½ °C om het gemiddelde.

De relatieve luchtvochtigheid in de kisten kon niet worden geregeld; door bevochtiging van de cel werd de relatieve luchtvochtigheid in de lichtkisten, afhankelijk van de temperatuur, tussen 60 en 80% gehouden.

4.2.2. *Methode van onderzoek*

Bij iedere proef in de lichtkisten werden de planten in 6–8 weken tijds opgekweekt tot het stadium van uitplanten. Tijdens het kiemen der zaden werd een temperatuur van 23 °C gegeven, daarna, tot het verspenen in potjes op de 9e of 10e dag na het zaaien, van gemiddeld 18 °C. Na het verspenen in potjes werden de planten aan de te onderzoeken licht- en temperatuurcombinaties blootgesteld. Wanneer nodig, in verband met de wortelontwikkeling, werd in grotere potten verpot.

Direct na het verspenen stonden er in de kisten ongeveer 80 planten; dit aantal werd tijdens de proeven geregeld minder, doordat planten gebruikt werden voor waarnemingen. De tijdstippen voor de waarnemingen en de aantallen hiervoor gebruikte planten werden zodanig gekozen, dat de kisten steeds „vol" bleven, zonder dat de planten elkaar te veel beschaduwden.

De lichtintensiteit in de kisten werd met een vlakke lichtmeter gemeten ter hoogte van de potranden; de toppen van de planten kwamen tijdens de opkweek echter dichter bij de lampen. De afstand van de lampen tot de toppen van de planten varieerde van 60–40 cm.

Bij alle proeven, behalve bij een vergelijking van enkele verschillende rassen, is het tomatenras Moneymaker gebruikt.

Tijdens de opkweekbehandelingen werden waarnemingen gedaan omtrent de groei en ontwikkeling van de planten. Hierbij werden geregeld of incidenteel bepaald:

1. Vers- en drooggewicht van de bovengrondse delen, met de kiembladen, soms gescheiden in stengels en bladeren. In het volgende wordt alleen het drooggewicht vermeld, dit is dan het drooggewicht van het bovengrondse deel van de planten.
2. Vers- en drooggewicht van de wortels, dat wil zeggen van de plant onder de kiembladen; hiertoe werd de potkluit voorzichtig uitgespoeld.
3. Aantal door het groeipunt afgesplitste bladeren (binoculaire microscoop) of het aantal zichtbare bladeren groter dan 0,5 cm.
4. Aantal bladeren onder de bloemtrossen (blote oog en binoculaire microscoop) en het stadium van de trosaanleg (binoculaire microscoop).

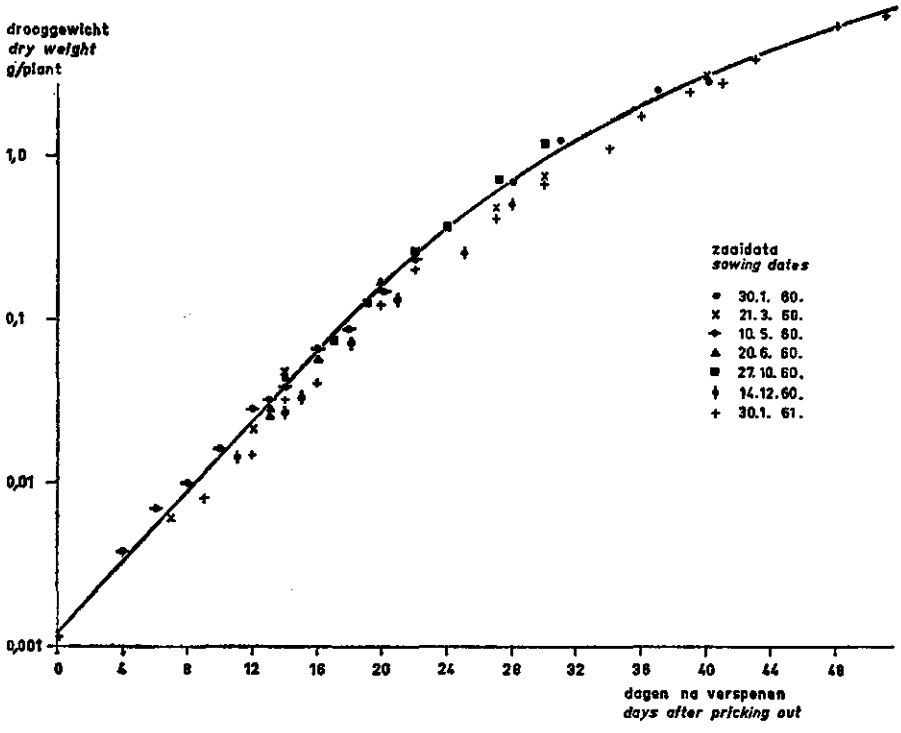
4.2.3. *Analyse van groei en ontwikkeling tijdens het opkweken*

4.2.3.1. Drogestofproduktie

Als belangrijkste gegeven over de groei van de planten wordt beschouwd de hoeveelheid geproduceerde droge stof. Deze hoeveelheid neemt, althans aanvankelijk en onder constante klimaatsomstandigheden, toe volgens een exponentiële functie (16). Er bestaat dan een rechtlijnig verband tussen de logaritme van het drooggewicht en de tijd.

In grafiek 4 is op eenzijdig logaritmische schaal het gemiddelde drooggewicht per plant tegen de tijd uitgezet. Dit betreft waarnemingen bij een z.g. standaardbehandeling, dat wil zeggen een behandeling die bij zeven verschillende proeven – op verschillende tijdstippen in het jaar – steeds is herhaald.

Uit deze grafiek blijkt, dat het verloop van de logaritme van het drooggewicht tot een bepaald punt – ongeveer de 20e dag na het verspenen – inderdaad rechtlijnig is; daarna buigt de lijn echter af. Bij het buigpunt bedraagt het drooggewicht omstreeks 0,2 gram per plant.



GRAFIEK 4. Drooggewicht per plant (logaritmische schaal) in verband met de tijd, van groepen planten van gelijke behandelingen uit 7 achtereenvolgende proeven.
Behandeling: 16 uur licht van 7000 lux bij 21 °C + 8 uur donker bij 15 °C.

GRAPH 4. *The variation in dry weight per plant (logarithmic scale) with the time, for groups of plants of the same treatment from 7 successive experiments. Treatment: 16 hours light of 7000 lux at 21 °C + 8 hours darkness at 15 °C.*

Dit verloop hangt onder meer samen met de beschaduwing van de onderste bladeren door de hogere, waardoor de eerstgenoemde minder licht ontvangen. Dit verschijnsel zal zich vooral voordoen bij een sterk eenzijdige belichting van boven, zoals dit in de lichtkisten het geval is. Voorts worden bij het groter worden van de planten relatief minder assimilaten gebruikt voor de vorming van assimilerende plantendelen (16, 71). Er zijn geen redenen om de genoemde afbuiging toe te schrijven aan vocht- of voedseltekorten.

Uit grafiek 4 blijkt ook dat de proefresultaten uit de lichtkisten goed reproduceerbaar zijn. De grootte van de afwijkingen van het gemiddelde voor de afzonderlijke waarnemingspunten bedraagt maximaal 2 dagen. Hierbij dient te worden bedacht, dat het tijdstip van waarneming is weergegeven in het aantal dagen na het verspenen en dat het verspenen niet steeds tijdens een precies gelijk groeistadium heeft plaats gevonden. Deze resultaten wettigen het vergelijken van gegevens over de drogestofproduktie van achtereenvolgende proeven in de lichtkisten.

Eén van de consequenties van het exponentiële verloop van de drogestofproduktie is, dat het verschil in drooggewicht van de planten op een bepaald moment geen goede maatstaf is voor het verschil in groeisnelheid of drogestofpro-

duktie. Immers bij verschillende groeisnelheden – als gevolg van verschil in de groeiomstandigheden – wordt de verhouding tussen de absolute waarden van de respectievelijke drooggewichten groter naarmate de tijd verstrijkt. Met andere woorden: de verhouding tussen de absolute waarden van de drooggewichten is afhankelijk van het tijdstip van waarnemen (vgl. 16, 38).

Voor jonge planten is de helling van de lijn, die de logaritme van het drooggewicht in verband met de tijd weergeeft, maatgevend voor de groeisnelheid. Uit het verloop van de drogestoftoename is voor verschillende behandelingen het verschil in tijdstip, waarop een bepaald drooggewicht is of wordt bereikt, af te leiden. Dit tijdsverschil op het moment van uitplanten is, zoals onder 3.3.1 (blz. 8) is aangegeven, een bruikbare maatstaf voor de latere produktiecapaciteit van de planten.

4.2.3.2. Blad- en bloemtrosvorming

Tijdens de opkweek worden door het groeipunt geregeld nieuwe bladeren afgesplitst (zie afb. 4) totdat de eerste bloemtros gevormd wordt. Vrijwel tegelijk met de uiterlijk waarneembare differentiatie van de bloemtros ontstaat een nieuw blad, in welks oksel zich een nieuw groeipunt ontwikkelt (afb. 5). Dit nieuwe groeipunt splitst eerst weer een aantal bladeren af, alvorens de tweede tros te vormen. Bij de trosvorming ontstaat eerst een sterke opbolling van het groeipunt, dat zich vervolgens in tweeën splitst, waarna het ene deel zich tot een bloem ontwikkelt en het andere deel zich vervolgens weer in tweeën splitst, enz., totdat trossen van 5 of meer bloemen zijn ontstaan (afb. 6). Het blad, dat ongeveer tegelijkertijd met de bloemtros wordt gevormd, groeit met het nieuwe groeipunt mee en bevindt zich daardoor later op een hogere plaats aan de stengel dan de bloemtros.

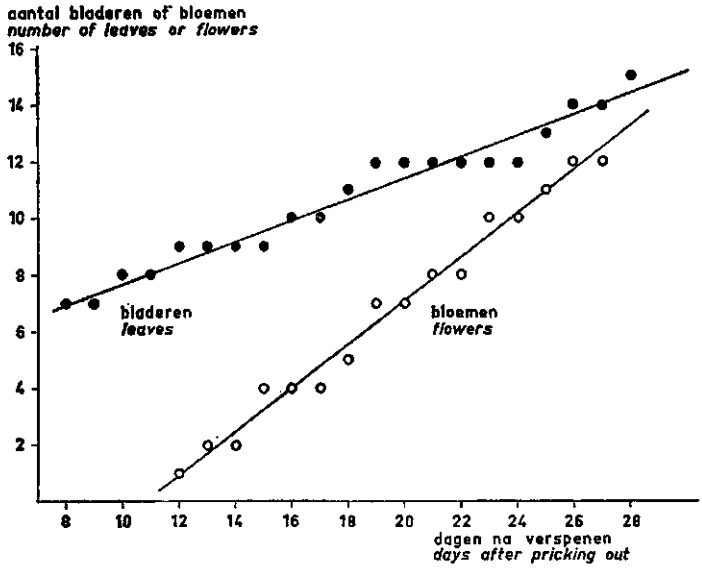
Het verloop van de blad- en bloemvorming, zoals deze bij één van de behandelingen werd waargenomen bij de planten met 8 bladeren onder de 1e tros, is weergegeven in grafiek 5. De gegevens hiervoor zijn verkregen door dagelijks van 5 planten het aantal aangelegde bladeren en bloemen te bepalen.

Over de gehele waarnemingsperiode bezien, verloopt het aanleggen van bladeren en bloemen regelmatig en evenredig met de tijd (vgl. 26). De afzonderlijke waarnemingspunten hebben maximaal een afwijking in de orde van 1 blad respectievelijk 1 bloem ten opzichte van de door deze punten getrokken lijnen.

Bij een nadere beschouwing van grafiek 5 blijkt echter, dat de bladvorming, op de korte termijn beschouwd, toch niet helemaal een continu proces is. Tijdens de eerste fase van de trosaanleg treedt kennelijk een stagnatie in het proces van bladafsplitsing op. Voor de planten van grafiek 5 was dit het geval in de perioden van de 12e–16e dag (aanleg 1e tros) en van de 19e–25e dag (aanleg 2e tros) na verspenen. Wanneer van alle onderzochte planten, dus ongeacht het aantal bladeren onder de 1e tros, het aantal aangelegde bladeren tegen de tijd wordt uitgezet, zijn deze perioden van stilstand in de bladvorming niet of nauwelijks meer te onderscheiden.

Ook het aantal bladeren groter dan 0,5 cm en de totale bladlengte van deze bladeren, bleken evenredig met de tijd toe te nemen.

Bij de bloemvorming werden geen onregelmatigheden waargenomen. Hierbij dient evenwel te worden opgemerkt, dat na de afsplitsing van de 6e of 7e bloem de verdere bloemvorming aan een tros niet goed meer is waar te nemen; de volgende bloembeginsels blijven aanvankelijk klein, terwijl de eerste bloembeginsels zich veelal meteen vrij sterk ontwikkelen.



GRAFIEK 5. Aantal aangelegde bladeren of bloemen van planten met 8 bladeren onder de 1e tros in verband met de tijd. Behandeling: 15 uur licht van 7600 lux bij 21 °C + 9 uur donker bij 15 °C.

GRAPH 5. *The relationship between the number of initiated leaves or flowers and the time for plants with 8 leaves below the 1st truss. Treatment: 15 hours light of 7600 lux at 21 °C + 9 hours darkness at 15 °C.*

Het aantal bladeren onder de 1e trossen varieerde bij de proeven in de lichtkisten van 8 tot 14; de meest voorkomende aantallen waren 9, 10 en 11. Het tijdstip van de trosaanleg varieert hierdoor ook; bij de onderzochte omstandigheden vond de aanleg van de 1e tros plaats tussen de 13e en 23e dag na het verspenen (vgl. 28).

Bij een aantal proeven werd binnen een groep planten met verschillende aantallen bladeren onder de 1e tros een negatief verband gevonden tussen het aantal bladeren onder de 1e tros en dat tussen de 1e en 2e tros.

Met betrekking tot de invloed van de omstandigheden op de aanleg van de eerste trossen zijn de volgende resultaten van een elders in detail te publiceren onderzoek vermeldenswaard. Gebleken is, dat de aanleg van de trossen nog tot op 1 dag vóór het moment waarop dit microscopisch zichtbaar is, verlaat kan worden. Deze beïnvloeding kan niet alleen plaatsvinden door b.v. ontbladeren, maar ook, onder bepaalde omstandigheden, door het verspenen of verpotten van de planten. Dit laatste is af te leiden uit tabel 3 voor planten, die op verschillende tijdstippen zijn verspeend.

Verspenen vóór het tijdstip waarop bij de niet verspeende planten de aanleg van de 1e tros microscopisch zichtbaar was, omstreeks 25 december, geeft een vermeerdering van het aantal bladeren onder deze tros, gepaard gaande met een vermindering van het aantal bladeren tussen de 1e en 2e tros.

Uit verder onderzoek is gebleken dat het effect van dergelijke ingrepen des te groter is, naarmate deze korter voor het tijdstip van de trosaanleg plaatsvinden. Deze tendens is ook uit tabel 3 af te lezen, wanneer er rekening mee wordt ge-

TABEL 3. Aantal bladeren onder de 1e tros en tussen de 1e en 2e trossen bij planten die op verschillende data zijn verspeend. Zaaidatum: 5 december 1961. Tijdstip aanleg 1e tros bij niet verspeende planten, omstreeks 25 december 1961. Gemiddelden van 8 planten.

TABLE 3. *Number of leaves below the 1st truss and between the 1st and 2nd trusses for plants pricked out on different dates. Date of sowing: 5th December 1961. Time of initiation of the 1st truss with plants not pricked out: about 25th December 1961. Averages of 8 plants.*

Datum van verspenen *Date of pricking out*	Gemiddeld aantal bladeren *Mean number of leaves*	
	Onder de 1e tros *Below the 1st truss*	Tussen de 1e en 2e tros *Between the 1st and 2nd trusses*
21/12	9,0	3,6
23/12	9,6	3,6
25/12	8,8	4,4
27/12	8,0	4,6
29/12	8,1	4,6
15/1	7,9	5,2

houden dat bij een deel van de op 25 december verspeende planten de 1e tros reeds was aangelegd, en wel boven het 8e blad.

Het is dus mogelijk dat bij vergelijkende proeven de trosaanleg onwillekeurig is beïnvloed door oorzaken, die niet direct te maken hebben met de vergeleken proefomstandigheden, zoals bijvoorbeeld het tijdstip van verspenen of verpotten. Hierdoor kan ook het eerder vermelde verband tussen het aantal bladeren onder de 1e tros en dat tussen de 1e en 2e tros worden verstoord.

4.2.4. *Invloed van de omstandigheden op groei en ontwikkeling*

4.2.4.1. Inleiding

Bij de achtereenvolgende proeven in de lichtkisten zijn tomatenplanten opgekweekt onder verschillende combinaties van licht en temperatuur. Het aantal vergeleken combinaties is betrekkelijk klein door technische en praktische beperkingen, doch de onderzochte combinaties zijn gekozen op grond van de op dat moment aanwezige ervaringen en inzichten omtrent het opkweken van tomaten voor stookteelten. Hetgeen zeggen wil, dat alleen omstandigheden zijn vergeleken, waarbij voor de teelt bruikbare planten worden verkregen.

Bij alle proeven wisselde de temperatuur tweemaal daags, waardoor telkens een periode van 15 of 16 uur met een hogere temperatuur („dagtemperatuur") gevolgd werd door een periode van 9 respectievelijk 8 uur met een lagere temperatuur („nachttemperatuur").

De belichting vond plaats gedurende 8, 16 of 24 uur per etmaal en wel zodanig, dat het begin van de belichting samen viel met het begin van de periode van de hoge temperatuur.

Voor de belichtingsintensiteit is uitgegaan van een standaardwaarde, die verkregen werd bij een zodanige opstelling van de belichtingsbronnen, dat de lichtverdeling in het horizontale vlak ter hoogte van de potrand zo gelijkmatig mogelijk was. Eenvoudigheidshalve wordt deze standaard-belichtingswaarde aangeduid met L. De absolute waarde van L is, voornamelijk door veroudering van de lampen, niet voor alle achtereenvolgende proeven gelijk en schommelde tussen 6800 en 7200 lux. Uit metingen van Dr. P. GAASTRA blijkt, dat voor de be-

trokken proefopstelling en lamptypen deze waarden overeenkomen met een totale straling van 23.000–25.000 erg/cm²/sec.

Voor iedere afzonderlijke proef zijn de lichtintensiteiten uitgedrukt in deze L-waarde, bijvoorbeeld $\frac{1}{2}$ L, $\frac{3}{5}$ L, L enz. Donker wordt aangeduid door D. De belichting wordt aangegeven per periode van respectievelijk 16 en 8 uur (soms van respectievelijk 15 en 9 uur). De lichtintensiteiten voor deze respectievelijke perioden worden, gescheiden door een schuine streep, weergegeven als waarden van L (= standaardbelichtingswaarde) of als D (= donker).

De temperaturen voor deze zelfde perioden worden door twee, eveneens door een schuine streep gescheiden, getallen weergegeven in °C.

Ter verduidelijking volgen hier enkele voorbeelden:
$\frac{1}{2}$ L/D – 21/15 °C betekent: 16 uur licht van intensiteit $\frac{1}{2}$ L bij een temperatuur van 21 °C, gevolgd door 8 uur donker bij 15 °C;
L/L – 26/20 °C betekent: 24 uur (16 + 8 uur) licht van intensiteit L bij een temperatuur van 16 uur 26 °C en 8 uur 20 °C.

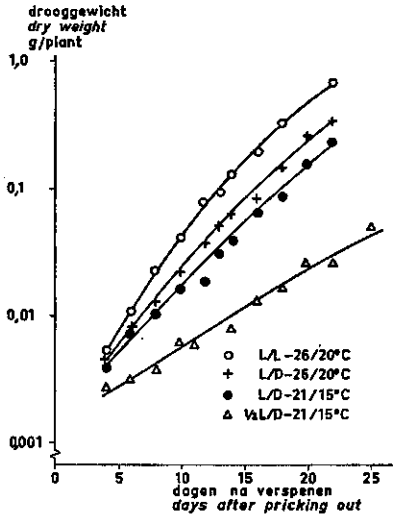
4.2.4.2. Drogestofproduktie

De invloed van licht en temperatuur op de drogestoftoename van jonge tomatenplanten na het verspenen wordt geïllustreerd door een proef, waarin de volgende behandelingen werden vergeleken:

L/L – 26/20 °C
L/D – 26/20 °C
L/D – 21/15 °C
$\frac{1}{2}$ L/D – 21/15 °C

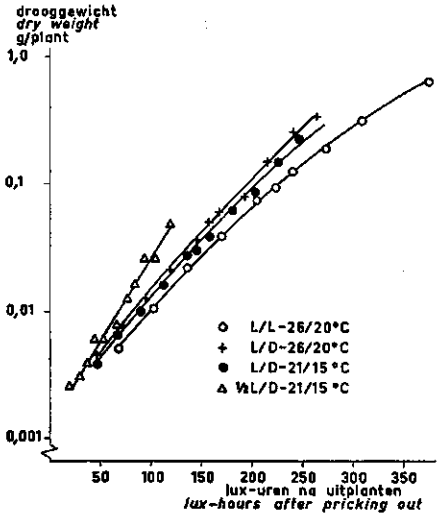
In grafiek 6 is het drooggewicht per plant op logaritmische schaal uitgezet tegen de tijd, in grafiek 7 tegen de hoeveelheid toegediend licht. De hoeveelheid licht is berekend uit de totale duur en de gemiddelde intensiteit van de belichting en is uitgedrukt in lux-uren.

