

A
OS
T
37

Handwritten signature

Lichtonderschepping en belichting bij jonge tomateplanten.
Maart tot november 1983



S.A. Tooze

Intern verslag no. 12

April 1985

2230896

Inhoud

1. Inleiding
2. Materiaal en methoden
 - 2.1 Plantmateriaal
 - 2.2 Kasruimte
 - 2.3 Behandelingen
 - 2.4 Groeianalyse
3. Resultaten
 - 3.1 Proeven met tuinnetscherm
 - 3.2 Proeven met Agryl schermdoek
 - 3.3 Proeven met kunstlicht (SON/T)
 - 3.4 Groeianalyse van proef 7
4. Discussie
5. Samenvatting
6. Literatuur

Lichtonderschepping en belichting bij jonge tomatplanten..
Maart tot november 1983.

1. Inleiding

In het voorjaar van 1983 is de installatie gereed gekomen waarmee het effect van lichtonderschepping en belichting op de planten groei is vast te stellen. Het doel van de proeven is het effect van lichtonderschepping en belichting op de groei van kasgewassen te kwantificeren.

Daarbij moest in de eerste plaats worden vastgesteld met welke nauwkeurigheid de invloed van lichtverschillen op de groei kan worden vastgesteld.

Om dit doel te bereiken hebben wij besloten de meting van het groei effect op te splitsen in twee delen: eerst het effect op jonge vrijstaande planten en later op een volgroeid gewas. De bladeren van individuele planten beschaduen elkaar weinig of niet, zodat bijna al het licht dat de plant bereikt beschrikbaar is voor groei. De fotosynthese neemt proportioneel toe met de leaf area index. Als de planten groeien, neemt de bladoppervlakte toe tot uiteindelijk een gesloten gewas is bereikt. In deze fase wordt de gewasfotosynthese minder afhankelijk van de leaf area index.

In dit kader zijn we in maart 1983 begonnen met jonge tomatplanten te telen onder scherm of dagverlenging d.m.v. kunstlicht. In het vroege voorjaar en late herfst zijn kleinere lichtonderscheppingstrappen toegepast dan in de zomer om de meetgrenzen vast te kunnen stellen. In de proefvakken met kunstlicht werd 's nachts belicht. In de zomer zijn grotere schaduw percentages gebruikt in verband met de toename van de straling.

Een aantal proeven is na elkaar uitgevoerd om het effect van lichtverlies en bijbelichting na te gaan bij grote verschillen in natuurlijke belichting.

2. Materiaal en methoden

2.1. Plantmateriaal

Zaad van tomatplanten (*Lycopersicon esculentum* c.v. 'Bellina RZ') is direkt gezaaid in 2.5 l potten gevuld met potgrond. Er werden ca 8 zaden per pot gezaaid bij een temperatuur van 25°C. Na opkomst zijn de potten uitgezet in bakken van 1.25 x 1.25 m. De potten stonden in een laagje water dat op een constant peil van ca. twee cm werd gehouden. Bemonsteren gebeurde 2 keer per week vanaf het moment van opkomst tot dat de planten een versgewicht van 10 g bereikten.

De bemonstering zorgde ook voor een noodzakelijke uitdunning van de planten zodat ze elkaar niet beschaduwden.

Voor elke bemonstering werden ca. 10 planten per proefvak gebruikt. Alleen voor de eerste bemonstering zijn meer planten per proefvak gebruikt vanwege het relatief laag gewicht van deze planten.

In de eerste proef zijn de planten van de rand van de bakken apart gemonsteerd. Omdat een betrouwbaar verschil in versgewicht niet is waargenomen is er hierna geen onderscheid tussen de rand en middenplanten gemaakt.

Voor de monstering werden de planten net onder de cotylen afgesneden. Het versgewicht en de lengte van de afgesneden planten werden bepaald. Met behulp van een microscoop (20x) is het aantal bladeren tussen de trossen bepaald. Bij de laatste proef is de totale blad oppervlakte (inclusief bladstengel) per monster bepaald met een LICOR area meter.

2.2. Kasruimte

De proefruimte bestaat uit een kas van 5 kappen van 6.40 m met een totale oppervlakte van ca 2000 m². De nokrichting is noord-zuid. In deze ruimte zijn 24 proefvakken geplaatst.

Per kap zijn 6 proefvakken geplaatst. De proefruimte is zo ingedeeld dat de proefvakken geen invloed op elkaar kunnen uitoefenen. De resterende ruimte tussen de proefvakken werd beplant met een gewas dat zorgt voor een redelijk kasklimaat en dat geen beschaduwing van de proefvakken veroorzaakt. Per proefvak werd het licht gemeten (400-700nm) met een TFDL vlakke lichtmeter en de lucht temperatuur met een PT 100 element.

2.3. Behandelingen

Boven de behandelde proefvakken hangt een draagrek waaraan of een scherm of één of meer lampen kunnen hangen. De draagrekken kunnen verplaatst worden door middel van eentandheugel die wordt aangedreven door een motor. De sturing van de draagrekken wordt geregeld met een microcomputer. De draagrekken worden verplaatst zodat de schermen de uitstraling van de warmte s' nachts niet beïnvloeden en de lampen overdag geen ongewenste schaduw geven.