Uit grafiek 6 blijkt, dat naarmate de hoeveelheid toegediend licht per dag groter is, ook de drogestoftoename per dag groter is. Dit geldt zowel voor de belich-



GRAFIEK 6.
Drooggewicht per plant (log. schaal) in verband met de tijd, voor planten van verschillende behandelingen.

GRAPH 6.
The variation in dry weight per plant (log. scale) with time, for plants of different treatments.
L/L – 26/20°C = 16 hours L (= light of approximately 7000 lux) at 26°C + 8 hours L at 20°C.
L/D – 26/20°C = 16 hours L at 26°C + 8 hours D (= darkness) at 20°C.
L/D – 21/15°C = 16 hours L at 21°C + 8 hours D at 15°C.
½ L/D – 21/15°C = 16 hours ½ L (= 3500 lux) at 21°C + 8 hours D at 15°C.



GRAFIEK 7.
Drooggewicht per plant (log. schaal) in verband met de hoeveelheid toegediend licht (lux-uren), voor dezelfde groepen planten als in grafiek 6.

GRAPH 7.
The variation in dry weight per plant (log. scale) with the amount of light-energy (lux-hours) supplied after pricking out, for the same groups of plants as in graph 6.

tingsduur (vergelijking van L/L – 26/20 °C met L/D – 26/20 °C) als voor de belichtingsintensiteit (vergelijking van L/D – 21/15 °C met ½ L/D – 21/15 °C).

Uit grafiek 7 blijkt echter, dat naarmate de belichtingsduur en de belichtingsintensiteit groter zijn, de drogestofproduktie per eenheid toegediend licht lager is. Uit de berekeningen van de benodigde hoeveelheid energie voor achtereenvolgende groeitrajecten bleek voorts dat de verschillen tussen de behandelingen, inzake de hoeveelheid geproduceerde droge stof per eenheid toegediend licht, gedurende de gehele opkweekperiode ongeveer gelijk zijn.

De toename van de dagelijks geproduceerde hoeveelheid droge stof door meer licht gaat dus gepaard met een vermindering van het effect van dat licht. Met andere woorden: een grotere snelheid van de drogestofproduktie gaat ten koste van het rendement van de belichting.

Dit werd ook steeds gevonden bij andere proeven. Voor de proeven, waarbij de planten een drooggewicht van 0,4 gram bereikten, zijn in tabel 4 de hiervoor benodigde tijd en energie, gemiddeld per behandeling, vermeld. Door de ongelijke veroudering van de lampen was de gemiddelde lichtintensiteit niet nauwkeurig te bepalen; de berekening van de benodigde energie is voor de verschillende behandelingen derhalve gebaseerd op schattingen van de gemiddelde lichtenergie.

Uit tabel 4 volgt dat de benodigde energie toeneemt, dus het rendement van de belichting afneemt, als de dagelijkse belichtingsduur en de belichtingsintensiteit toenemen.

Ook de temperatuur blijkt hierbij een rol te kunnen spelen. Uit het feit dat zowel bij 16 uur L (L/D) als bij 24 uur L (L/L) het rendement van de belichting bij 26/20 °C hoger is dan bij 21/15 °C, kan worden vastgesteld dat een temperatuur van 21/15 °C suboptimaal is voor de drogestofproduktie bij deze lichtintensiteit (vgl. 57).

Zowel bij de proef van grafiek 6, als bij andere proeven werd de tendens waargenomen dat de afbuiging van het exponentiële verloop van de drogestofproduktie, bij de planten die het meeste licht kregen en dus het snelst groeiden, in een vroeger stadium plaats vond dan bij de planten die minder licht kregen (vgl. 13, 38).

TABEL 4. Tijd in aantal dagen vanaf het verspenen en totale energie gedurende deze tijd ten opzichte van behandeling L/D – 21/15 °C, benodigd voor de vorming van 0,4 gram droge stof per plant bij verschillende behandelingen.

TABLE 4. *Time expressed as number of days taken from date of pricking out, and the corresponding energy required, relative to L/D – 21/15 °C, for the production of 0,4 gram dry matter per plant for different treatments.*
L = light of ± 7000 lux; D = darkness; L/D = 16 hours L + 8 hours D;
½L/D = 16 hours ½L + 8 hours D; L/L = 16 + 8 hours L etc.; 21/15 °C = 16 hours 21 °C + 8 hours 15 °C; 26/20 °C = 16 hours 26 °C + 8 hours 20 °C.

Behandeling *Treatment*	Vorming van 0,4 gram droge stof *Production of 0,4 gram dry matter*	
	Aantal dagen *number of days*	Totale energie (relatief) *Total energy (relative)*
L/D – 21/15 °C	25	100
½L/D – 21/15 °C	36	65
½L/½L – 21/15 °C	36	91
L/D – 26/20 °C	23	96
L/L – 26/20 °C	19	116
L/L – 21/15 °C	22	131

De invloed van de dagelijkse belichtingsduur is nog nader onderzocht voor respectievelijk 8, 12, 16 en 24 uur. Hierbij werd eveneens een afname van het belichtingsrendement bij een toenemende belichtingsduur gevonden, vooral bij een belichting langer dan 16 uur per dag.

Het effect van de belichting tijdens de lage temperatuurperiode werd nader onderzocht door vergelijking van de behandelingen:

L/D – 21/15 °C
L/⅗L – 21/15 °C
L/L – 21/15 °C

Voor de produktie van 0,4 gram droge stof per plant waren de benodigde tijden respectievelijk 25, 23 en 22 dagen en de hoeveelheden energie respectievelijk 280, 325 en 370 lux-uren. Door de belichting tijdens de periode van lage temperatuur is de dagelijkse hoeveelheid toegediende energie vermeerderd met respectievelijk 30 en 50%; de gemiddelde dagelijkse drogestofproduktie evenwel is slechts toegenomen met 9 respectievelijk 14%. Bij deze temperaturen is het effect van de 8 uur aanvullende belichting dus uitermate laag geweest, respectievelijk 30 en 28% van de 16 uur belichting bij 21 °C.

Verder is bij één der proeven eenzelfde hoeveelheid licht per dag (belichtingsduur 15 à 16 uur) toegediend met een constante intensiteit of met een tweemaal per belichtingsperiode veranderende lichtintensiteit. Schematisch kunnen de drie vergeleken behandelingen als volgt worden aangeduid.:

16 uur ¾ L + 8 uur D
4 uur ½ L + 8 uur L + 4 uur ½ L + 8 uur D
4 uur L + 8 uur ½ L + 4 uur L + 8 uur D

De temperatuur was tijdens ¾ L en ½ L: 21 °C, tijdens L: 24 °C en tijdens het donker 15 °C.

Drie weken na het begin van de behandelingen, dus na het verspenen, waren

er geen betrouwbare verschillen in de drogestofproduktie tussen de 3 groepen planten.

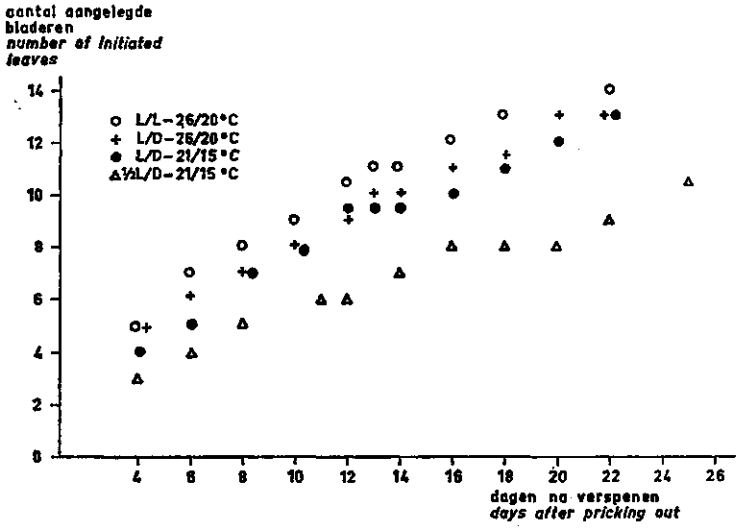
Deze resultaten zouden kunnen betekenen, dat het rendement van de belichting bepaald wordt door de totale energie, toegediend gedurende een dagelijkse belichtingsperiode van bepaalde duur en dat schommelingen in de lichtintensiteit hierbij, binnen bepaalde grenzen, geen rol van betekenis spelen.

Drogestofgehalte. Hoewel het drogestofgehalte nogal aan schommelingen – waarschijnlijk onder invloed van de vochthuishouding – onderhevig is, zijn er in het algemeen tussen de behandelingen wel duidelijke verschillen waargenomen. Het drogestofgehalte was in het algemeen hoger naarmate de belichtingsintensiteit hoger en de dagelijkse belichtingsduur langer was (vgl. 9, 22); de invloed van de temperatuur was niet duidelijk.

4.2.4.3. Blad- en bloemtrosvorming

Van dezelfde groepen planten, waarvan onder 4.2.4.2 (blz. 19) de drogestofproduktie is besproken, zijn de blad- en bloemtrosvorming onderzocht.

Bladvorming. In grafiek 8 zijn de aantallen aangelegde bladeren weergegeven in verband met de tijd.



GRAFIEK 8. Aantallen aangelegde bladeren in verband met de tijd, voor planten van dezelfde behandelingen als in grafiek 6. Gemiddelden van 4 planten.

GRAPH 8. *The relationship between the numbers of initiated leaves and the time, for plants from the same treatments as in graph 6. Averages of 4 plants.*

De afwijking van de punten voor de onderscheiden behandelingen ten opzichte van denkbeeldige rechte lijnen zijn maximaal ter grootte van 1 blad. Voor de snelheid van bladvorming geldt dezelfde volgorde als voor de snelheid van de drogestofproduktie (vergelijk grafiek 6, blz. 19).

De snelheid, waarmede het groeipunt bladeren afsplitst, varieerde bij deze proeven van 1 blad per 3 dagen bij ½ L/D – 21/15 °C tot 1 blad per 2 dagen bij L/L – 26/20 °C.

Plaats van de trossen. Bij de meeste proeven is voor de verschillende behandelingen de plaats van de 1e tros, dus het aantal bladeren onder deze tros, bepaald. Zoals reeds onder 4.2.3.2 (blz. 16) is vermeld, wordt de plaats van de trossen niet alleen door de mate van belichting en de temperatuur beïnvloed, maar kunnen ook andere factoren hierop van invloed zijn. Hierbij is met name te denken aan de snelheid van kiemen en het tijdstip van verspenen of oppotten. Dat andere factoren dan licht en temperatuur inderdaad een rol hebben gespeeld, blijkt wel uit het feit, dat de troshoogte bij gelijke behandelingen in verschillende proeven nogal varieert. Op dit punt zijn de verschillende proefseries onderling minder goed vergelijkbaar.

In tabel 5 zijn de gegevens over de plaats van de 1e tros vermeld voor dezelfde behandelingen als die waarvan reeds eerder de drogestofproduktie (grafiek 6, blz. 19) en de bladvorming (grafiek 8, blz. 22) zijn weergegeven.

TABEL 5. Spreiding van de aantallen bladeren onder de 1e tros bij planten van dezelfde behandelingen als in grafieken 6–9.

TABLE 5. *Variation in the numbers of leaves below the first truss for plants from the same treatments as in graphs 6–9.*

Behandeling *Treatment*	Aantal planten *Number of plants*	% planten met n bladeren *% plants with n leaves*			Gemiddeld aantal bladeren *Average number of leaves*
		n = 9	n = 10	n = 11	
L/L – 26/20 °C	17	29	71	–	9,7
L/D – 26/20 °C	19	42	58	–	9,6
L/D – 21/15 °C	19	74	26	–	9,3
½L/D – 21/15 °C	3	–	–	100	11,0

Van de behandeling ½ L/D – 21/15 °C was bij het beëindigen van de proef bij slechts 3 planten de 1e tros microscopisch zichtbaar. Het voor deze behandeling vermelde aantal bladeren is hierdoor mogelijk iets te laag.

Uit tabel 5 blijkt, dat alleen de lichtintensiteit een duidelijke invloed op de plaats van de tros heeft gehad.

In verschillende proeven zijn de behandelingen ½ L/D – 21/15 °C met L/D – 21/15 °C (verschillende belichtingsintensiteit) en L/D – 21/15 °C met L/D – 26/20 °C (verschillende temperatuur) vergeleken. De resultaten ervan zijn, per proef afzonderlijk, weergegeven in tabel 6.

Deze tabel laat duidelijk de verschillen tussen de proefseries zien. De resultaten van de betrokken vergelijkingen zijn evenwel eensluidend: een lagere lichtintensiteit en een hogere temperatuur vergroten beide het aantal bladeren dat vóór de 1e tros wordt aangelegd.

Ook de invloed van de belichtingsduur is in meer proeven nagegaan. Hierbij werden tussen 24 uur en 16 uur belichting geen belangrijke verschillen in aantallen bladeren onder de 1e tros waargenomen, noch bij 26/20 °C (L/L: 9,7 bladeren en L/D: 9,6 bladeren), noch bij 21/15 °C (L/L: 8,3 bladeren en L/D: 8,5 bladeren). Ook bij een vergelijking van een viertal rassen traden, bij een temperatuur van 24/18 °C, geen verschillen op in troshoogte tussen 24 uur belichting en 16 uur belichting.

TABEL 6. Gemiddelde aantallen bladeren onder de 1e tros, bij verschillende belichtingsintensiteiten (½L en L) en bij verschillende temperaturen (21/15 °C en 26/20 °C) als resultaten van diverse proeven. Tussen ( ) aantallen planten.

TABLE 6. *Average numbers of leaves below the 1st truss, for different light intensities (½L and L) and for different temperatures (21/15 °C and 26/20 °C) as results from various experiments. In ( ) numbers of plants.*

Proef *Experiment**	Temperatuur: 21/15 °C *Temperature: 21/15 °C*		Belichting: L/D *Illumination: L/D*	
	½L/D	L/D	21/15 °C	26/20 °C
1	10,4 (54)	8,5 (65)*)		
2	10,9 (20)	9,3 (19)		
3	12,8 (20)	9,4 (39)		
4	11,0 (3)	9,3 (19)	9,3 (19)	9,6 (19)
5			8,8 (23)	9,5 (24)
6			8,3 (16)	9,9 (16)

*) temp. 23/17°C

4.2.4.4. Overige waarnemingen

Bladkleur. De bladkleur varieerde bij de onderscheiden behandelingen van lichtgroen tot donkergroen en blauwgroen. Deze laatste kleurschakeringen worden mede veroorzaakt door een paarskleuring van de onderzijden der bladeren. Bij deze donkere planten zijn meestal ook de bladstelen en de stengels paars gekleurd. Vaak gaan paarskleuring en een relatief hoog drogestofgehalte samen.

In het algemeen is de bladkleur donkerder naarmate de temperatuur lager is en/of de dagelijkse belichting sterker respectievelijk langduriger is.

Gele bladvlekken. Onder bepaalde groeiomstandigheden kunnen bij jonge tomatenplanten gele bladvlekken ontstaan. Het optreden hiervan, vooral bij langdurige dagelijkse belichting – in het algemeen langer dan 16 à 18 uur – is vele malen waargenomen (5, 12, 62, 80). Ook bij een normale belichtingsduur kunnen deze bladvlekken volgens ROODENBURG (81) optreden (vgl. 5). De vorm en afmetingen van de bladvlekken variëren, afhankelijk van de omstandigheden (55).

Bij de proeven in de lichtkisten is bij continue belichting waargenomen dat de bladvlekken eerder en in sterkere mate optreden, naarmate de bladkleur lichter is. Deze gegevens wijzen op een verband tussen de mate van groei en het optreden van gele bladvlekken; bij hogere temperaturen verdwijnt de paarse kleur en verschijnen de gele bladvlekken. Binnen een onder dezelfde omstandigheden opgekweekte groep planten zijn het ook steeds de grootste, sterkst groeiende planten, die de bladvlekken het eerst en het ergst te zien geven.

Overigens zijn deze verschijnselen bij geen van de proeven in de lichtkisten in ernstige mate opgetreden.

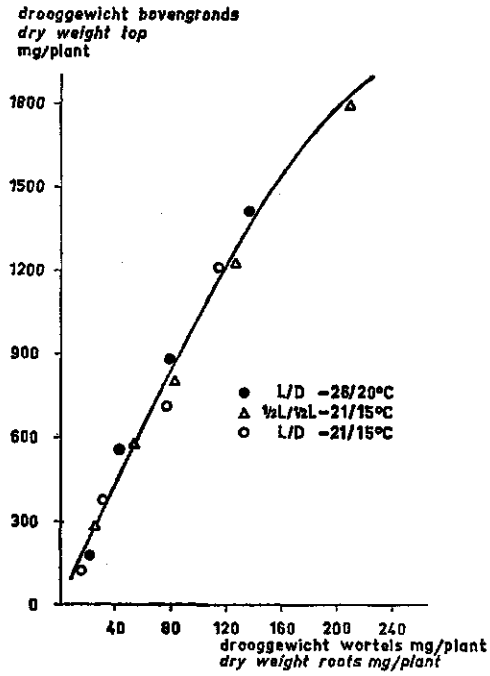
Wortelgroei. Bij globale beoordeling van het wortelstelsel in de potkluit van onder verschillende omstandigheden opgekweekte planten, valt steeds een zelfde tendens waar te nemen als bij de drogestofproduktie van stengels en bladeren.

Bij enige proeven zijn de drooggewichten van de bovengrondse plantendelen

en van de wortels apart bepaald. In grafiek 9 is het verband tussen deze beide weergegeven voor gemiddelden van telkens 3 planten, die zijn opgekweekt bij:

L/D - 26/20 °C
½L/½L - 21/15 °C
L/D - 21/15 °C

Uit deze grafiek blijkt dat de spruit: wortel-verhouding onafhankelijk was van de opkweekomstandigheden. Er werden dus binnen het onderzochte gebied geen principiële verschillen in de relatieve wortelgroei waargenomen. Deze conclusie is naderhand in een andere proef bevestigd.



GRAFIEK 9.
Verband tussen het drooggewicht van de bovengrondse plantendelen en het drooggewicht van de wortels voor planten van verschillende behandelingen. Gemiddelden van 3 planten.

GRAPH 9.
The relation between the dry weight of the top and the dry weight of the roots of plants from different treatments. Averages of 3 plants.

Het lijkt aannemelijk dat de gevonden relatie alleen bestaat zolang de wortelgroei en de bovengrondse groei ongestoord kunnen plaats vinden en geen factoren optreden die b.v. specifiek de wortelgroei remmen, zoals o.a. een te kleine pot, gebreken aan de grond of een te lage grondtemperatuur (23, 61).

Verhouding tussen de drooggewichten van bladeren en stengels. Bij enkele proeven is bij de drooggewichtsbepalingen onderscheid gemaakt tussen bladeren en stengels, de laatste met inbegrip van de grotere bladstelen.

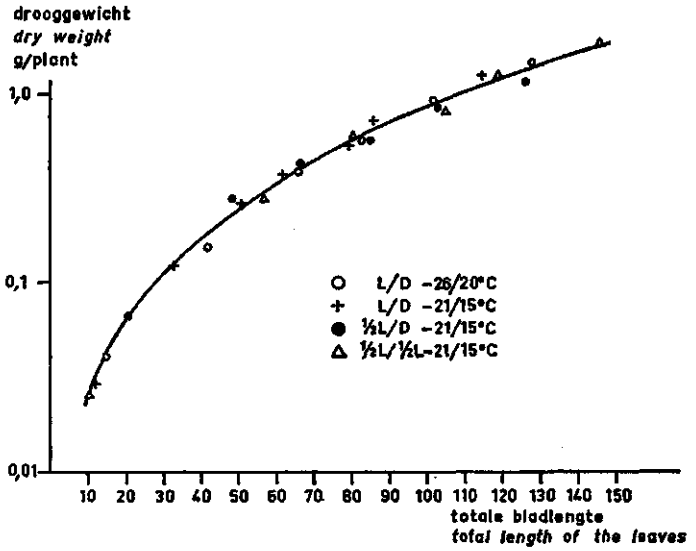
Tijdens het groter worden van de planten wordt de blad : stengel-verhouding kleiner, waaruit volgt dat later relatief minder assimilaten worden gebruikt voor de vorming van nieuwe assimilerende plantendelen. Dit zal mede een oorzaak zijn van de op blz. 14 vermelde afbuiging van de lijn die de logaritme van het drooggewicht weergeeft in verband met de tijd.

Bij twee proeven bleek, bij een gelijk totaal drooggewicht van de bovengrondse delen van de planten, de blad : stengel-verhouding groter te zijn bij een hogere lichtintensiteit (vgl. 45).

Bladlengte. De totale bladlengte van alle bladeren groter dan 0,5 cm is bepaald voor planten van de volgende behandelingen:

L/D – 26/20 °C
L/D – 21/15 °C
½L/D – 21/15 °C
½L/½L – 21/15 °C

Voor de totale bladlengte, die evenredig met de tijd toeneemt, werd dezelfde volgorde tussen de behandelingen waargenomen als ten aanzien van de drogestoftoename. In grafiek 10 is op éénzijdig logaritmische schaal het verband tussen het drooggewicht en de totale bladlengte weergegeven.



GRAFIEK 10. Het verband tussen het drooggewicht (log. schaal) en de totale bladlengte, voor planten van verschillende behandelingen.

GRAPH 10. *The relation between the dry weight (log. scale) and the total length of the leaves, for plants from different treatments.*

Voor de in deze proef vergeleken omstandigheden is er een vaste relatie tussen de beide grootheden, onafhankelijk van de behandeling.

Het feit dat de verhouding log. drooggewicht: totale bladlengte kleiner wordt met toenemend drooggewicht, dus met de tijd, stemt overeen met de eerder gemaakte veronderstelling (blz. 15), dat door onderlinge beschaduwing van de bladeren de totale drogestofproduktie naderhand relatief kleiner wordt.

De waarnemingen van grafiek 10 werden bevestigd in een proef, waarbij temperatuurtrappen zijn vergeleken. Hierbij bleek voorts dat door een hogere temperatuur vooral de lengtegroei van de jongere bladeren wordt bevorderd, terwijl de oudere bladeren korter bleven dan bij een lagere temperatuur. Wellicht is hierin de verklaring te vinden voor de grotere drogestofproduktie bij 26/20 °C ten opzichte van 21/15 °C (zie blz. 20).

4.2.5. *Enige aanvullende proeven*

4.2.5.1. Verandering van lichtomstandigheden

Meermalen is waargenomen dat de aanvankelijke voorsprong van aanvullend belichte planten ten opzichte van onbehandelde planten, na het uitplanten geheel of gedeeltelijk verloren gaat (4, 68, 90). Dit kan een gevolg zijn van de abrupte verlaging van de lichtintensiteit als zodanig of van de ongunstige omstandigheden na het uitplanten voor de aanvullend belichte planten. Nu wordt wel verondersteld dat het vooral de ongunstiger lichtomstandigheden zijn, die de voordien aanvullend belichte planten na het uitplanten extra groeimoeilijkheden geven. Men heeft daarom getracht om door geleidelijke vermindering van de belichtingsduur en de belichtingsintensiteit vóór het uitplanten, de aanpassing van de belichte planten aan de latere omstandigheden te vergemakkelijken (4, 60, 95).

Voor planten, die zijn opgekweekt met uitsluitend kunstlicht, is de overgang bij het uitplanten extra groot. Ter bestudering van deze factor werden planten op een bepaald moment uit een lichtkist met een hoge lichtintensiteit (L = 6300 lux) overgeplaatst naar een lichtkist met een lage lichtintensiteit ($\frac{1}{2}$ L = 3150 lux) en omgekeerd.

Aangezien de drogestofproduktie bij het ouder worden van de planten relatief afneemt (blz. 14), is het nodig bij dergelijke proeven steeds van planten uit te gaan, die op het moment van de overplaatsing een ongeveer gelijk drooggewicht hebben. Voor één der proeven werden planten opgekweekt in twee lichtkisten bij L/D – 23/17°C en in twee andere lichtkisten bij $\frac{1}{2}$L/D – 21/15°C. Zodra de planten een drooggewicht hadden bereikt van ongeveer 0,04 gram, werden voor de helft hiervan de omstandigheden gewijzigd. Zodoende konden vier behandelingen worden vergeleken:

L – L = steeds L/D – 23/17°C
L → $\frac{1}{2}$L = eerst L/D – 23/17°C, daarna $\frac{1}{2}$L/D – 21/15°C
$\frac{1}{2}$L – $\frac{1}{2}$L = steeds $\frac{1}{2}$L/D – 21/15°C
$\frac{1}{2}$L → L = eerst $\frac{1}{2}$L/D – 21/15°C, daarna L/D – 23/17°C

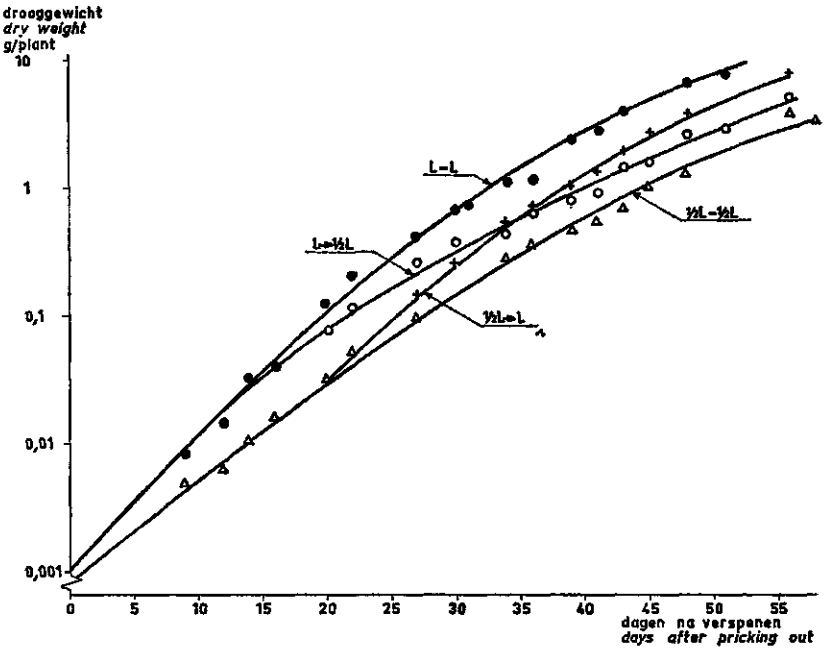
De veranderingen van L → $\frac{1}{2}$L en $\frac{1}{2}$L → L vonden plaats respectievelijk 16 en 22 dagen na het verspenen. De drogestoftoename van de verschillende groepen planten is weergegeven in grafiek 11.

Hieruit blijkt dat de drogestofproduktie na de verandering van de groeiomstandigheden eenzelfde verloop heeft als bij de planten die steeds bij deze omstandigheden zijn opgekweekt. Uit de betrokken gegevens kan verder worden afgeleid dat de aanpassing aan de gewijzigde omstandigheden zich in ongeveer 1 dag heeft voltrokken. Ook de gegevens betreffende het verloop van de aantallen door de groeipunten afgesplitste bladeren wijzen hierop.

Uit deze waarnemingen, die bevestigd worden door de resultaten van enkele andere soortgelijke proeven, volgt dat een abrupte verandering van de lichtomstandigheden geen ernstige groeistagnatie door aanpassingsmoeilijkheden heeft veroorzaakt.

4.2.5.2. Invloed van reflecterende ondergrond

In één van de proeven met verschillende temperaturen bij gelijke belichtingscondities werd de grond, waarin de planten en de potten stonden, zo volledig mogelijk afgedekt met kunststoffolie. In elke kist werd de grond voor de helft



GRAFIEK 11. Drooggewichten (log. schaal) van niet verplaatste planten (L – L en ½L – ½L) en van verplaatste planten (L → ½L en ½L → L).
De veranderingen vonden plaats toen de planten een drooggewicht van 0,04 gram hadden bereikt.

GRAPH 11. *Dry weights (log. scale) of plants with constant treatments (L – L and ½L – ½L) and of transferred plants (L → ½L and ½L → L).*
The transfer took place when the plants had a dry weight of 0,04 grammes.
L = 16 hours L (= light of 6300 lux) at 23°C + 8 hours D (= darkness) at 17°C.
½L = 16 hours ½L at 21°C + 8 hours D at 15°C.

met witte folie en voor de andere helft met zwarte folie bedekt. De bedoeling hiervan was om na te gaan of het effect van de belichting van boven vergroot kon worden door reflectie van de ondergrond. Bij alle vier temperatuurtrappen was de drogestofproduktie van de planten op de witte ondergrond groter dan op de zwarte ondergrond. Het gemiddelde verschil varieerde van 8–12%, waarbij nog dient te worden opgemerkt, dat de zwarte folie door het glimmende oppervlak wellicht ook nog wel enige reflectie heeft veroorzaakt.

Het aantal bladeren onder de 1e tros was steeds het kleinst bij de planten op de witte ondergrond. Gemiddeld over alle temperatuurbehandelingen waren de aantallen bladeren bij de witte ondergrond 8,6 en bij de zwarte ondergrond 9,4.

Verder is het vermeldenswaard dat de planten op de witte ondergrond een neerwaarts gerichte bladstand te zien gaven, hetgeen vooral aan het einde van iedere belichtingsperiode zeer opvallend was (zie afb. 7). Ook bij tomatenplanten, die in een kas werden uitgeplant op een witte ondergrond, werd dit verschijnsel waargenomen (88).

4.2.5.3. Rasverschillen

De drogestofproduktie van verschillende tomatenrassen is vergeleken bij 16 uur licht per dag en bij continu licht. In één van de continu belichte objecten werd gedurende de lage temperatuurperiode gloeilampenlicht toegediend (verhouding geïnstalleerde vermogens TL : gloeilamp = 5:1), overigens zonder dat dit waarneembare effecten heeft opgeleverd. De temperatuur bij deze proef was 24/18 °C. Vergeleken werden een Moneymaker-selectie en een Glorie-selectie, benevens een tweetal door het I.V.T. verstrekte Amerikaanse rassen. Er werden geen betrouwbare verschillen tussen deze rassen gevonden wat betreft de mate van drogestoftoename tijdens de opkweek, wel echter duidelijke verschillen in de plaats van de eerste tros. Ook ASHBY (13) vond geen verschillen in de snelheid van drogestoftoename tussen rassen.

4.3. PROEVEN IN DE KWEEKSCHUUR

4.3.1. *Inrichting van de kweekschuur*

Bij de bouw van de kweekschuur is men er van uitgegaan, dat de lampen niet alleen als lichtbron, maar ook als warmtebron zouden worden gebruikt. Hiertoe zijn de afmetingen en de wandconstructies enerzijds en het totale geïnstalleerde vermogen anderzijds, zo goed mogelijk op elkaar afgestemd.

De kweekschuur heeft een oppervlakte van 4,00 × 7,00 m, bij een nokhoogte van 3,50 m; de wanden bestaan uit asbestcementplaten met aan de binnenzijde op ongeveer 5 cm afstand witte kunststoffolie voor isolatie en reflectie (afb. 8). Aan weerskanten van een middenpad staan stellingen met 3 respectievelijk 4 lagen tabletten. Deze tabletten zijn gevuld met turfmolm, waarin de potten worden gegraven. Het geïnstalleerde vermogen aan TLF 65W/33 lampen is 240 W/m². De afstand van de lampen tot de bovenkant van de tabletten is 35 en 30 cm, de belichtingsintensiteit op de tabletten varieert tussen de 3500 en 4000 lux (12.000–14.000 erg/cm²/sec). Wanneer alle lampen branden, geven deze zoveel warmte, dat in de kweekschuur een temperatuurverschil met buiten van 25–30 °C kan worden gehandhaafd. Bij overschrijding van de gewenste temperatuur wordt automatisch gekoeld met buitenlucht. De gelijkmatigheid van de temperatuur liet echter te wensen over.

4.3.2. *Opkweek van planten*

Het bij de bouw van de kweekschuur vooropgestelde doel om de lichtbronnen tevens als warmtebronnen te gebruiken, hield in dat de lampen continu moesten branden. Uit verschillende literatuurgegevens was inmiddels bekend, dat tomatenplanten in continu licht kunnen groeien zonder dat gele bladvlekken optreden, mits gezorgd wordt voor een juiste dagelijkse temperatuurwisseling (58, 62, 89). Dit werd door eigen proeven, die aan de bouw van de kweekschuur vooraf gingen, bevestigd. Hierbij werd gedurende 8 uur een ongeveer 6 °C lagere temperatuur gegeven dan tijdens de overige 16 uur.

Ofschoon met continue belichting bij een voldoende dagelijkse temperatuurschommeling in het algemeen goede opkweekresultaten in de kweekschuur werden verkregen, bleek dat bij geringe afwijkingen van de ingestelde temperatuur toch spoedig bladvlekken optraden.

Op grond van onderzoekresultaten van KRISTOFFERSEN (62) is toen overgegaan op een dagelijkse belichtingsduur van 22½ uur, waardoor de kans op gele bladvlekken aanzienlijk wordt verminderd. De donkerperiode van 1½ uur leverde geen moeilijkheden op voor de temperatuurbeheersing, doordat het begin van deze periode samenviel met het tijdstip van overgang van de hogere naar de lagere temperatuur.

Op grond van enige ervaringen is als meest geschikte temperatuur bij de heersende lichtintensiteiten (3500–4000 lux) gekozen: 16 uur 21 °C en 8 uur 15 °C.

In 1958–1959 vond een proef plaats waarbij de drogestofproduktie van met uitsluitend kunstlicht opgekweekte planten vergeleken werd met die van in de kas, respectievelijk met en zonder aanvullende belichting met TL 65W/33 lampen, opgekweekte planten.

De onbelichte planten in de kas werden gezaaid op 18 oktober, de belichte planten op 24 november en de planten in de schuur op 5 december.

De dagelijkse belichtingsduur in de kas was aanvankelijk 24 uur en na het verspenen 16 uur; ongeveer 3 weken vóór het uitplanten werd de belichtingsduur tenslotte teruggebracht tot 10 uur per dag. Het geïnstalleerde vermogen bedroeg aanvankelijk 170 W/m² (3900 lux op potrandhoogte); later, bij het oppotten, is dit teruggebracht tot 65 W/m² (1600 lux). De planten in de schuur werden per dag 22½ uur belicht, met een constant geïnstalleerd vermogen van 240 W/m² (3500 lux).

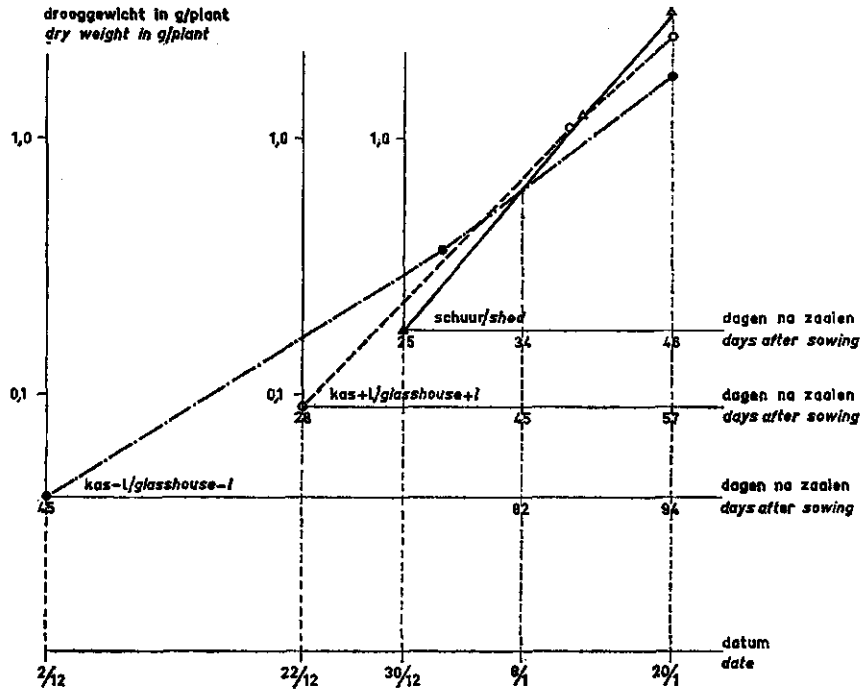
De luchttemperatuur bij de onbelichte planten was overdag gemiddeld 16 °C, 's nachts 10 °C, bij de belichte planten in de kas gedurende 16 uur 18 °C en 8 uur 12 °C en in de schuur 16 uur 21 °C en 8 uur 15 °C. De gemiddelde etmaaltemperaturen waren dus voor de onderscheiden groepen planten verschillend, respectievelijk 12 °C, 16 °C en 19 °C. De bedoeling hiervan was om de temperaturen aan te passen aan de lichtomstandigheden, teneinde goed ontwikkelde planten met een voldoend hoog drogestofgehalte te krijgen.

Het uitplanten geschiedde voor alle groepen omstreeks 20 januari. De duur van de gehele opkweekperiode bedroeg voor de onbelichte planten 94 dagen, voor de planten die aanvullend belicht werden 57 dagen en voor de planten opgekweekt met uitsluitend kunstlicht 46 dagen.

Drooggewichtsbepalingen werden uitgevoerd bij het oppotten, bij het wijder zetten van de potten en bij het uitplanten. In grafiek 12 zijn de resultaten van de drooggewichtsbepalingen weergegeven.

Uit het verloop van de drogestofproduktie blijkt, dat alle groepen planten gelijkmatig zijn gegroeid. Uiteraard is de groeisnelheid, gemeten naar de drogestofproduktie, het grootst bij de planten uit de schuur en het kleinst bij de onbelichte planten in de kas. Omstreeks 8 januari hadden de drie groepen een gelijk drooggewicht. De hier voor benodigde tijd was evenwel verschillend: respectievelijk 82, 45 en 34 dagen. Aan het einde van de opkweekperiode hadden de beide in de kas opgekweekte groepen planten een drogestofgehalte van ongeveer 6,5 %, de schuurplanten van 7,5 %.

Aangetoond werd dat met behulp van uitsluitend kunstlicht in een betrekkelijk korte tijd goede tomatenplanten zijn op te kweken.



GRAFIEK 12. Drooggewichten (log. schaal) bij het oppotten, bij het wijder zetten en bij het uitplanten van planten, die zijn opgekweekt in een kas zonder kunstlicht (zaaidatum 18 oktober), een kas met aanvullend kunstlicht (zaaidatum 24 november) en een schuur met uitsluitend kunstlicht (zaaidatum 5 december).

GRAPH 12. *Dry weight (log. scale) at the time of potting, spacing and planting out, for plants raised in a glasshouse without artificial light (sowing date October 18), in a glasshouse with supplementary artificial light (sowing date November 24) and in a shed exclusively in artificial light (sowing date December 5).*

4.4. SAMENVATTING EN CONCLUSIES

Tijdens het opkweken had de drogestofproduktie van tomatenplanten een exponentieel verloop. Ongeveer 20 dagen na het verspenen, bij een drooggewicht van 0,2 gram, nam de groei in lichtkisten echter relatief af. Dit wordt in verband gebracht met de onderlinge beschaduwing van de bladeren en met een relatief sterkere toename van het gewicht van de stengels ten opzichte van de bladeren.

Voor groeivergelijkingen is de helling van de lijn, die de logaritme van het drooggewicht in verband met de tijd weergeeft, een goede maatstaf voor de groeisnelheid.

De groei per dag, uitgedrukt in de drogestoftoename, neemt toe met de intensiteit en met de duur van de belichting. Deze toename van de groei per dag gaat echter gepaard met een afname van de groei per eenheid toegediend licht, dus met een lager rendement van de belichting. Vooral een belichting langer dan ongeveer 16 uur per etmaal heeft een laag rendement.

Bij continue belichting treden dikwijls gele bladvlekken op. Wanneer echter

de temperatuur gedurende 8 uren per etmaal ongeveer 6 °C lager is dan in de overige tijd, komt dit vrijwel niet meer voor.

Het aantal aangelegde bladeren en de totale lengte van alle bladeren nemen evenredig met de tijd toe. Tijdens de eerste fase van de trosaanleg stagneert de bladvorming. Tussen de logaritme van het drooggewicht en de totale bladlengte werd een vaste relatie, dus onafhankelijk van de behandeling, gevonden. De verhouding log. drooggewicht: totale bladlengte werd kleiner met de tijd.

De relatie tussen de groei van het bovengrondse deel van de planten en de groei van de wortels was onafhankelijk van de onderzochte omstandigheden.

Bij een abrupte verandering van de lichtintensiteit werd gevonden dat de planten zich zeer snel aanpassen aan de gewijzigde lichtcondities. Planten met een gelijk drooggewicht, die onder verschillende omstandigheden waren opgekweekt, vertoonden bij een gelijke nabehandeling een zelfde groeiverloop. De terugslag, die belichte planten na het uitplanten dikwijls ondervinden, moet dus niet zo zeer aan de verminderde hoeveelheid licht, dan wel aan andere factoren worden toegeschreven.

Lagere temperaturen en hogere lichtintensiteiten bevorderden in het algemeen de trosaanleg, hetgeen resulteerde in een kleiner aantal bladeren onder de eerste trossen; de invloed van de belichtingsduur hierop was, althans tussen 16 en 24 uur, gering. Groeistoornissen door het verspenen of verpotten, kunnen deze effecten verstoren.

In een kweekschuur konden bij een belichtingssterkte van 3500–4000 lux (12.000–14.000 erg/cm^2/sec) gedurende 22½ uur per etmaal en bij temperaturen van 21 °C gedurende 16 uur, gevolgd door 15 °C gedurende 8 uur, in 6 à 7 weken goede planten worden opgekweekt. Deze planten waren wat het drooggewicht betreft ten minste gelijk aan planten die in een kas waren opgekweekt, waarvoor met aanvullend kunstlicht ruim 8 weken en zonder kunstlicht ruim 13 weken nodig waren.

5. TEELTRESULTATEN VAN BELICHTE PLANTEN, MEDE IN VERBAND MET DE TEELTOMSTANDIGHEDEN

5.1. Inleiding

De uiteindelijke resultaten van een stooktomatenteelt worden door velerlei factoren bepaald: de weersomstandigheden, de grond, het kastype, de verwarmingsinstallatie en andere technische hulpmiddelen, maar vooral door de wijze waarop de teelt wordt uitgevoerd.

In dit complex van opbrengstbepalende factoren speelt de aard van het plantgoed een grote rol. Met het oog op een economische waardering van het effect van kunstmatige belichting tijdens de opkweek, is het van belang de betrekkelijke waarde van het plantgoed te kennen.

Zoals reeds eerder is opgemerkt (blz. 7) stuit een tuinbouwkundige vergelijking van verschillend plantgoed op verschillende principiële bezwaren en praktische moeilijkheden. Eén van de principiële bezwaren is, dat wijziging van de aard van het plantgoed een aanpassing van andere factoren vereist om tot optimale teeltresultaten te komen. Hierbij komt als praktische moeilijkheid dat wegens het ontbreken van meer (overigens gelijke) teeltruimten, vergelijkende teeltproeven meestal in één ruimte worden uitgevoerd. Niettemin zijn vergelijkende teeltproeven uitgevoerd, omdat dit uiteindelijk de enig mogelijke manier is om de gewenste informaties te verkrijgen.

In dit hoofdstuk zal aan de hand van gegevens van enkele teeltproeven de invloed van het plantgoed worden nagegaan. Hierbij zullen alleen die proeven worden besproken, die in dit verband belangrijke gegevens hebben opgeleverd. Deze selectie is nodig omdat vergelijkende proeven op semi-praktijkschaal veelvuldig door nevenfactoren, in de vorm van onvoorziene gebeurtenissen en omstandigheden, beïnvloed worden, waardoor de proefresultaten geen conclusies met betrekking tot de aanvankelijke probleemstelling toelaten. Uiteraard is bij de keuze van de proefresultaten zorgvuldig gelet op de vereiste betrouwbaarheid en representativiteit van de proeven.

5.2. Resultaten van enige teeltproeven met verschillend plantgoed

De bij de volgende proeven vermelde geldopbrengsten zijn berekend op basis van de gemiddelde dagprijzen voor alle aangevoerde tomaten op de veiling te Berkel voor de jaren 1958 t/m 1960. Aangezien bij deze proeven geen sortering op kwaliteit heeft plaatsgevonden, is aangenomen dat deze sortering gelijk is aan die van het gemiddelde van de veiling te Berkel.

5.2.1. *Landelijke belichtingsproef 1959–1960*

Bij deze reeds op blz. 8 vermelde proef werden 3 groepen planten opgekweekt met aanvullend kunstlicht van verschillende lichtbronnen (HPL, TL en ML) en 1 groep planten zonder kunstlicht (C). De teeltresultaten van deze planten zijn vergeleken in een proef, opgezet als een zogenaamd Latijns vierkant met 24 planten per parallel. De gemiddelde opbrengsten van elk der vergeleken groepen zijn vermeld in tabel 7.

TABEL 7. Opbrengsten in guldens en in kilogrammen per plant en de gemiddelde kg-prijs in guldens van belichte (HPL, TL of ML) en van onbelichte (C) planten. Gemiddelden van 4 × 24 planten. (Zie ook tabel 1).

TABLE 7. *Yields in guilders and in kilogrammes per plant and the average price per kg in guilders for plants which had received supplementary illumination (HPL, TL or ML) and for not illuminated plants (C). Averages of 4 × 24 plants. See also table 1.*

Behandeling *Treatment*	Opbrengsten/ *Yields*		Gemiddelde kg-prijs *Average kg-price*
	Guldens/plant *Guilders/plant*	Kg/plant *Kg/plant*	
HPL	5,49	3,40	1,61
TL	5,52	3,45	1,60
ML	5,75	3,60	1,60
C	4,69	3,35	1,40

De opbrengst in geld van de belichte planten is 17–23 % hoger dan van de onbelichte planten. Dit is voor een groot deel een gevolg van de vervroeging bij de belichte planten, hetgeen blijkt uit de betrekkelijk geringe verschillen in kg-opbrengsten en de betrekkelijk grote verschillen in de gemiddelde kg-prijs.

In het betrokken proefvak kwamen klimaatsverschillen voor, die globaal aangeduid kunnen worden als een verloop in de lichtintensiteit en de temperatuur van zuid naar noord. De zuidelijke helft van het proefvak (lengte 8 m) was daardoor vroeger dan de noordelijke helft. Enkele effecten hiervan op de geldopbrengsten zijn vermeld in tabel 8.

TABEL 8. Geldopbrengsten van belichte planten (HPL, TL of ML) en niet belichte planten (C) in het zuidelijk en noordelijk deel van het proefvak, benevens de verschillen in geldopbrengst tussen deze delen (Z – N) en de verschillen tussen de belichte en onbelichte planten (resp. HPL-C, TL-C en ML-C). Gemiddelden van 48 planten.

TABLE 8. *Financial returns of illuminated plants (HPL, TL or ML) and of the not illuminated plants (C) in the Southern and Northern part of the test plot together with the differences in financial returns between these parts (S – N) and the differences between the illuminated and the not illuminated plants (resp. HPL-C, TL-C and ML-C). Averages of 48 plants.*

	Opbrengst in guldens/plant *Yields in guilders/plant*		
	Zuidhelft *South part*	Noordhelft *North part*	Verschil Z – N *Difference S – N*
HPL	5,66	5,30	0,36
TL	5,81	5,33	0,48
ML	5,81	5,67	0,14
C	4,89	4,49	0,40
HPL-C	0,77	0,81	
TL-C	0,92	0,84	
ML-C	0,92	1,18	

Behalve voor de ML-planten, die in de noordelijke helft van het proefvak een betrekkelijk hoge opbrengst hebben opgeleverd, zijn de verschillen tussen de noordelijke en de zuidelijke helft van het proefvak voor de onderscheiden behandelingen van een gelijke orde van grootte. Ook de verschillen tussen de onder-

scheiden belichte groepen planten enerzijds en de onbelichte planten anderzijds zijn in beide helften van het proefvak van dezelfde grootte.

Uit deze waarnemingen blijkt dat verschillen in klimaat, die opbrengstverschillen van gemiddeld 8 % hebben teweeggebracht, de opbrengstverschillen tussen de belichte en onbelichte planten, gemiddeld ter grootte van 20 %, niet of slechts in geringe mate hebben beïnvloed.

Zuidelijk van genoemd proefvak stonden gelijke planten als de onbelichte controleplanten in het proefvak. Deze planten onderscheidden zich van de planten uit het proefvak door een gunstiger standplaats en door het feit dat ze bij het uitplanten zijn aangegoten. Dit laatste heeft de planten een snellere start gegeven dan de overeenkomstige planten in het proefvak, hetgeen o.a. tot een betere zetting van de onderste trossen heeft geleid. De uiteindelijke opbrengst was gemiddeld f 0,67 per plant hoger; dit is zeker voor een deel het gevolg van het vroegtijdig water geven. Uit deze waarnemingen blijkt hoezeer de resultaten van een vergelijkingsproef van plantgoed beïnvloed kunnen worden door teeltmaatregelen na het uitplanten.

5.2.2. *Landelijke belichtingsproef 1960–1961*

Bij de boven beschreven proef zijn de planten ter plaatse opgekweekt. Hoewel de onbelichte controleplanten in een aparte ruimte waren opgekweekt, is het toch de vraag of deze controleplanten wel optimaal waren of althans representatief voor goede, zonder kunstlicht opgekweekte planten.

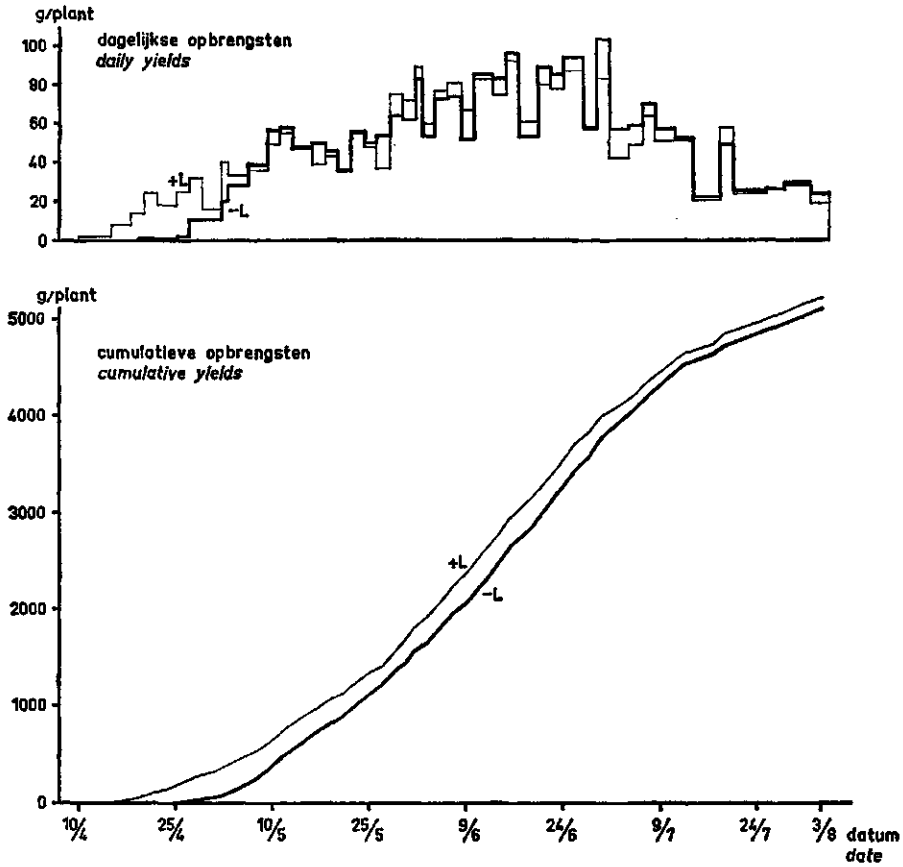
Bezwaren van dezelfde aard deden zich voor op de andere plaatsen waar deze proef werd uitgevoerd. Bij vergelijking van de proefresultaten van de verschillende plaatsen viel bovendien de tendens te bespeuren, dat de teeltresultaten met de onbelichte respectievelijk belichte planten relatief beter waren naarmate ter plaatse de ervaring met het opkweken van onbelichte respectievelijk belichte planten groter was (95).

Voor de vergelijkende opbrengstproef in 1960–1961 is daarom uitgegaan van, voor elk van de te vergelijken behandelingen, gelijk plantgoed. De planten zijn hiertoe opgekweekt op die plaatsen die hiervoor volgens de proeven in 1959–1960 het meest aangewezen bleken en vandaar gedistribueerd over de plaatsen waar de teeltproeven plaats vonden. Op 2 plaatsen zijn planten opgekweekt met behulp van afnemende belichting met HPL-lampen, terwijl op 2 andere plaatsen de onbelichte planten zijn opgekweekt. Ook deze proef is opgezet als een Latijns vierkant met 24 planten per parallel (95).

De teeltresultaten, die op het Instituut voor Tuinbouwtechniek te Wageningen werden verkregen met de beste belichte groep (+L) en met de beste onbelichte groep (–L), zijn weergegeven in grafiek 13 en tabel 9. In grafiek 13 zijn de kg-opbrengsten weergegeven in de vorm van een plukpatroon en in de vorm van een cumulatieve oogstkromme. In tabel 9 zijn de opbrengsten in geld vermeld voor enkele tijdstippen tijdens de oogstperiode.

De oogst van de belichte planten begint ongeveer 11 dagen eerder dan die van de onbelichte planten; dit verschil in vroegheid wordt echter snel kleiner om daarna ongeveer constant te blijven tot het einde van de oogst.

Uit het plukpatroon van grafiek 13 blijkt dat de dagproduktie van de onbelichte planten alleen in het begin achterblijft, maar later gemiddeld op een ongeveer gelijk niveau ligt als dat van de belichte planten. Nadat omstreeks 10/5 de



GRAFIEK 13. Opbrengsten, boven in de vorm van een plukpatroon (dagelijkse opbrengsten, gemiddeld over 2, 3 of 4 dagen) en onder in de vorm van een cumulatieve oogstkromme, van wel (+L) of niet (–L) aanvullend belichte tomatenplanten.

GRAPH 13. *Yields, at the top as a picking-scheme (daily yields, mainly as averages for 2, 3 or 4 days) and at the bottom as a cumulative yieldcurve for plants raised with (+L) or without (–L) supplementary artificial light.*

dagproduktie van de beide groepen gelijk is geworden, geeft het verschil in geldopbrengst (tabel 9) dan ook slechts een betrekkelijk geringe variatie te zien.

Uit deze proefresultaten kan dus worden geconcludeerd dat het effect van de belichting, onder voor het te vergelijken plantgoed gunstige omstandigheden, in hoofdzaak bestaat uit een vervroeging van de opbrengst.

Dat in de onderhavige proef de totale kg-opbrengsten niet gelijk zijn, hangt samen met de wijze waarop deze proef is afgesloten. Bij de meeste proeven, zo ook bij deze, wordt de oogst van alle behandelingen gelijktijdig beëindigd,veelal nadat de planten enige tijd tevoren zijn getopt. In principe echter zou de oogst bij de later in produktie gekomen planten ook later beëindigd moeten worden. Wanneer dit niet gebeurt en dus opbrengsten over ongelijk lange oogstperioden worden vergeleken, mag feitelijk niet van vergelijkbare totaalopbrengsten worden gesproken.

TABEL 9. Geldopbrengsten van de beste groep belichte planten (+L) en de beste groep onbelichte planten (–L) en het verschil tussen deze beide op verschillende tijdstippen. Landelijke belichtingsproef 1960–1961, Wageningen. Gemiddelden van 4 × 24 planten.

TABLE 9. *Financial returns of the best group of illuminated plants (+L) and the best group of not illuminated plants (–L) and the difference between these groups at different times. Collective illumination experiment 1960–1961, Wageningen. Average of 4 × 24 plants.*

Datum Date	Cumulatieve opbrengst in guldens/plant *Cumulative yield in guilders/plant*		Verschil *Difference*
	+ L	– L	(+ L) – (– L)
26/4	0,81	0,04	0,77
10/5	1,96	0,99	0,97
25/5	3,21	2,32	0,89
9/6	4,56	3,57	0,99
23/6	5,73	4,78	0,95
10/7	6,50	5,63	0,87
24/7	6,67	5,80	0,87
3/8	6,74	5,87	0,87

Van vier plaatsen, waar deze proef plaats vond, waren de plukpatronen bekend; met behulp daarvan zijn de geldopbrengsten berekend.

In tabel 10 zijn voor de beste belichte (+L) en de beste onbelichte groep (–L) de opbrengstgegevens per plaats vermeld. Op alle vier plaatsen betrof dit planten van dezelfde herkomsten.

TABEL 10. Opbrengstgegevens van met (+L) of zonder (–L) aanvullend kunstlicht opgekweekte planten voor vier plaatsen (I–IV) waar deze vergelijking plaats vond. Landelijke belichtingsproef 1960–1961.

TABLE 10. *Yield data for plants raised with supplementary artificial light (+L) or without artificial light (–L) and grown at four different places (I–IV).*

Opkweek *Propagation*	Plaats/*Place* I	II	III	IV	Gemiddelde/ *Average*
	Guldens per plant/*Guilders per plant*				
+L	4,46	4,53	4,97	6,74	5,17
–L	3,88	3,96	4,60	5,87	4,58
(+L) – (–L)	0,58	0,57	0,37	0,87	0,59
	Kg per plant/*Kg per plant*				
+L	3,44	2,67	4,32	5,24	3,92
–L	3,24	2,60	4,23	5,12	3,80
(+L) – (–L)	0,20	0,07	0,09	0,12	0,12
	Gemiddelde kg-prijs/*Average price/kg*				
+L	1,30	1,70	1,15	1,29	1,32
–L	1,20	1,52	1,09	1,15	1,21
(+L) – (–L)	0,10	0,18	0,06	0,14	0,11

De berekende gemiddelde kg-prijzen vormen geen juiste maatstaf voor de verschillen in vroegheid tussen de vier plaatsen, vanwege de hiermede gepaard gaande grote verschillen in totale kg-opbrengst. De gemiddelde kg-prijs wordt namelijk lager naarmate de oogst langer duurt. Voor de vergelijking tussen be-

lichte en onbelichte planten geeft de gemiddelde kg-prijs wel een vrij goed beeld van het verschil in vroegheid, omdat hierbij de kg-opbrengsten relatief weinig verschillen.

Uit tabel 10 blijkt, dat de geldopbrengsten – tengevolge van verschillen in vroegheid en in totale opbrengst – van plaats tot plaats belangrijk uiteenlopen. Door verschillen in de mate van stoken, begon de oogst op de ene plaats tot 10 dagen vroeger dan op de andere plaats, terwijl o.a. door verschillen in teeltwijze en tijdstip van beëindiging van de oogst verschillen in de totaalopbrengst van 2,5 kg/plant voorkwamen.

De verschillen in geldopbrengst tussen de belichte en de onbelichte planten zijn evenmin gelijk voor de vier plaatsen. Dit komt doordat zowel de verschillen in vroegheid als de verschillen in totale opbrengst tussen de belichte en onbelichte planten variëren.

Door VERKERK (95) is voor deze proeven aangetoond, dat tot het tijdstip waarop 1500 gram per plant is geoogst, de verschillen in vroegheid tussen belichte en onbelichte planten voor de verschillende plaatsen goed met elkaar overeenkomen. Tijdens de verdere oogst echter wordt deze overeenkomst minder, doordat de oogst ongelijk lang voortduurt en op de meeste plaatsen de verschillen tussen de belichte en onbelichte planten op den duur kleiner worden.

Deze op verschillende plaatsen uitgevoerde proef wijst op de belangrijke invloed die de nabehandeling, dat wil zeggen het gehele complex van de teeltomstandigheden en teeltmaatregelen, heeft op de uiteindelijke grootte van de opbrengstverschillen tussen het plantgoed.

Ondanks de plaatselijke verschillen in nabehandeling gaven de betere planten, dat wil zeggen de belichte, toch op alle plaatsen de hoogste geldopbrengsten.

Gemiddeld over de vier plaatsen (zie tabel 10) bedroeg de meeropbrengst in geld van de belichte planten f 0,59; deze meeropbrengst komt voort uit een hogere totaalopbrengst van 0,12 kg à f 1,21 = f 0,15 en uit een hogere gem. kg-prijs van f 0,11 voor 3,92 kg = f 0,43. De meeropbrengst is dus gemiddeld voor 75% veroorzaakt door een vervroeging.

5.2.3. *Proef met planten opgekweekt in uitsluitend kunstlicht*

Door de beperkte ruimte in de lichtkisten konden alleen vergelijkende teeltproeven met betrekkelijk geringe aantallen in uitsluitend kunstlicht opgekweekte planten plaats vinden. Bij de volgende proef is aan het bezwaar van een te klein aantal planten enigszins tegemoet gekomen, door de groeiomstandigheden in de grond zo uniform mogelijk te maken, namelijk door te planten in plantgaten met gelijke grond en gebruik te maken van druppelbevloeiing.

De behandelingen werden zodanig gekozen dat kon worden uitgegaan van duidelijk verschillende typen planten, die niettemin bij het uitplanten een ongeveer gelijk drooggewicht zouden hebben. Dit laatste is, ondanks verschillen in zaaidatum, slechts ten dele gelukt.

De behandelingen, die werden vergeleken, waren:

1 = L/L – 26/20 °C – gezaaid 21 december 1960.
2 = 1¼L/D – 26/15 °C – gezaaid 21 december 1960.
3 = L/D – 21/15 °C – gezaaid 14 december 1960.
4 = ½L/D – 23/17 °C – gezaaid 14 december 1960.

Voor de opbrengstbepalingen waren voor elke behandeling slechts 2 veldjes van 10 planten beschikbaar.

In tabel 11 zijn enige gegevens over de aard van de planten samen met de opbrengstgegevens vermeld. Bij de berekening van de opbrengsten per m² is uitgegaan van de plantafstanden.

TABEL 11. Verschillen in vroegheid van drogestofproduktie (voor 3 g/plant; vroegste datum = 0), aantallen bladeren onder de 1e tros + aantallen bladeren tussen de 1e en 2e tros en opbrengsten, van planten opgekweekt in uitsluitend kunstlicht.

TABLE 11. *Differences in earliness for dry matter production (3 g/plant; earliest date = 0), numbers of leaves below the 1st truss + numbers of leaves between the 1st and 2nd trusses and the yields of plants, raised entirely in artificial light (see table 4, p. 21).*

	Behandeling/*Treatment*			
	1 L/L–26/20°C	2 1½L/D–26/15°C	3 L/D–21/15°C	4 ½L/D–23/17°C
Vroegheid drogestofproduktie in dagen . . . . . . *Earliness dry matter production in days*	0	+2	+4	+7
Aantallen bladeren . . . . . . *Numbers of leaves*	9,7 + 3,8	8,7 + 3,3	9,3 + 3,0	10,9 + 3,8
Opbrengst in guldens per m² . . *Yield in guilders/m²*	18,85	22,22	22,27	18,49
Opbrengst in kg/m² . . . . . . *Yield in kg/m²*	14,2	15,7	15,7	14,8
Gem. kg-prijs . . . . . . *Average price/kg*	1,33	1,42	1,42	1,25

De opbrengsten zijn niet geheel overeenkomstig de verwachtingen op grond van de eigenschappen van de jonge planten. Met name de continu belichte planten van behandeling 1, die aanvankelijk een voorsprong hadden, blijven belangrijk achter in opbrengst. Verschillende planten van deze groep vertoonden bij het uitplanten gele bladvlekken, hetgeen in het algemeen op fysiologische afwijkingen wijst (blz. 24).

Uit de oogstkrommen is voorts gebleken dat bij deze planten de oogst ongeveer gelijk begint als bij die van de behandelingen 2 en 3, maar dat de cumulatieve opbrengst spoedig achter blijft en op den duur zelfs onder die van de aanvankelijk slechtste groep (behandeling 4) komt.

De planten van de behandeling 2 hebben bij het uitplanten een voorsprong op die van behandeling 3, ook de oogst begint nog iets vroeger, maar spoedig hierna zijn de verschillen reeds verdwenen.

Het proefvak, waarin de planten van deze proef stonden lag naast dat waarin de onder 5.2.2 beschreven landelijke belichtingsproef 1960–1961 stond uitgeplant. De plantdatum voor deze beide proeven was omstreeks 1 februari 1961. Ondanks een gering verschil in de plantafstand op de rij (respectievelijk 45 en 50 cm) en het verschil in de watervoorziening (respectievelijk door druppelbevloeiing en door beregenen), wordt een vergelijking van de opbrengstresultaten van deze beide proeven verantwoord geacht. Hiervoor pleiten ook de gelijkheid van de overige teeltmaatregelen en het regelmatige teeltverloop in beide proeven.

De beste aanvullend belichte groep en de beste onbelichte groep planten brachten respectievelijk f 20,70 en f 18,– per m^2 op, bij een totale kg-opbrengst van respectievelijk 16,1 en 15,7 kg/m^2. Vergelijken we deze opbrengsten met die van de planten opgekweekt in uitsluitend kunstlicht – zie tabel 11 – dan zien we, dat beide op een ongeveer gelijk niveau liggen. Met in uitsluitend kunstlicht opgekweekte planten zijn in principe dus even goede teeltresultaten te bereiken als met planten, die met daglicht en aanvullend kunstlicht zijn opgekweekt.

5.3. Betrekkelijke invloeden van het plantgoed en de teeltomstandigheden

Uit het voorgaande is gebleken, dat zowel de aard van het plantgoed als de teeltomstandigheden van invloed zijn op de uiteindelijke opbrengsten. Doordat beide factoren elkaar wederzijds kunnen beïnvloeden, is het moeilijk hun invloeden afzonderlijk te kwantificeren. Dit is evenwel voor een tuinbouwkundige waardering van de belichting wel noodzakelijk, zoals voor de beantwoording van de vraag of het bestaande opbrengstniveau van een individueel bedrijf op economisch verantwoorde wijze kan worden verhoogd door toepassing van kunstlicht en of dit onder de gegeven omstandigheden de meest economische mogelijkheid is. Betrouwbaar vergelijkingsmateriaal voor de oplossing van dit vraagstuk is echter niet beschikbaar.

Met de bedoeling om tenslotte toch enige informatie te verkrijgen over de orde van grootte der verschillende invloeden, worden in het volgende de opbrengstgegevens van enige teeltproeven vergeleken.

Deze proeven met vroege stooktomaten vonden in 1961 plaats in de kassen van het Instituut voor Tuinbouwtechniek te Wageningen, met het doel om de invloed van verschillende technische hulpmiddelen na te gaan. Deze proeven zijn weliswaar niet opgezet om de resultaten onderling te vergelijken, maar omdat het hier gegevens betreft van één bedrijf en van teelten, die vrijwel gelijktijdig zijn begonnen en op gelijke wijze zijn uitgevoerd, kunnen ze voor het beoogde doel dienst doen.

Bij alle objecten is het ras Moneymaker gebruikt, is geplant omstreeks 1 februari en is doorgeteeld tot begin augustus. Ten dele verschillend waren: de lucht- en grondtemperaturen, de wijze van watervoorziening, het kastype waarin geteeld is en de kwaliteit van het plantgoed.

In tabel 12 zijn de opbrengsten voor de verschillende proeven vermeld per m^2, waarbij het aantal planten per m^2 wederom is berekend uit de plantafstanden. Uit deze gegevens blijkt dat het plantgoed, in vergelijking met andere opbrengst-bepalende factoren, een grote invloed heeft gehad op de uiteindelijke opbrengsten. Het effect van het gebruik van kunstlicht tijdens het opkweken op de geldopbrengsten, was bijvoorbeeld van dezelfde orde van grootte als het kastypeeffect. Verder blijkt uit de gegevens over de gemiddelde kg-prijs, dat het plantgoed vooral van invloed is geweest op de vroegheid.

5.4. Samenvatting en conclusies

Met behulp van gegevens van een aantal teeltproeven is de invloed van de kwaliteit van het plantgoed op de opbrengstresultaten onderzocht. Tevens is

TABEL 12. Opbrengstgegevens van enige proeven met stooktomaten over de invloed van: grondbedekking na het uitplanten, het kastype na het uitplanten, aanvullende belichting tijdens het opkweken (tabel 9) en licht en temperatuur bij het opkweken in uitsluitend kunstlicht (tabel 11). Zelfde ras, plantdatum en plaats van proefneming.

TABLE 12. *Data of the yields of heated tomatoes of some experiments regarding the effect of: soil-mulching after planting, the glasshouse type after planting, supplementary illumination during the propagation (table 9) and light and temperature during the propagation in entirely artificial light (table 11).*
Same variety, date of planting and place of experiment.

Object van onderzoek *Object of experiment*	Begin oogst *First picking*	Opbrengst in guldens/m² *Yield in guilders/m²*	Opbrengst in kg/m² *Yield in kg/m²*	Gemidd. kg-prijs *Average price/kg*
Grond met witte folie bedekt . . . . . *Soil covered with white film*	28/4	19,89	16,6	1,20
Grond onbedekt . . . . . . *Soil uncovered*	28/4	18,33	16,1	1,14
Kas – 2 kappen van 13,12 m . . . . . . *Glasshouse – 2 spans, each 13,12 m*	26/4	18,12	15,9	1,14
Venlowarenhuis – 8 kappen van 3,28 m . *Venlo block – 8 spans, each 3,28 m*	26/4	15,52	13,5	1,15
Aanvullende belichting . . . . . . *Supplementary irradiation*	17/4	20,70	16,1	1,29
Daglicht . . . . . . *Day-light*	28/4	18,02	15,7	1,15
Kunstlicht L/D – 21/15 °C . . . . . . *Artificial light L/D – 21/15 °C*	7/4	22,27	15,7	1,42
Kunstlicht ½L/D – 23/17 °C . . . . . . *Artificial light ½L/D – 23/17 °C*	19/4	18,49	14,8	1,25

de invloed van het plantgoed in relatie tot andere opbrengst-beïnvloedende factoren nagegaan. Voor beide doelstellingen zijn wel en niet met aanvullend kunstlicht opgekweekte planten vergeleken.

Belichte planten, die ten opzichte van de niet belichte bij het uitplanten een hoger drooggewicht hadden, gaven steeds een belangrijk hogere opbrengst in geld. Dit is grotendeels een gevolg van een vervroeging van de oogst. Klimaatsverschillen binnen het proefvak bleken de verschillen tussen het plantgoed niet of slechts in geringe mate te hebben beïnvloed.

Bij een landelijke proef bleek dat, onder omstandigheden waarbij een hoog opbrengstniveau werd bereikt, het aanvankelijke verschil in vroegheid, na het in produktie komen van de minst vroege behandeling, vrijwel gelijk bleef. Onder andere omstandigheden werden de verschillen in vroegheid naderhand kleiner. In deze laatste gevallen moet worden betwijfeld of de omstandigheden voor de vroegste planten wel optimaal zijn geweest.

Een vervroeging van de opbrengst ging dus gepaard met een hogere totaalopbrengst. De totale opbrengst wordt echter tevens bepaald door het tijdstip van beëindiging van de oogst, zodat, wanneer de oogst van belichte en niet belichte planten gelijk wordt beëindigd, de totale opbrengsten betrekking hebben op oogstperioden van ongelijke duur.

Door factoren, die na het uitplanten de opbrengsten beïnvloeden, zoals b.v.

de temperatuur en het tijdstip en de wijze van beëindiging van de teelt, variëren de absolute verschillen in geldswaarde van de opbrengst tussen verschillende groepen plantgoed vrij sterk.

Met in uitsluitend kunstlicht opgekweekte planten kunnen in principe even goede teeltresultaten worden verkregen als met planten die aanvullend belicht zijn. In het algemeen is het verschil in drogestofproduktie hiervoor maatgevend; kleine verschillen kunnen evenwel door later optredende oorzaken verloren gaan. De resultaten met continu belichte planten waren minder dan op grond van de drogestofproduktie tijdens het opkweken werd verwacht.

In vergelijking met andere factoren had het gebruik van kunstlicht bij het opkweken een vrij groot effect.

6. ALGEMENE BESPREKING

6.1. Inleiding

De tomaat is wellicht één van de meest onderzochte gewassen. Behalve aan zijn economische betekenis, moet dit aan het gecompliceerde reactievermogen van deze plant worden toegeschreven.

Veel van de verkregen „theoretische kennis" is echter niet of nauwelijks overdraagbaar op de praktijk; dit geldt vooral voor kennis uit het onderzoek onder geconditioneerde omstandigheden. Niettemin is het nodig om regelmatig de „praktische kennis" met de „theoretische kennis" te confronteren en deze laatste zo mogelijk bij de eerste in te passen.

In het volgende worden eerst de groei en ontwikkeling van de tomatenplant in verband met de omstandigheden besproken. Vervolgens wordt een beschouwing gegeven over de betekenis van de kwaliteit van het plantgoed voor de teeltresultaten. Tenslotte wordt nader ingegaan op de invloed van kunstlicht bij het opkweken van tomaten en op de verschillende aspecten van aanvullende en uitsluitend kunstmatige belichting.

6.2. De groei van tomatenplanten onder invloed van de omstandigheden

Onder groei wordt verstaan de toename van het gewicht en/of de grootte van de planten. Met de termen vegetatieve groei respectievelijk generatieve groei wordt de toename in grootte van de vegetatieve respectievelijk generatieve organen aangeduid.

6.2.1. *Produktie en distributie van droge stof*

De stofproduktie van jonge tomatenplanten verloopt aanvankelijk exponentieel. Het groeiproces is dan te karakteriseren als een kapitaal, dat uitstaat tegen een samengestelde interest (16).

Zoals uit grafiek 4 (blz. 15) bleek, neemt de totale drogestofproduktie naderhand relatief af, waardoor de drooggewichtstoename een meer lineair verloop krijgt. Dit hangt samen met de onderlinge beschaduwing van de bladeren en met een verandering in de drogestofverdeling.

Doordat de mate van beschaduwing afhankelijk is van de aard en de standdichtheid van het gewas en van de lichtverdeling, kan het moment waarop de exponentiële groei stopt, sterk variëren. Zo vond Ashby (13) bijvoorbeeld in kassen met natuurlijk licht een latere afbuiging dan bij de in hoofdstuk 4 beschreven proeven in lichtkisten het geval was. Dit betekent dat alleen bij een voldoend ruime plantafstand het beschikbare licht door de individuele planten maximaal benut kan worden. Verder volgt hieruit dat vergelijkingen betreffende de drogestofproduktie en het rendement van de belichting slechts mogen plaatsvinden voor gelijke groeistadia (zie blz. 20 en lit. 38, 56). Wanneer hiermede geen rekening wordt gehouden leiden dergelijke vergelijkingen tot onjuiste conclusies (20, 86).

Tijdens de groei van de planten wordt de gewichtsverhouding bladeren: stengels kleiner (blz. 25). De grootte van deze gewichtsverhouding is weer afhankelijk van de groeiomstandigheden (45).

Wat de verdeling van de droge stof over de bovengrondse delen en de wortels betreft, werden tijdens het opkweken geen principiële verschillen tussen de behandelingen waargenomen (blz. 25, vgl. 23, 36, 71). Extreme omstandigheden blijken echter wel invloed op de spruit: wortel-verhouding te hebben (101, blz. 214). Doordat de voedingstoestand en het vochtgehalte van de grond de wortelgroei sterk kunnen beïnvloeden (70, 71, 91), is het mogelijk dat licht en temperatuur indirect, dat wil zeggen via de verdamping van de plant en van de potgrond, de spruit: wortel-verhouding beïnvloeden.

Over de invloed van het licht en de temperatuur op de groei van tomatenplanten is al veel onderzoek verricht. Met name door GREGORY (46) en BLACKMAN c.s. (14, 15) is voor het groei-onderzoek een onderscheid gemaakt tussen de netto-assimilatiesnelheid, dat is de gewichtsvermeerdering per tijdseenheid en per eenheid bladoppervlak, en het relatieve assimilerend oppervlak, dat is het bladoppervlak per gewichtseenheid. Het produkt van deze beide geeft de relatieve groeisnelheid, dat wil zeggen, de gewichtsvermeerdering per tijdseenheid en per gewichtseenheid. Door het onderscheiden van deze twee groeicomponenten, die beide verschillend reageren op de omstandigheden, wordt een beter inzicht verkregen omtrent de invloed van de omstandigheden op het groeiproces (14, 38, 56, 100).

BLACKMAN c.s. (14) vonden dat in het algemeen de netto-assimilatie (dat is de assimilatie minus de ademhalingsverliezen) per eenheid van bladoppervlak lineair toeneemt met de logaritme van de lichtintensiteit, terwijl de verhouding bladoppervlak: gewicht van de plant, lineair afneemt met de logaritme van de lichtintensiteit. Het algemene verschijnsel, dat een lagere lichtintensiteit de groeisnelheid bevordert, zou dus in hoofdzaak berusten op een verhoging van de netto-assimilatie per eenheid van bladoppervlak, want het bladoppervlak zelf wordt dan relatief kleiner.

Aangezien uit grafiek 8 (blz. 22) bleek dat de snelheid van bladaanleg groter wordt bij meer licht, moet een reductie van het totale bladoppervlak het gevolg zijn van een kleiner oppervlak van de individuele bladeren. Uit grafiek 10 (blz. 26) bleek, dat dit niet tot uiting komt in de bladlengte.

De temperatuur heeft een indirecte invloed op de netto-assimilatie via de ademhaling. Een hogere temperatuur bevordert de vergroting van het bladoppervlak en kan aldus de groeisnelheid bevorderen (11, 14).

Uit belichtingsproeven met tomaten blijkt dat de groei toeneemt met toenemende lichtintensiteit en, tot op een zekere hoogte, met de belichtingsduur (blz. 19, lit. 4, 8, 20, 21, 24, 33, 45, 62, 69, 90, 93).

Uit de proeven met uitsluitend kunstlicht in de lichtkisten (blz. 20) is evenwel gebleken dat het rendement van de belichting afneemt, wanneer de intensiteit en de dagelijkse belichtingsduur toenemen. Ook uit de gegevens van WENT (101, blz. 276) en BOUILENNE-WALRAND (20) is te berekenen dat het rendement afneemt bij toenemende lichtintensiteit, terwijl uit gegevens van ÅBERG (9) en SEIDEL (87) is af te leiden dat het belichtingsrendement afneemt, wanneer de belichtingsduur toeneemt.

Uit onderzoekresultaten van STRØMME (89) blijkt dat het belichtingsrendement van een bepaalde dagelijkse hoeveelheid lichtenergie betrekkelijk onafhankelijk is van de belichtingsduur en de belichtingsintensiteit.

Uiteraard zijn voor het opkweken van bruikbare tomatenplanten een minimale belichtingsintensiteit en belichtingsduur noodzakelijk. Uit eigen proefre-

sultaten is af te leiden, dat deze minimale waarden voor het opkweken in uitsluitend kunstlicht van TL/33 lampen, ongeveer 3000 lux (10.000 erg/cm²/sec) en 12 uur zijn.

De oorzaak van de „afnemende meeropbrengst" kan zijn gelegen in het assimilatieproces als zodanig of in de relatieve grootte van het bladoppervlak. Er zijn alleen positieve aanwijzingen dat door continue belichting de assimilatie kan zijn geremd (blz. 24). De lichtintensiteiten bij de proeven in de lichtkisten waren zodanig, dat lichtverzadiging waarschijnlijk geen grote rol heeft gespeeld (14, 34, 39, 40, 52, 101). Voorts was door de geregelde luchtverversing het CO_2-gehalte van de lucht niet lager dan normaal.

Verondersteld wordt dat in dit verband meer aandacht moet worden geschonken aan de relatieve grootte van het bladoppervlak (vgl. 14, 56, 100).

6.2.2. *Bladgroei*

Voor een maximale benutting van het licht door de individuele plant is een maximaal bladoppervlak nodig (9, 16, 57, 94). Wanneer door meer licht de relatieve hoeveelheid bladoppervlak kleiner wordt, kan dit onder bepaalde omstandigheden dus mede de oorzaak zijn van een relatieve afname van de totaal door de plant geproduceerde hoeveelheid assimilaten.

Wanneer de drogestofproduktie bij verschillende behandelingen vergeleken wordt op basis van gelijke hoeveelheden toegediend licht, speelt voorts de factor tijd een rol, omdat deze dan niet gelijk is. De vorming van bladoppervlak is echter een groeiproces, dat als zodanig afhankelijk is van de tijd.

Behalve de genoemde factoren, die gekoppeld zijn aan de betrokken behandelingen, hebben ook de in het volgende te bespreken factoren invloed op de grootte van het bladoppervlak.

Temperatuur. Bij verhoging van de temperatuur neemt het bladoppervlak relatief toe (9, 14, 37, 46, 57, 93). Dit zou b.v. de op blz. 20 vermelde temperatuurinvloed kunnen verklaren. Ook de bij hogere temperaturen waargenomen sterkere groei van de jonge bladeren ten opzichte van de oudere (blz. 26) kan hierbij van invloed zijn.

Naar analogie van VERKERK (93) kan de regeling van de temperatuur dus worden beschouwd als een middel om tot een maximale lichtbenutting te kunnen komen, hetgeen betekent dat bij een toenemende hoeveelheid licht een hogere temperatuur nodig is om de toegenomen hoeveelheid geproduceerde assimilaten „rendabel te beleggen" in bladoppervlak. Wanneer, zoals vaak is waargenomen, door meer licht donkere en gedrongen planten met betrekkelijk kleine en dikke bladeren worden verkregen, betekent dit, dat van het licht onvoldoende profijt wordt getrokken. Deze veronderstelling wordt bevestigd door het feit, dat zelfs in de winter bij niet belichte planten door een betrekkelijk hoge temperatuur een belangrijk grotere stofproduktie wordt verkregen, zoals de laatste jaren meermalen is gebleken (11, 28, 51, 57).

Teleurstellende ervaringen met de toepassing van kunstlicht moeten dan wellicht ook voor een groot deel worden toegeschreven aan te lage opkweektemperaturen, waardoor de belichte planten een naar verhouding te klein bladoppervlak vormen (vgl. 9, 57, 95).

Luchtvochtigheid. Een neven-effect van een sterke of langdurige belichting is een toename van de verdamping van de planten (63). Dit is wellicht één

van de belangrijkste oorzaken van het hogere drogestofgehalte bij sterk of langdurig belichte planten (blz. 22, lit. 8, 9, 93). Een hoog drogestofgehalte, veelal gekenmerkt door dikke, donkergroene bladeren met een sterke anthocyaanvorming, duidt op een overvloed aan assimilaten (93). Door MELVILLE (74) is voor tomaat aangetoond, dat de drogestofproduktie in het algemeen afneemt bij een hoog drogestofgehalte (zie ook 22). In dit verband wordt ook gewezen op de waarnemingen dat de afname van de snelheid van de drogestoftoename het eerst optreedt bij de sterkst belichte planten (blz. 20).

De door ÅBERG (9) en FORTANIER (37) waargenomen vergroting van het bladoppervlak bij respectievelijk tomaat en aardnoot, door hogere relatieve luchtvochtigheden sluit nauw aan bij het voorgaande. Dit duidt erop dat onder bepaalde omstandigheden de relatieve luchtvochtigheid van invloed kan zijn op de drogestofproduktie.

Kwaliteit van het licht. Ook de spectrale samenstelling van het licht kan de bladgroei beïnvloeden, hetgeen tot verschillen in drogestofproduktie kan leiden (zie 75, blz. 125). Met name kan gloeilampenlicht onder bepaalde omstandigheden de bladgroei bevorderen. WENT (101) en ook anderen (75, blz. 125) combineren bij uitsluitend kunstmatige belichting fluorescentielampen met gloeilampen. Bij een incidentele proef in de lichtkisten werd hiervan echter geen effect waargenomen (blz. 29, vgl. lit. 31). De invloed van het gloeilampenlicht is afhankelijk van het totale stralingsspectrum (75, blz. 125).

Een bijzonder morfologisch effect van gloeilampenlicht is waargenomen, wanneer dit gedurende enige uren in aansluiting op een periode met sterk assimilatorisch licht werd gegeven. BONNER (18) nam waar dat tomaten hierdoor een meer „vegetatieve habitus" kregen en een groter drooggewicht. ANDEWEG (11) vond bij tomaten een vergroting van het bladoppervlak en een daarmede gepaard gaande evenredige vergroting van de drogestofproduktie door een „dagverlenging" met zwak gloeilampenlicht. De relatieve sterkte en duur van de beide soorten van belichting blijken van invloed op het effect van het gloeilampenlicht (78).

Vochtvoorziening en bemesting. Dat de vocht- en bemestingstoestand van de grond de bladgroei beïnvloedt is algemeen bekend (14, 71). Bij de tomaat werken vooral tekorten aan water en aan stikstof en fosfor groeiremmend (47, 91). WENT (101, blz. 290) vond dat de stikstofbehoefte van tomaten afhankelijk is van de nachttemperatuur.

Bij verder onderzoek over de invloed van de omstandigheden op de groei bij jonge tomaten, in het bijzonder ten aanzien van de benutting van het beschikbare licht, zal het nodig zijn meer aandacht te besteden aan de bladgroei.

6.2.3. *Gele bladvlekken bij continue belichting*

Veelal wordt aangenomen dat een tomatenplant een voldoend lange periode van donker (minstens 6 uur) behoeft. Deze veronderstelling is niet in de laatste plaats gebaseerd op het veelvuldig waargenomen verschijnsel van gele bladvlekken („chlorosis") bij langdurige of continue belichting en bij onderbreking van de donker-periode (blz. 24 en lit. 5, 9, 12, 24, 53, 80, 86, 93, 102). Het optreden van gele bladvlekken wordt bevorderd door: hoge lichtintensiteiten (12, 24) en

hoge, vooral constant hoge, temperaturen (5, 55, 80). Dit zijn omstandigheden, welke de groei bevorderen. Volgens RODENBURG (80) en anderen (12, 33, 53, 89) is het optreden van bladvlekken voorts afhankelijk van de spectrale samenstelling van het licht. Onder extreme omstandigheden, zoals bij het onderzoek van ARTHUR c.s. (12): continue belichting met hoge intensiteiten gloeilampenlicht bij constant 25 °C, verloren de planten zelfs alle bladeren.

De bladvlekken komen uitsluitend voor op bladeren, die tijdens de betrokken omstandigheden zijn uitgegroeid (55, 102). Jonge planten, tot 2 à 3 weken oud, blijken minder gevoelig dan oudere planten (55, 61, 89); voorts komen ook rasverschillen voor betreffende de gevoeligheid (3, 89).

Als oorzaken van deze verschijnselen worden wel genoemd een afbraak van het fotosynthese-apparaat (12, 55) of een onjuiste verhouding tussen vorming en verbruik van assimilaten (5, 101). Dit wordt weer in verband gebracht met een inwendig ritme van de planten (53). Als gevolg van belichting langer dan een bepaalde duur, is meermalen een absolute vermindering van de drogestofproduktie waargenomen (12, 85, 102).

Meestal zijn enkele uren donker per etmaal voldoende om bladvlekken te voorkomen (55, 62). Bij continue belichting kunnen ze meestal worden tegengegaan door dagelijks enige tijd (6–8 uur) een lagere temperatuur te geven (5, 55, 58, 62). Uit het eigen onderzoek (blz. 29) is echter gebleken dat dit, wellicht door neveninvloeden, niet altijd afdoende is.

6.2.4. *Grootte en plaats van de eerste bloemtrossen*

De tomatenplant gaat op een bepaald moment over tot bloemtrosvorming; alleen onder zeer extreme groeiomstandigheden kan bloemtrosvorming achterwege blijven (106).

De potentiële trosgrootte, dat wil zeggen het aantal bloembeginsels aan een tros, is afhankelijk van de omstandigheden tijdens het aanleggen van de tros, hetwelk 3–7 dagen duurt (25). Hoge lichtintensiteiten en lage temperaturen bevorderen in het algemeen de trosgrootte (5, 25, 93, 104). Ook door chemische middelen kan de trosgrootte worden beïnvloed (5, 92, 104).

Naarmate de lichtintensiteit in de periode tussen het kiemen en de trosaanleg hoger is, neemt het aantal bladeren onder de 1e tros in het algemeen af, terwijl verhoging van temperatuur dit aantal vergroot (blz. 23, lit. 8, 11, 25, 26, 44, 81, 103, 106). De invloed van de dagelijkse belichtingsduur is variabel. Voor fotosynthetisch werkzaam licht is waargenomen, dat toename van de dagelijkse duur tot een bepaalde waarde – die weer afhangt van andere factoren – het aantal bladeren doet afnemen (blz. 23, lit. 8, 26, 79). Ook speelt hierbij de kwaliteit van het licht een rol; dagverlenging met zwak gloeilampenlicht geeft in het algemeen een groter aantal bladeren (11, 79).

Het tijdstip van trosaanleg varieert, omdat het bepaald wordt zowel door de snelheid waarmede de bladeren worden aangelegd, als door het aantal bladeren onder de tros.

Groeistoornissen, die het aantal bladeren onder de tros doen toenemen (blz. 17, lit. 10, 67), kunnen de primaire effecten van licht en temperatuur op de trosaanleg teniet doen. Hetzelfde geldt voor de toediening van chemische stoffen, die de plaats van de tros beïnvloeden (81, 105).

Bovenstaande gegevens leiden tot de veronderstelling, dat de aanleg van de

eerste bloemtrossen afhankelijk is van de verhouding tussen de vegetatieve groei en de hoeveelheid gevormde assimilaten. Dit kan ook worden afgeleid uit de praktijkwaarneming, dat het aantal bladeren onder de 1e tros veelal groter is naarmate de plant lichter van kleur en langgerekter van vorm is, verschijnselen die samengaan met een sterke vegetatieve groei en een laag drogestofgehalte. Verder is door WITTWER en TOLBERT (105) waargenomen dat door toediening van een stof, die de vegetatieve groei bevordert, het aantal bladeren onder de 1e tros groter wordt en dat door toediening van een stof, die de vegetatieve groei remt, dit aantal bladeren kleiner wordt. Dit laatste is ook door ROODENBURG (81) gevonden.

Onder bepaalde omstandigheden kan het zin hebben de plaats van de eerste trossen te beïnvloeden, want de bloei en rijping van de eerste trossen zijn in het algemeen vroeger naarmate de aantallen bladeren onder deze trossen kleiner zijn (blz. 10). Verlaging van temperatuur geeft echter behalve een kleiner aantal bladeren onder de 1e tros, tevens een vertraging van de groei, zodat dit als middel voor het verkrijgen van een lage plaats van de 1e tros als regel weinig praktische waarde heeft (5, 24, 25, 26, 103). Bovendien kan het effect van een lage 1e tros weer gedeeltelijk teniet worden gedaan door een hoge 2e tros. In principe is een verhoging van de lichtintensiteit het aangewezen middel om een klein aantal bladeren onder de trossen en tevens om grote trossen te verkrijgen. Het gebruik van chemische middelen zal, gezien de fysiologische achtergronden van de „natuurlijke" bloemtrosaanleg, slechts in bijzondere gevallen (92) voor praktische toepassing in aanmerking komen; voor stooktomaten is er in het algemeen weinig nut van te verwachten (6, 59).

6.2.5. *Vegetatieve en generatieve groei*

De generatieve groei, dat wil zeggen het uitgroeien van de trossen, de bloei en de vruchtzetting, wordt beïnvloed door dezelfde omstandigheden die ook de vegetatieve groei beïnvloeden, doch op andere wijze. De samenhang tussen deze twee groeiprocessen, in verband met de omstandigheden, is uitvoerig onderzocht door VERKERK (93). Hierbij is aangetoond dat de optimale lichtintensiteit voor de generatieve groei hoger is dan voor de vegetatieve groei, terwijl daarentegen de optimale temperatuur voor de generatieve groei lager is dan voor de vegetatieve groei. Voorts bleek dat het voor een juist evenwicht tussen de vegetatieve en de generatieve groei nodig is dat de nachttemperatuur ongeveer 6 °C lager is dan de dagtemperatuur.

6.3. DE JONGE PLANT EN DE TEELTRESULTATEN

De uiteindelijke geldopbrengst bij een tomatenteelt (blz. 5) is de resultante van de kwaliteit van het plantgoed en de omstandigheden na het uitplanten. Tussen deze factoren kan een sterke wisselwerking bestaan (48, 61). Bij vroege stookteelten kan bijvoorbeeld het feit, dat voor vruchtzetting een minimale dagelijkse hoeveelheid licht nodig is, een belangrijke rol spelen (8, 24, 77, 90, 93) evenals de noodzaak van voldoend hoge grondtemperaturen (49, 60, 61). Ook teeltmaatregelen, zoals b.v. de watervoorziening (blz. 35, lit. 47, 64) en het trillen van de bloemtrossen ter bevordering van de bestuiving (3, 60, 97), kunnen het effect van het plantgoed beïnvloeden.

Niettemin blijkt uit de resultaten van belichtingsproeven vrijwel steeds dat de kwaliteit van het plantgoed van doorslaggevende betekenis is voor de opbrengsten in geld (4, 34, 47, 62, 95, 96, 98).

Wanneer geen specifieke groeistoringen optreden, blijven de bij het uitplanten bestaande verschillen in het plantgoed tijdens de verdere teelt in principe gehandhaafd (4, 30, 68). Proefresultaten, die niet overeenstemmen met deze regel, moeten in het algemeen worden toegeschreven aan ongunstige proefomstandigheden of aan verkeerde teeltmaatregelen.

Verschillen in plantgoed zijn hoofdzakelijk tijdsverschillen ten aanzien van het bereiken van een bepaald stadium, zoals bijvoorbeeld een bepaald drooggewicht (blz. 8). In het algemeen vormen deze tijdsverschillen een goede maatstaf voor de verschillen in de vroegheid van de oogst (blz. 9, lit. 86). Wel kunnen verschillen in de aantallen bladeren onder de eerste en tweede trossen deze primaire vroegheidsverschillen kleiner of groter maken (blz. 10). Het gewicht bij het uitplanten en de plaats van de trossen vormen, in deze volgorde, de belangrijkste criteria voor de kwaliteit van een jonge tomatenplant. Betrekkelijk geringe verschillen tussen het plantgoed, bijvoorbeeld in de orde van 1 à 2 dagen, kunnen uiteraard door neveninvloeden gemakkelijk verdwijnen.

Het belangrijkste effect van de kwaliteit van het plantgoed bij tomaten is de vroegheid van de oogst (8, 24, 61, 68, 69, 90, 95, 96). Een vervroeging van de oogst heeft weer een zeer belangrijke invloed op de geldopbrengst (blz. 3). De totale kg-opbrengsten bij een tomatenteelt zijn meer afhankelijk van de teeltomstandigheden na het uitplanten dan van het plantgoed. In het algemeen geven de vroegste planten, bij een gelijktijdige beëindiging van de oogst, tevens de hoogste opbrengsten (blz. 36).

Een aanvankelijke vervroeging van de oogst door hoge temperaturen na het uitplanten, gaat echter vaak wel ten koste van de opbrengsten naderhand (43, 49, 93).

6.4. Gebruik van kunstlicht bij het opkweken van tomaten

Omdat voor vroege stookteelten de planten in een lichtarme tijd worden opgekweekt, kan met kunstlicht, mits dit op de juiste wijze wordt toegepast, een belangrijke verbetering in de drogestofproduktie van het plantgoed worden verkregen (20, 68, 87, 89, 95, 96). Uit de op blz. 27 beschreven proef is af te leiden dat, althans binnen bepaalde grenzen, na een abrupte verlaging van de lichtintensiteit, zoals dit bij het uitplanten het geval is, de drogestofproduktie zich snel aanpast aan de gewijzigde omstandigheden (vgl. 101, blz. 99). Wanneer echter door extreme omstandigheden, zoals bij een sterke belichting bij betrekkelijk lage opkweektemperaturen, planten met een bijzonder klein bladoppervlak zijn verkregen, zal op een minder snelle start dan bij „normale" planten gerekend moeten worden (vgl. 15, 94). In dit verband moeten wellicht ook de gunstige effecten van een geleidelijke vermindering van de lichtintensiteit bij aanvullende belichting worden gezien (48, 61, 96).

Vanzelfsprekend worden de voordelen van een betere plant alleen dan maximaal benut, wanneer deze planten na het uitplanten een zo goed mogelijke behandeling krijgen wat betreft de temperatuur van lucht en grond, vochtvoorziening, bestuiving enz.

6.4.1. *Aanvullende belichting*

Door kunstmatige belichting tijdens het opkweken worden bij tomaten veelal hogere opbrengsten in geld verkregen. Voor Nederlandse omstandigheden blijkt aanvullende belichting onder bepaalde voorwaarden economisch verantwoord te kunnen zijn (42, 95, 96, 98). In verband met de hoge aanschaffingskosten zal een belichtingsinstallatie dan echter in ongeveer 10 jaar afgeschreven moeten worden, daar anders de jaarlijkse belichtingskosten te hoog zijn. Dit is gezien de technische levensduur van deze installaties weliswaar geen bezwaar, maar wel bestaat de kans dat een installatie eerder is verouderd door nieuwe ontwikkelingen op technisch en teeltkundig gebied.

Deze beide mogelijkheden vormen een ernstige belemmering voor de toepassing van kunstlicht in de praktijk. Omgekeerd geldt waarschijnlijk dat de geringe belangstelling voor toepassing remmend werkt op de ontwikkeling van goedkopere middelen en methoden, hoewel dit echter blijkens incidenteel onderzoek zeer wel mogelijk is (42, 73).

Vooral de laatste jaren hebben zich op teeltkundig gebied ontwikkelingen voorgedaan, waardoor ook zonder gebruik van kunstlicht belangrijke vervroegingen van de oogst werden verkregen. Dit is met name het geval bij de z.g. winterteelt, waarbij reeds vanaf half november wordt uitgeplant. Ook het opkweken bij betrekkelijk hoge temperaturen (14–22 °C) heeft een duidelijk vervroegend effect (51, 57).

De meeste proefresultaten met aanvullend belichte planten betreffen echter proeven met vroege stookteelten waarbij werd opgekweekt bij betrekkelijk lage temperaturen (12–18 °C) en waarbij vooral gestreefd werd naar een goede ontwikkeling van de eerste trossen. Door de genoemde wijzigingen bij de opkweek en teelt van tomaten wordt de overdraagbaarheid van de proefresultaten bemoeilijkt, evenals de beoordeling van het nut van de toepassing van kunstlicht voor de praktijk. Toch lijken deze wijzigingen in de teelt, behalve ten aanzien van de winterteelt, niet van principiële betekenis met betrekking tot het gebruik van kunstlicht tijdens het opkweken van de planten.

De ontdekking dat met „hoge buistemperaturen", eventueel gecombineerd met luchten, het evenwicht tussen vegetatieve en generatieve groei na het uitplanten beter te beheersen is, zonder de groei als zodanig te verstoren (49), biedt ook voor belichte planten grote voordelen. Hetzelfde geldt ten aanzien van de bouw van meer lichtdoorlatende kassen en van de toediening van CO_2, waardoor belangrijke opbrengstverhogingen werden verkregen (50). Overigens zijn er ook aanwijzingen dat extra CO_2 bij het opkweken een gunstig effect heeft, vooral ook op aanvullend belichte planten (6).

Het proefsgewijs op niet te kleine schaal toepassen van aanvullende kunstmatige belichting in de praktijk wordt voorlopig van meer belang geacht dan voortzetting van het onderzoek, dat reeds de principiële waarde van aanvullende belichting heeft aangetoond.

6.4.2. *Uitsluitend kunstlicht*

Uit de voorgaande hoofdstukken is gebleken dat binnen betrekkelijk ruime grenzen voor wat betreft de lichtintensiteit en de dagelijkse belichtingsduur, ook in uitsluitend kunstlicht tomatenplanten kunnen worden opgekweekt, die goed voldoen aan de te stellen eisen. Naarmate de belichtingsintensiteit hoger of de

belichtingsduur langer is, althans boven een bepaald minimum, wordt de opkweektijd korter, maar zijn de energiekosten per plant hoger. Uit tabel 4 (blz. 21) blijkt dat deze stijging van de energiekosten aanzienlijk is. Wanneer de plaats van de tros van weinig belang wordt geacht, is de keuze van de belichtingsmethode voornamelijk een economische kwestie waarbij de snelheid van het opkweken afgewogen wordt tegen de extra kosten.

Door afdekking van de grond met wit materiaal kan het licht overigens nog beter benut worden (blz. 27).

Een belichting langer dan ongeveer 16 uur heeft een naar verhouding laag rendement (blz. 21), hetgeen door verschillende literatuurgegevens wordt bevestigd (9, 87). Bovendien nemen bij langere belichtingstijden, vooral bij continue belichting, de kansen toe voor het optreden van groeistoornissen, die een belangrijke ongunstige nawerking op de opbrengsten kunnen hebben (blz. 39, lit. 3, 4, 58). Om deze laatste reden verdient continue belichting geen aanbeveling, hoewel continue belichting tijdens de eerste 2–3 weken na het kiemen weinig bezwaarlijk blijkt te zijn (55, 61, 89). Wanneer de lichtbronnen evenwel als enige warmtebron worden gebruikt, kan het genoemde risico worden verkleind door een korte periode donker, die tevens als overgang naar een lager temperatuurniveau kan fungeren, zoals op blz. 30 is aangegeven.

Uit de onderzoekresultaten kan worden afgeleid, dat een geïnstalleerd vermogen van minimaal 200 Watt/m² aan fluorescentielampen nodig is, waarbij de afstand van de lampen tot de toppen van de planten tijdens het opkweken geleidelijk afneemt van ongeveer 30 cm tot 10 à 15 cm (vgl. 20, 30, 75, 76, 90). Uitgaande van een verschil tussen dag- en nachttemperatuur, zijn bij de genoemde belichtingssterkte van 200 Watt/m² geïnstalleerd vermogen, temperaturen aan te bevelen van 16 uur omstreeks 21 °C en 8 uur omstreeks 15 °C. Bij hogere belichtingssterkten zullen de temperaturen eveneens hoger moeten zijn.

De belichtingskosten van op deze wijze opgekweekte planten zullen ongeveer van dezelfde grootte zijn als die van sterk aanvullend belichte planten, dat wil zeggen f 0,40—f 0,50 per plant (42). Hier komen dan nog de kosten van de ruimte bij, welke sterk afhankelijk van de overige gebruiksmogelijkheden van deze ruimte zijn. Ter vergelijking kan worden vermeld dat de totale kosten van een zonder kunstlicht opgekweekte plant ongeveer f 0,15 bedragen.

Zoals onder 6.2.2 is uiteengezet, is het belichtingsrendement van uitsluitend kunstlicht wellicht nog te verbeteren. Het hiervoor te verrichten onderzoek, dat in feite bestaat uit het vergelijken van meer combinaties van groeifactoren, vergt een uitgebreider outillage dan voor het hier besproken onderzoek ter beschikking stond.

6.5. Gebruik van kunstlichtruimten

Betreffende de aard en de kwaliteit van het plantgoed is er geen principieel verschil tussen het opkweken in uitsluitend kunstlicht en het opkweken in een kas met aanvullend kunstlicht (zie ook 56). Of het gebruik van z.g. kunstlichtruimten (kelders, schuren e.d.) economisch verantwoord is, hangt samen met tal van factoren (54), die van geval tot geval verschillend zijn.

Een principieel voordeel van ruimten met een geheel kunstmatig klimaat is de reproduceerbaarheid van de plantengroei, of met andere woorden de mogelijkheid om op een vooraf te bepalen tijdstip over een constant eindprodukt te be-

schikken. Dit kan met name voor de afzet en voor het opstellen van een bedrijfsplan van grote betekenis zijn. Ook de verregaande mogelijkheden voor de automatisering van de plantenproduktie vormen een principieel voordeel.

Het feit dat de warmteverliezen van een schuur e.d. geringer zijn dan van een kas, is in het algemeen van betrekkelijk geringe betekenis voor de doelmatigheid van deze ruimten. Niet alleen omdat dit pas een rol speelt bij een betrekkelijk groot verschil tussen buiten- en binnentemperaturen (8), maar ook omdat bij elektrische belichting een zo groot deel van de energie als warmte vrijkomt, dat er vaak een overmaat aan warmte ontstaat, waardoor het zelfs nodig is om te koelen.

Factoren, die mede de rentabiliteit van een schuur e.d. zullen bepalen, zijn:

de licht- en temperatuurbehoeften van het op te kweken gewas, waaronder begrepen de mogelijkheid van continue belichting;

de duur van de opkweek, dat wil zeggen het aantal partijen planten dat voor een bepaald doel gekweekt kan worden in een bepaald tijdsbestek;

de bouwkosten of de beschikbaarheid van een geschikte ruimte;

de mate van bezetting van de ruimte over het jaar, waarbij inbegrepen andere gebruiksmogelijkheden dan het opkweken, zoals b.v. drogen, bewaren of prepareren van produkten;

de stroomkosten.

Het zal duidelijk zijn dat het niet mogelijk is om precies aan te geven waar en wanneer een kunstlichtruimte de voorkeur verdient boven een kas. HILLER en RÜNGER (54) berekenden dat dergelijke ruimten rendabel zijn wanneer het benodigde geïnstalleerde vermogen lager is dan ca 60 Watt/m² en de gewenste temperatuur minstens 15 °C is (vgl. 75 blz. 177). Dit stemt overeen met het feit dat deze ruimten tot heden alleen op praktijkschaal worden gebruikt voor het trekken van bolgewassen (41), het trekken van lelietjes-van-dalen (54), het trekken van azalea's (17) en voor het vermeerderen en telen van saintpaulia's (29). Dit zijn namelijk toepassingen, waarvoor een betrekkelijk lage lichtintensiteit voldoende is.

Het gebruik van kunstlichtruimten voor doeleinden waarvoor hogere lichtintensiteiten nodig zijn, vindt nog slechts toepassing in gebieden: waar gedurende een lange periode de plantengroei vrijwel tot stilstand komt door de geringe dagelijkse lichthoeveelheden, waar zeer lage buitentemperaturen heersen, dan wel waar de elektrische energie betrekkelijk goedkoop is (8,75).

Voor Nederlandse omstandigheden zal het opkweken van planten in kunstlichtruimten alleen in de winter rendabel kunnen zijn, omdat 's zomers de dagelijkse lichthoeveelheden en de temperatuur zodanig zijn, dat het opkweken in kassen goedkoper is. De betrokken ruimten zullen dus 's zomers voor andere doeleinden gebruikt moeten worden; in dit verband is aan een combinatie met bollenschuren te denken.

Met het oog op een doelmatige benutting van de plaatsruimte zal het gebruik van kunstlichtruimten beperkt blijven tot het opkweken van plantgoed. Hiervoor zullen in de eerste plaats speciale opkweekbedrijven in aanmerking komen.

Behalve voor tomaten is voor verschillende andere gewassen de principiële mogelijkheid van het opkweken in uitsluitend kunstlicht aangetoond, b.v. komkommers (34, 62), sla (34, 66), enkele koolsoorten (34, 66), verschillende soorten

potplanten (66) en verschillende soorten perkplanten (19). Verder kunnen verschillende soorten sierplanten (54, 72) in kunstlicht vermeerderd worden door middel van stekken, hetgeen als een bijzondere vorm van opkweken kan worden beschouwd. Behalve tomaten (blz. 46) blijken ook aardnoot (37), geranium en coleus (12) schade te ondervinden van continue belichting. Voor komkommers (24, 62), rozen, lathyrus (12), leeuwenbekken en violieren (62) blijkt dit niet het geval te zijn.

7. SAMENVATTING

1. Het doel van dit onderzoek was het bepalen van de teelttechnische en economische mogelijkheden van het gebruik van kunstlicht bij het opkweken van tomatenplanten voor de stookteelt.

2. Karakteristiek voor het resultaat van een stooktomatenteelt is het plukpatroon of de cumulatieve opbrengstkromme.

Door het dalende prijsverloop tijdens de aanvoerperiode van stooktomaten is de vroegheid van de oogst in grote mate bepalend voor de financiële waarde van de opbrengst. Het gezamenlijke effect van de vroegheid en de grootte en eventueel ook de kwaliteit van de oogst wordt in een economisch te interpreteren waarde uitgedrukt door de gesommeerde produkten van de dagelijkse opbrengst en de representatieve dagprijs.

3. Het tijdsverschil ten aanzien van het bereiken van een bepaald groeistadium, met name van een bepaald drooggewicht, vormt een goede maatstaf voor het verschil in tijdstip van bloei en rijping van de eerste bloemen respectievelijk vruchten van verschillend plantgoed. De tijdstippen van eerste bloei en rijping zijn voorts vroeger naarmate het aantal bladeren onder de betrokken trossen kleiner is. Het drooggewicht bij het uitplanten en de plaats van de trossen zijn, in deze volgorde, de belangrijkste criteria voor de kwaliteit van tomatenplantgoed.

4. De groei van jonge tomatenplanten, uitgedrukt in de drogestofproduktie, verloopt aanvankelijk exponentieel, doch wordt naderhand relatief minder door onderlinge beschaduwing en door een relatief geringere toename van de assimilerende organen.

De drogestofproduktie per dag neemt toe met de dagelijks toegediende hoeveelheid licht, dat wil zeggen, zowel met de belichtingsintensiteit (van ongeveer 3500 tot 7000 lux) als met de dagelijkse belichtingsduur (van 8–24 uur).

Deze toename van de drogestofproduktie gaat ten koste van de hoeveelheid geproduceerde droge stof per eenheid toegediend licht, dat wil zeggen ten koste van het rendement van de belichting. Dit geldt vooral voor een belichting langer dan 16 uur per dag. De keuze van de belichtingsintensiteit en -duur is hierdoor voornamelijk een economische kwestie, althans voor een belichtingsintensiteit en -duur boven een noodzakelijk minimum. Een hogere temperatuur (26 °C dag–21 °C nacht ten opzichte van 21 °C dag–15 °C nacht) bevordert zowel de dagelijkse stofproduktie als het belichtingsrendement.

Het aantal bladeren onder de 1e tros is groter bij hogere temperaturen en lagere lichtintensiteiten. Bij een abrupte verandering van de lichtintensiteit (b.v. van 7000 lux naar 3500 lux) is gevonden dat de planten zich, wat de drogestofproduktie betreft, binnen 1 dag aanpassen aan de gewijzigde omstandigheden.

In een kweekschuur zijn in ongeveer 7 weken tijds planten opgekweekt in uitsluitend kunstlicht van 3500–4000 lux gedurende 22½ uur per etmaal en bij temperaturen van 21 °C gedurende 16 uur gevolgd door 15 °C gedurende 8 uur. De donkerperiode diende behalve voor het tegengaan van het optreden van gele bladvlekken ook voor een snelle overgang van de hoge temperatuur naar de lagere. De planten uit de kweekschuur zijn in principe gelijkwaardig aan die welke in een kas met aanvullend kunstlicht worden verkregen.

5. Kunstmatig belichte planten, die bij het uitplanten een groter gewicht hebben dan niet kunstmatig belichte planten, geven ook een vroegere oogst. Bij een ongestoorde groei blijven deze verschillen in vroegheid bestaan, zodat bij een gelijktijdige beëindiging van de oogst de belichte planten tevens een hogere totaalopbrengst geven. Met in uitsluitend kunstlicht opgekweekte planten zijn opbrengsten van dezelfde orde van grootte als met aanvullend belichte planten verkregen. Alleen bij continu belichte planten waren de teeltresultaten beduidend minder dan op grond van de drogestofproduktie werd verwacht. In vergelijking met andere opbrengstvergrotende factoren, heeft een verbetering van het plantgoed door middel van kunstlicht een betrekkelijk grote invloed op de opbrengst in geld.

6. De afnemende meeropbrengst van de drogestofproduktie bij meer licht wordt voornamelijk toegeschreven aan een relatief te geringe toename van het bladoppervlak. Uit de literatuur blijkt dat het relatieve bladoppervlak en, als gevolg daarvan, de drogestofproduktie kunnen worden vergroot door een verhoging van de temperatuur en van de luchtvochtigheid en door aanvullende belichting met gloeilampenlicht. Voor een maximaal effect van kunstmatige belichting in de praktijk zijn vooral voldoend hoge temperaturen belangrijk.

In de winter is aanvullende belichting bij het opkweken van tomaten in kassen onder bepaalde voorwaarden economisch verantwoord. Door de mogelijkheid van een snelle economische veroudering van de installatie vormen de hoge aanschaffingskosten daarvan een rem voor toepassing in de praktijk.

Het opkweken van tomaten en tal van andere gewassen in ruimten met uitsluitend kunstlicht is principieel zeer wel mogelijk. De overige gebruiksmogelijkheden voor dergelijke ruimten bepalen echter of het gebruik van kunstlichtruimten voor het opkweken economisch verantwoord is.

8. SUMMARY

THE RAISING AND CROPPING OF ARTIFICIALLY-ILLUMINATED TOMATO PLANTS

1. Introduction. – In winter the raising of tomato seedlings is hampered by lack of light, while on the other hand the quality of the plants is decisive for the subsequent cropping. The effect of artificial illumination during the seedling stage has been studied, mainly with plants raised exclusively in artificial light.

2. Aims for the culture of early heated tomatoes and the assessment of cropping-results. – Cropping-results of tomatoes are characterized by the daily yields or the cumulative yield curve (graph 13, p. 36). Since prices fall gradually in the spring (graph 2, p. 4), an early yield is the primary aim in the culture of tomatoes. The total combined effect of earliness, quantity and quality of the crop is expressed in one value by the summation of the products of the daily yields and the corresponding (mean) prices.

3. Requirements of young tomato plants. – The differences in time required to produce a plant with a definite dry weight at the planting-out stage, proved to be a reasonable indication of the differences in the date of flowering and ripening of the first fruits (table 1, p. 9). Moreover, the first dates of flowering and ripening are dependent on the number of leaves below the truss. Both dates are delayed by a greater number of leaves (table 2, p. 10 and graph 3, p. 11). The dry weight at the time of planting-out and the number of leaves below the first trusses, in this sequence, are the most important criteria for the quality of young tomato plants.

4. The raising of tomato plants in artificial light exclusively. – At first the growth of young tomato plants, expressed as the dry matter production, increased exponentially, but afterwards the relative growth rate decreased (graph 4, p. 15) as a result of the mutual shading of the leaves and a relatively smaller increase in the assimilating area.

In light-boxes (figures 1–3) the dry matter production per day increased with light intensity from 3500 lux from TL 65 W „white" fluorescent lamps (= 12.10^3 erg/cm^2/sec total radiation) up to 7000 lux (24.10^3 erg/cm^2/sec) and with the length of the daily illumination-period from 16 to 24 hours (graph 6, p. 19). The increase in daily dry matter production is accompanied by a reduction in dry matter production per unit of light energy supplied or, in other words, by a reduction in the efficiency with which the light is utilized (graph 7, p. 20 and table 4, p. 21). This holds especially true for an illumination-period longer than 16 hours per day. For adequate growth, however, a minimum light intensity of 3000 lux of fluorescent light and a day length of at least 12 hours are required.

Raising the temperature from 21 °C day/15 °C night to 26 °C day/20 °C night promoted both the daily production of dry matter and the production per unit of light energy. On the whole, the rate of leaf initiation was constant, but during the first phases of truss initiation a short delay in leaf initiation was demonstrated (graph 5, p. 17). Light and temperature affected the rate of leaf initiation in the same way as they affected dry matter production (graph 8, p. 22).

The number of leaves below the first truss increased with higher temperatures

and decreased with higher light intensities (table 6, p. 24). Sometimes the number of leaves below the first truss appeared to be inversely proportional to the number of leaves between the first and second trusses. All effects of light and temperature on the leaf number can be modified by other factors as, for instance, the time of pricking-out (table 3, p. 18). In a shed with artificial light from „white" fluorescent lamps (240 W/m^2–13.10^3 $erg/cm^2/sec$) for $22\frac{1}{2}$ hours per day, at temperatures of 21 °C for 16 hours and 15° for 8 hours, in 7 weeks tomato plants were raised, which were essentially equivalent to those raised in a glasshouse with adequate supplementary light (graph 12, p. 31). Under these conditions „chlorosis"-injury of the leaves was absent.

In the raising-experiments the top/root ratio (graph 9, p. 25) and the ratio total dry weight/total leaf length (graph 10, p. 26) appeared to be dependent on the age of the plants but independent of the light and temperature conditions.

After a sudden change in the light intensity the dry matter production of the plants showed a rapid adaptation to the modified conditions (graph 11, p. 28). Therefore, growth checks after illuminated plants have been planted out, must not be attributed primarily to unfavorable light conditions, but to other factors.

5. Cropping-results with illuminated plants, in relation to other growing conditions. – Tomato plants, which were raised with supplementary light and had greater dry weights at the time of planting-out than plants which had not been illuminated, also gave earlier yields (table 7, p. 34). The differences in yield were only slightly influenced by differences in the growing conditions within the testplot (table 8, p. 34). The yields of both illuminated and unilluminated plants were, however, strongly affected by local growing conditions, as was shown in experiments at different places; the differences in yield between both groups of plants varied accordingly (table 10, p. 37).

If no growth disorders occurred, the original differences in earliness were maintained throughout the harvest period. When the harvest was stopped at the same time, the total yields were highest for the illuminated plants (table 9, p. 37 and graph 13, p. 36). Plants raised in articifial light exclusively, gave yields of the same order as comparable plants raised in glasshouses with supplementary illumination. The effects of light and temperature during the raising-period are illustrated (table 11, p. 39). The yields from plants raised in continuous light were considerably lower as was expected from the dry weight at the time of planting-out. In comparison with other yield-promoting conditions, illumination during the raising period had a relatively strong effect (table 12, p. 41).

6. General discussion. – The diminishing returns of dry matter production with more light are ascribed mainly to relatively low leaf areas. To obtain the best results with artificial light in practice, the importance of using sufficiently high temperatures must be emphasized.

In winter, the use of supplementary illumination on tomato seedlings will be profitable if other conditions are favorable too. The application in practice is restricted by the possibility of rapid economic obsolescence and the high initial cost of the equipment.

Tomato plants and other seedlings can be grown very well in rooms with artificial light exclusively, but the use of sheds for the raising of young plants will only be economic if they are already available or if they can also be used for other purposes.

9. LITERATUUR

1. ANONYMUS. Inst. Tuinbouwtechn. Wageningen. Jaarversl. 1954: 24–26.
2. ANONYMUS. Landb. Ec. Inst. 's-Gravenhage. Overzicht 136 (gestencild), 1959: 5–9.
3. ANONYMUS. Proefstat. Groenten Fruit Glas Naaldwijk. Jaarversl. 1955: 35–36.
4. ANONYMUS. Proefstat. Groenten Fruit Glas Naaldwijk. Jaarversl. 1958: 88–89.
5. ANONYMUS. Proefstat. Groenten Fruit Glas Naaldwijk. Jaarversl. 1960:107, 128.
6. ANONYMUS. Proefstat. Groenten Fruit Glas Naaldwijk. Jaarversl. 1961:128–137.
7. ANONYMUS. Tuinbouwgids 1963. Dir. Tuinb. Min. Landb. Viss. 's-Gravenhage 1962: 676 pp.
8. ÅBERG, B. Växtodling i artificiellt ljus (Konstljuskultur) med sarskild hansyn till tomat. Symbolae bot. Uppsaliensis 4(5), 1940–1941: 1–98.
9. ÅBERG, B. Physiologische und ökologische Studien über die pflanzliche Photomorphose. Symbolae bot. Uppsaliensis 8(1), 1943: 1–189.
10. ANDEWEG, J. M. Is het nodig tomatenplanten te verspenen? Tuinderij 2, 1962: 138–139.
11. ANDEWEG, J. M. Temperatuur en gloeilampenlicht. Tuinderij 2, 1962: 182–183.
12. ARTHUR, J. M., GUTHRIE, J. D. and NEWELL, J. M. Some effects of artificial climates on the growth and chemical composition of plants. Am. J. Bot. 17, 1930: 416–482.
13. ASHBY, E. Studies in the inheritance of physiological characters III. Hybrid vigour in the tomato. Ann. Bot. N. S. 1, 1937: 11–41.
14. BLACKMAN, G. E. An analysis of the effects of seasonal light intensity and temperature on the growth of plants in the vegetative phase. Rep. 13th int. hort. Congr. London 1952: 794–800.
15. BLACKMAN, G. E. and WILSON, G. L. Physiological and ecological studies in the analysis of plant environment IX. Ann. Bot. N.S. 18, 1954: 71–94.
16. BLACKMAN, V. H. The compound interest law and plant growth. Ann. Bot. 33, 1919: 353–360.
17. BLOEMSMA, D. Belichtingsproeven bij Azalea's. Meded. Dir. Tuinb. 17, 1954: 513–519.
18. BONNER, J. Experiments on photoperiod in relation to the vegetative growth of plants. Plant Physiol. 15, 1940: 319–325.
19. BOODLEY, J. W. Fluorescent lights for starting and growing plants. New York State Flower Growers Bull. 206, 1963: 1–3.
20. BOUILLENNE-WALRAND, M. De l'action de la lumière artificielle sur la croissance et le développement des tomates. Bull. Acad. Roy. belg. (Cl. Sci.) 5e série, 43, 1957: 756–777.
21. BOUILLENNE-WALRAND, M. De l'action de la lumière artificielle sur la croissance et le développement des tomates. Comparaison entre la lumière naturelle dans les conditions climatiques fixées du Phytodron. Bull. Acad. Roy. belg. (Cl. Sci.) 5e série, 44, 1958: 267–278.
22. BROUWER, R. Influence of temperature of root medium on the growth of seedlings of various crop plants. Inst. Biol. Scheik. Onderz. Landbouwgew. I.B.S. Wageningen. Jaarb. 1961: 11–19.
23. BROUWER, R. Distribution of dry matter in the plant. Neth. J. agric. Sci. 10, 1962: 361–376.
24. BUNTROCK, H. Untersuchungen über den Einflusz zusätzlicher Bestrahlung auf das Wachstum von Gurken-, Tomaten- und Salatpflanzen. Arch. Gartenbau 8, 1960: 3–49.
25. CALVERT, A. Effect of the early environment on development of flowering in the tomato I. Temperature. J. hort. Sci. 32, 1957: 9–17.

26. CALVERT, A. Effect of the early environment on the development of flowering in tomato II. Light and temperature interactions. J. hort. Sci. 34, 1959: 154–162.

27. CALVERT, A. Critical phases of tomatoplants. Grower 58, 1962: 822.

28. CALVERT, A. Temperature control for tomato propagation. Rep. 16th int. hort. Congr. Brussels 1962: 462–465.

29. CANHAM, A. E. The electric lamp in British horticulture. Rep. 14th int. hort. Congr. Scheveningen 1955: 620–633.

30. CANHAM, A. E. Practical plant irradiation. Sci. Hort. 13, 1957: 38–45.

31. CANHAM, A. E. Light and its importance in horticulture. Electr. Res. Ass. Rural Electrification Conference 1958: 12 pp.

32. COOPER, A. J. 1956 Observations on the effect of the retention of selected axillary shoots on the cropping of the Potentate variety of Tomato. Glassh. Crop Res. Inst. Littlehampton. Ann. Rep. 1956: 33–39.

33. CROCKER, W. Growth of plants. Reinhold Publ. Corp., New York 1948: 459 pp.

34. DODILLET, H. J. Gemüsejungpflanzen unter künstlicher Beleuchtung. Gartenwelt 58, 1958: 84–86.

35. DOES, J. VAN DER Uitkomsten van de teelt van vroege stooktomaten in Berkel. Meded. Dir. Tuinb. 23, 1960: 218–223.

36. FABERGÉ, A. C. The physiological consequence of polyploidy I. Growth and size in the tomato. J. Gen. 33, 1936: 365–382.

37. FORTANIER, E. J. De beïnvloeding van de bloei bij Arachis hypogaea L. Meded. Landbouwhogeschool Wageningen 57(2), 1957: 1–116.

38. FRIEND, D. J. C., HELSON, V. A. and FISHER, J. E. The rate of dry weight accumulation in marquis wheat as affected by temperature and light intensity, Canad. J. Bot. 40, 1962: 939–955.

39. GAASTRA, P. Photosynthesis of crop plants as influenced by light, carbon dioxyde, temperature and stomatal diffusion resistance. Meded. Landbouwhogeschool Wageningen 59(13), 1959: 1–68.

40. GAASTRA, P. Photosynthesis of leaves and field crop. Neth. J. agric. Sci. 10, 1962: 311–324.

41. GEEL, J. D. W. VAN Het forceren van bolgewassen met behulp van kunstlicht. Meded. Dir. Tuinb. 14, 1951: 501–512.

42. GERMING, G. H. Kosten van aanvullende belichting van tomaten. Meded. Dir. Tuinb. 23, 1960: 24–27.

43. GERMING, G. H. en VERBERNE, B. E. N. Teeltresultaten in kassen van verschillend type. Meded. Dir. Tuinb. 25, 1962: 165–171.

44. GOODALL, D. W. Further observations on factors affecting the position of the first inflorescence in the tomato. Rep. exp. Res. Stat. Cheshunt 1937: 73.

45. GOODALL, D. W. The distribution of weight change in the young tomato plant I. Dry weight changes of the various organs. Ann. Bot. N.S. 9, 1945: 101–139.

46. GREGORY, F. G. The effect of climatic conditions on the growth of barley. Ann. Bot. 40, 1926: 1–26.

47. GROENEWEGEN, J. H. Rendabele tomatenteelt. Groenten en Fruit 14, 1959: 899–900.

48. GROENEWEGEN, J. H. Weer eens iets over belichting van tomaten. Tuinderij 2, 1962: 1234–1235.

49. GROENEWEGEN, J. H. Het stoken van tomaten na het uitplanten. Groenten en Fruit 18, 1963: 1017.

50. GROENEWEGEN, J. H. CO_2 bij tomaten. Tuinderij 3, 1963: 395.

51. GROENEWEGEN, J. H. en TERMOHLEN, G. P. De temperatuur bij de opkweek van vroege stooktomaten. Tuinderij 1, 1961: 450–451.

52. HAMDORF, G. Experimentelle Untersuchungen zur Erfassung der maximalen photosynthetischen Leistung bei Landpflanzen. Flora 147, 1959: 521–552.

53. HIGHKIN, H. R. and HANSON, J. B. Possible interactions between light-dark cycles and endogenous daily rhythms on the growth of tomato plants. Plant Physiol. 29, 1954: 301–302.

54. HILLER, F. und RÜNGER, W. Der Kunstlichtraum kritisch betrachtet. Gartenwelt 55, 1955: 367–369.

55. HILLMAN, W. S. Injury of tomato plants by continuous light and unfavorable photoperiodic cycles. Am. J. Bot. 43, 1956: 89–96.

56. HUGHES, A. P. Plant growth in controlled environments as an adjunct to field studies. Experimental application and results. J. agric. Sci. 53, 1959: 247–259.

57. HUSSEY, G. Effect of day and night temperatures (Tomato). John Innes hort. Inst. 53th Ann. Rep. 1962: 43–44.

58. JAKUSHKINA, N. I. und KRAVZOVA, B. E. Der Einflusz der ganztägigen Beleuchtung auf das Wachstum und den Fruchtansatz bei Tomaten. Doklady Akad. Nauk. SSSR 91, 1953: 425–429. (Ref. Z. Pflanzenern. Düngung, Bodenk. 65, 1954: 242).

59. KERR, E. A. Some factors affecting earliers in the tomato. Canad. J. agric. Sci. 35, 1955: 300–304.

60. KOOT, Y. VAN Belichting en verwarming bij het kweken van tomaten – Belichting in de praktijk. Meded. Dir. Tuinb. 20, 1957: 714–722.

61. KOOT, Y. VAN Raising tomato-plants for an early crop in hothouses, Rep. 15th int. hort. Congr. Nice 1958: 451–461.

62. KRISTOFFERSEN, T. Experiments on the economic use of supplementary light for greenhouse crops. Rep. 14th int. hort. Congr. Scheveningen 1955: 1048–1064.

63. KUIPER, P. J. C. and BIERHUIZEN, J. F. The effect of some environmental factors on the transpiration of plants under controlled conditions. Meded. Landbouwhogeschool Wageningen 58(11), 1958: 1–16.

64. LAKE, J. V. and POSTLETHWAITE, J. D. Technique for growing glasshouse tomatoes on a large scale under controlled conditions. J. agric. Engng. Res. 3, 1958: 163–171.

65. LAWRENCE, W. J. C. John Innes hort. Inst. 46th Ann. Rep. 1955: 22–27.

66. LAWRENCE, W. J. C. John Innes hort. Inst. 47th Ann. Rep. 1956: 32–37.

67. LAWRENCE, W. J. C. John Innes hort. Inst. 49th Ann. Rep. 1958: 34–40.

68. LAWRENCE, W. J. C. and CALVERT, A. The artificial illumination of seedlings. J. hort. Sci. 29, 1954: 157–175.

69. LEARNER, E. N. and WITTWER, S. H. Some effects of photoperiodicity and thermoperiodicity on vegetative growth, flowering and fruiting of the tomato. Proc. Am. Soc. hort. Sci. 61, 1953: 373–380.

70. LEONARD, E. R. Inter-relations of vegetative and reproductive growth, with special reference to indeterminate plants. Bot. Rev. 28, 1962: 353–410.

71. LOOMIS, W. E. Growth and differentiation in plants. Iowa State College Press, Ames 1953: 485 pp.

72. MAATSCH, R. Drei Jahrzehnte künstliche Belichtung im Gartenbau. Gartenwelt 58, 1958: 1–3.

73. MARSHALL, R. Time switch is key to production. Grower 49, 1958: 98–105.

74. MELVILLE, R. The influence of environment on the growth and metabolism of the tomato plant II. The relationship between water content and assimilation. Ann. Bot. N.S. 1, 1937: 153–174.

75. NUERNBERGK, E. L. Kunstlicht und Pflanzenkultur. BLV Verlagsgesellschaft, München Bonn Wien 1961: 312 pp.

76. PIQUER, G. Utilisation de la lumière artificielle dans l'élevage des plantes de tomate en hiver. Bull. Inst. agronomique Gembloux 23, 1955: 430–456.

77. PORTER, A. M. Effect of light intensity on the photosynthetic efficiency of tomato plants. Plant Physiol. 12, 1937: 225–252.

78. REINDERS-GOUWENTAK, C. A., SMEETS, L. and ANDEWEG, J. M. Growth and flowering of the tomato in artificial light I. Vegetative development. Meded. Landbouwhogeschool Wageningen 51, 1951: 63–73.

79. REINDERS-GOUWENTAK, C. A. Growth and flowering of the tomato in artificial light II. Flower initiation. Proc. Kon. Ned. Akad. Wetensch. 57 C, 1954: 594–600.

80. ROODENBURG, J. W. M. Das Verhalten von Pflanzen in verschiedenfarbigem Licht. Rec. Trav. bot. Neerl. 37, 1940: 303–374.

81. ROODENBURG, J. W. M. Groei en bloei van de tomaat. Meded. Dir. Tuinb. 10, 1947: 296–306.

82. ROODENBURG, J. W. M. De bruikbaarheid van verschillende lichtbronnen voor het bevorderen van de groei van kasplanten. Meded. Dir. Tuinb. 11, 1948: 522–528.

83. ROODENBURG, J. W. M. Irradiation of greenhouse plants by artificial light sources. Rep. 13th int. hort. Congr. London 1952: 867–870.

84. SCHLÖSSER, L. A. Fruchtstandshöhe und Reifungsgeschwindigkeit bei Tomaten. Züchter 10, 1938: 132–136.

85. SCHWABE, W. W. Effects of natural and artificial light in arctic latitudes on long- and short-day plants as revealed by growth analysis. Ann. Bot. N.S. 20, 1956: 587–623.

86. SEIDEL, E. Die Wirkung der Zusatzbelichtung auf Wachstum und Ertrag einiger Gemüsearten. Arch. Gartenbau 8, 1960: 177–245.

87. SEIDEL, E. Untersuchungen über die Strahlungsbedingungen bei der Zusatzbelichtung von Gemüsepflanzen in Gewächshäusern. Arch. Gartenbau 8, 1960: 267–297.

88. SONDERN, J. A. Grondbedekking met witte kunststoffolie. Meded. Dir. Tuinb. 25, 1962: 175–181.

89. STRØMME, E. The growth of tomato plants under various light and temperature conditions. The effect of day-length on the growth of tomato plants in artificial light. Expt. 175/56, 177/56, 178/56, 179/56. Inst. Blomsterdyrking Veksthusforsøk Norges Landbrukshøgskole Vollebekk. Interne proefversl. 1955–1956.

90. STRØMME, E. Tomat – lys forsøk 1956 og 1957. Inst. Blomsterdyrking Veksthusforsøk Norges Landbrukshøgskole Vollebekk. Melding 86, 1958: 39–48.

91. TEPE, W. Einflusz des Wassers und der Nährstoffe im Bodem auf den Wuchs der Pflanzen. Gartenwelt 62, 1962: 354–356.

92. TEUBNER, F. G. and WADDINGTON, J. T. „Cinderella" of vegetable crop. Nebraska exp. Stat. Quart. 7(4), 1960–1961: 17–21.

93. VERKERK, K. Temperature, light and the tomato. Meded. Landbouwhogeschool Wageningen 55, 1955: 176–224.

94. VERKERK, K. Belichting en verwarming bij het kweken van tomaten – Licht en temperatuur. Meded. Dir. Tuinb. 20, 1957: 714–723.

95. VERKERK, K. Aanvullende belichting van jonge tomaten in 1959/1960 en 1960/1961. Meded. Dir. Tuinb. 25, 1962: 106–113.

96. VERKERK, K., GERMING, G. H. en KOOT, Y. VAN. Effect van aanvullende belichting van tomaten. Meded. Dir. Tuinb. 23, 1960: 20–23.

97. VERKERK, K. en WELLENSIEK, S. J. De invloed van kunstmatige bestuiving en belichting bij tomaten. Meded. Dir. Tuinb. 13, 1950: 620–628.

98. VRIES, K. J. DE Financiële baten van aanvullende belichting van tomaten. Meded. Dir. Tuinb. 23, 1960: 28–32.

99. WASSINK, E. C. De lichtfactor in de photosynthese en zijn relatie tot andere milieufactoren. Meded. Dir. Tuinb. 11, 1948: 503–513.

100. WATSON, D. J. The physiological basis of variation in yield. Advances Agronomy 4, 1952: 101–144.

101. WENT, F. W. The experimental control of plant growth. Chronica Botanica Comp., Waltham Mass. 1957: 343 pp.

102. WITHROW, A. P. and WITHROW, R. B. Photoperiodic chlorosis in tomato. Plant Physiol. 24, 1949: 657–663.

103. WITTWER, S. H. and TEUBNER, F. G. Cold exposure of tomato seedlings and flower formation. Proc. Am. Soc. hort. Sci. 67, 1956: 369–376.

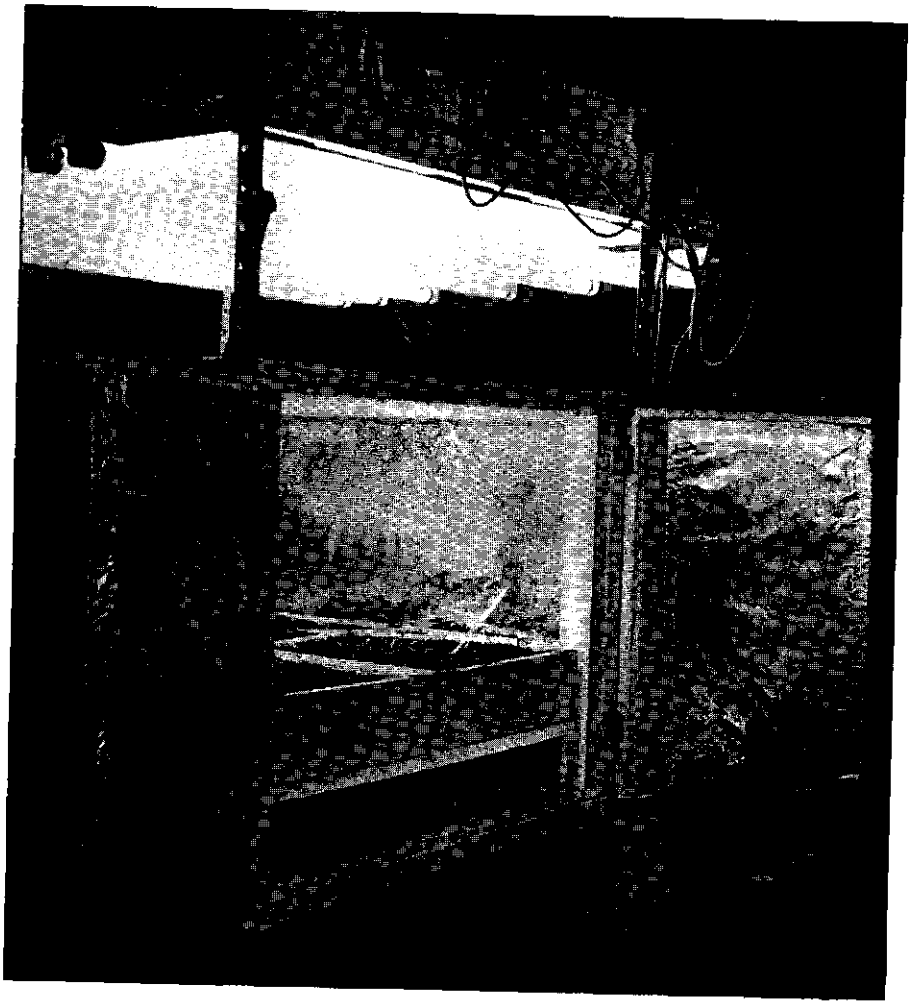
104. WITTWER, S. H. and TEUBNER, F. G. New practices for increasing the fruit crop of greenhouse-grown tomatoes. Mich. State Univ. agric. exp. Stat. Quart. Bull. 39, 1956: 198–208.

105. WITTWER, S. H. and TOLBERT, N. E. (2-chloroethyl) trimethylammonium chloride and related compounds as plant growth substances III. Effect on growth and flowering of the tomato. Am. J. Bot. 47, 1960: 560–565.

106. ZEEUW, D. DE De invloed van het blad op de bloei. Meded. Landbouwhogeschool Wageningen 54, 1954: 1–44.

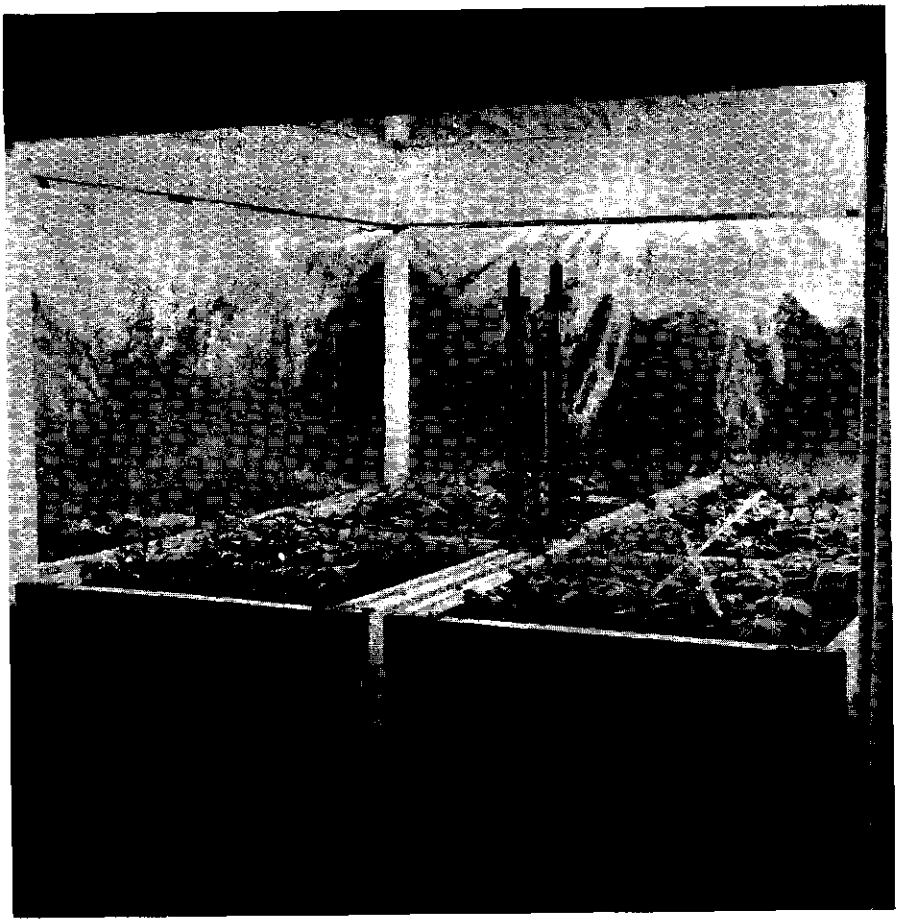
AFBEELDINGEN

FIGURES



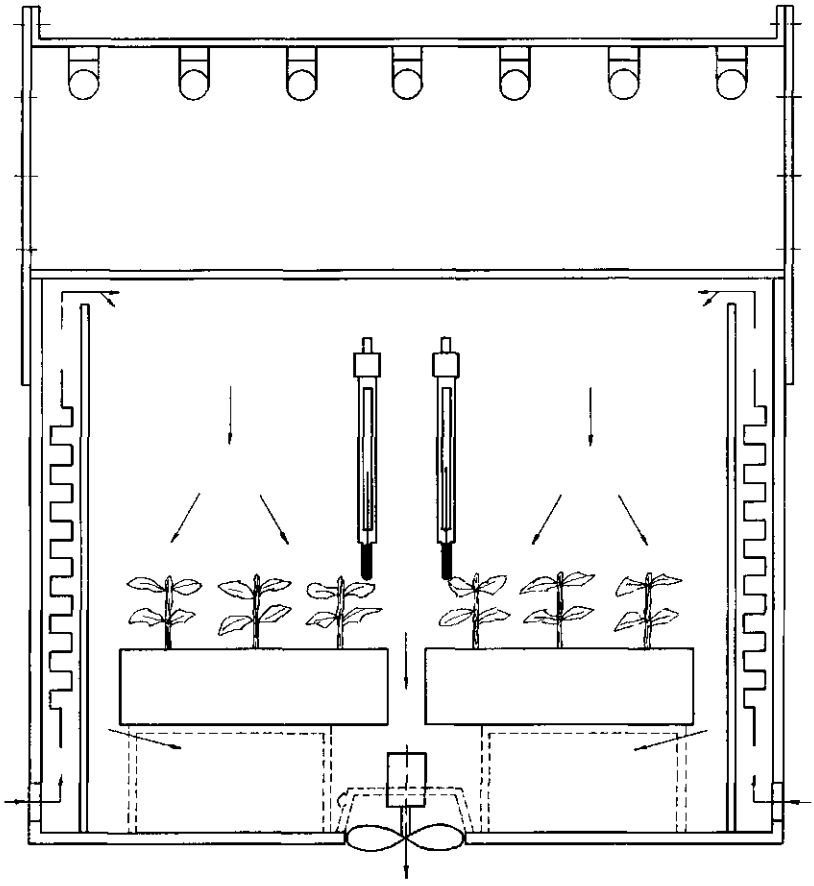
AFB. 1. Overzicht van een lichtkist.

FIG. 1. *General view of a light-box.*



AFB. 2. Interieur van een lichtkist. De lucht, die zonodig is verwarmd, komt via een spleet bovenin de kist binnen en verlaat de kist via een ventilator in de bodem.

FIG. 2. *Interior of a light-box. The air, which can be heated if necessary, enters the growing-space through an air gap at the top of the box and leaves the box through a fan in the bottom.*

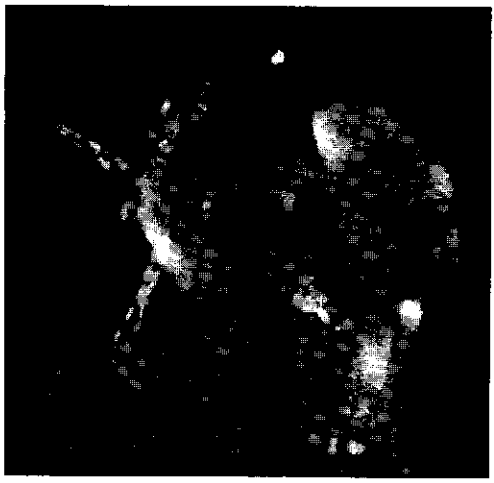


AFB. 3. Doorsnede van een lichtkist. De ventilator bevindt zich in de bodem van de kist en de verwarmingskabel in een dubbele wand. De luchtbeweging is door middel van pijlen aangegeven.

FIG. 3. *Cross-section of a light-box. The fan is mounted in the bottom of the box and the heating-cable in a hollow wall. The air moves as is indicated by arrows.*

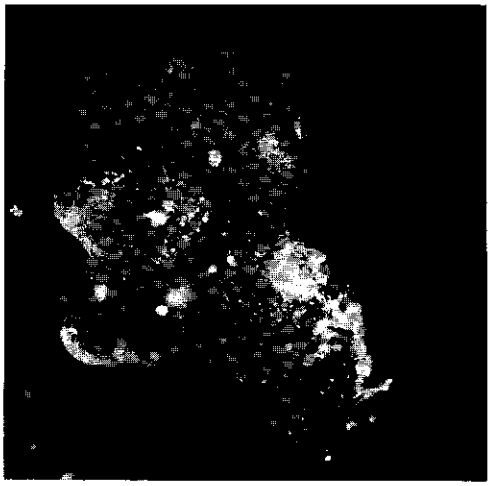
AFB. 4.
Groeipunt van een tomatenplant. Alle bladeren, op de twee laatst gevormde na, zijn verwijderd.

FIG. 4.
Growing-point of a tomatoplant. All the leaves, except the two last initiated ones, have been removed.



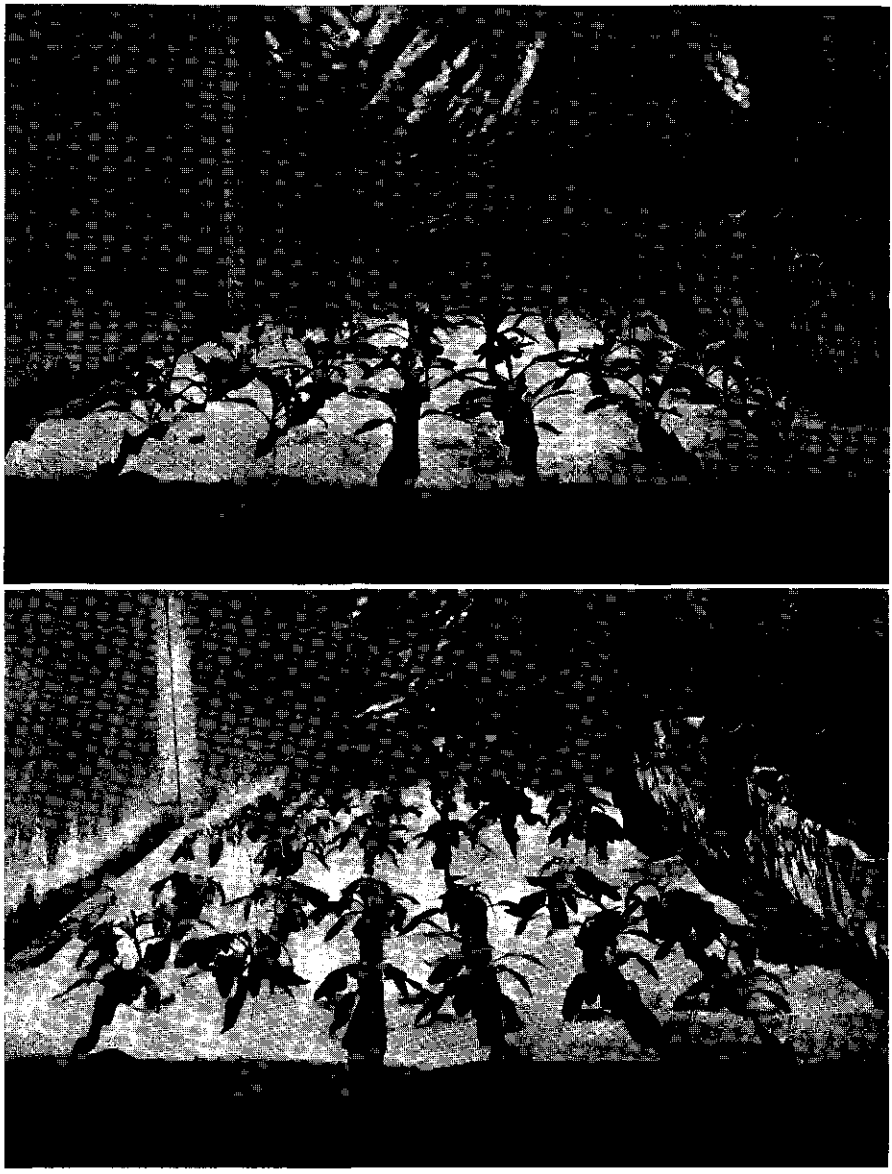
AFB. 5.
Groeipunt van een tomatenplant. Rechts de bloemtros met 3 gevormde bloemen, links het laatst gevormde blad in welks oksel het nieuwe vegetatieve groeipunt zich ontwikkelt.

FIG. 5.
Growing-point of a tomatoplant, showing a truss with 3 flowers (right), the last initiated leaf (left) and the new vegetative growing-point (centre).



AFB. 6.
Groeipunt van een tomatenplant. Eerste tros, waaraan 6 bloemen, genummerd 1–6, in verschillende ontwikkelingsstadia zijn te onderscheiden.

FIG. 6.
Growing-point of a tomatoplant, showing the first truss on which 6 flowers, numbered 1–6, at different stages of development can be distinguished.



AFB. 7. Tomatenplanten in een lichtkist, waarin de grond is afgedekt met witte kunststoffolie.
Boven: opname na 8 uur donker.
Onder: opname na 8 uur licht.

FIG. 7. *Tomatoplants in a light-box, in which the soil is covered with white plastic-film.*
At the top: picture taken after 8 hours darkness.
At the bottom: picture taken after 8 hours light.

AFB. 8. Interieur van de kweekschuur met links drie en rechts vier kweektabletten boven elkaar. Dak en zijwanden zijn met witte kunststoffolie bekleed.

FIG. 8. *Interior of a growth-shed with (left) three layers and (right) four layers of benches above each other. The roof and walls are lined with white plastic film.*