In de voorjaar- en herfstproeven werd zwart tuinnet met een maaswijdte van 3.5 cm als scherm gebruikt. Het tuinnet werd over een metalen raam van 1.75 bij 1.75 m gespannen. De ramen hangen enkele cm boven de planttoppen en steken aan alle kanten 25 cm over de randen van de vakken uit.

Het tuinnet is in 1, 2 en 4 lagen gebruikt, waardoor 4%, 8% en 19% van het licht werd onderschept. In de zomerproeven is Agryl p17 schermdoek op 1 laag tuinnet gebruikt als scherm. Het Agryldoek is gebruikt in 1, 2 en 4 lagen die 24%, 35% en 50% licht onderschepten.

In het voorjaar en herfst werden in de helft van de proefvakken naast de schermen ook SON/T lampen gebruikt, 1, 2 of 4 lampen per vak.

Boven de vakken hingen of lampen of schermen, maar niet allebei tegelijk.

In de maart proef waren de lampen aan vanaf zonsondergang tot zonsopkomst, en in de november proef van 5 uren na zonsondergang tot zonsopkomst.

De schermen waren boven de planten aanwezig vanaf zonsopkomst tot zonsondergang.

2.4. Groeianalyse

Het totale versgewicht en totale drooggewicht nemen exponentieel toe met de tijd. Door middel van de lineaire regressies zijn de relatieve groeisnelheden van het versgewicht (RGR vers) en het drooggewicht (RGR droog) berekend.

De drooggewicht toename werd alleen in de laatste proef vastgelegd. Het gewicht neemt toe volgens de formule $W = a.e^{bt}$ waarin W = het totaal vers- of drooggewicht, b = RGR, t = tijd en a is een constante.

Het bladoppervlakte neemt exponentieel toe volgens de formule $A = c.e^{ft}$ waarin A = de totale bladoppervlakte, f = RGR en c is een constante.

Het aantal bladeren neemt lineair toe in tijd volgens de formule $Y = ax + b$ waarin Y = het aantal aangelegde bladeren, x = groeisnelheid en b is een constante.

De groeianalyse van de laatste proef zijn uitgevoerd volgens de formules gebruikt in een publicatie van Challa en Brouwer (1978).

3. Resultaten

De relatieve groeisnelheid (RGR vers) en groeiperioden van opkomst tot 10 g versgewicht van de onbehandelde planten zijn aangegeven in tabel 1.

In deze tabel zijn de proefperioden genummerd, wat in de rest van dit verslag gebruikt zal worden.

In dezelfde tabel staan de gemiddelde stralingssommen per proefperiode vermeld.

Ook aangegeven zijn de groeisnelheidsgegevens van Klapwijk en de Lint (1975) voor corresponderende perioden eveneens met stralingssommen (tabel 2).

De RGR van deze proeven neemt toe met toenemende straling in het voorjaar en weer af in de herfst. In de zomer is de RGR ongeveer constant.

De groeiperioden variëren van 18.4 dagen in juli/aug tot 33.2 dagen in de okt/dec proef.

Tabel 1. Relatieve groeisnelheid (RGR vers) en groeiperioden van de onbehandelde planten van alle proeven en de gemiddelde dagstralingsommen over dezelfde perioden.

| Proef no./ perioden | RGR vers (g .g ⁻¹ .dag ⁻¹) | groeiperioden (dagen) | stralingsommen (J. cm ⁻² . dag ⁻¹) |
|------------------------|--|--------------------------|--|
| 1. 8 - 31 maart | 0.279 | 22.9 | 831 |
| 2. 15 april - 6 mei | 0.334 | 20.0 | 1384 |
| 3. 10 mei - 31 mei | 0.326 | 19.7 | 1223 |
| 4. 21 juni - 13 juli | 0.342 | 19.0 | 2079 |
| 5 18 juli - 12 aug | 0.333 | 18.4 ✓ | 1862 |
| 6. 14 sept - 4 okt | 0.305 | 20.5 | 915 |
| 7. 29 okt - 2 dec | 0.177 | 33.2 ✓ | 362 |

Tabel 2. De relatieve groeisnelheden (RGR vers) en groeiperioden van onbehandelde tomatplanten van Klapwijk en de Lint (1975).

| Proef no/ perioden | RGR vers (g.g ⁻¹ , dag ⁻¹) | groeiperioden (dagen) | stralingsommen (J.cm ⁻² , dag ⁻¹) |
|-----------------------|--|--------------------------|---|
| 7 - 15 maart | 0.351 | 15 | 1042 |
| 17 april - 1 mei | 0.405 | 14 | 1449 |
| 6 mei - 21 mei | 0.379 | 15 | 1968 |
| 24 juni - 8 juli | 0.417 | 14 | 1583 |
| 31 juli - 13 aug | 0.416 | 13 ✓ | 1592 ✓ |
| 10 sept - 26 sept | 0.341 | 16 | 1042 |
| 1 nov - 30 nov | 0.172 | 29 ✓ | 269 ✓ |

tabel 3. Bladontwikkelingssnelheid en groeiperioden tot de aanleg van het 15e blad over het jaar, en aantal bladeren tussen de trossen

| Proef perioden 1 t/m 7 ^a | ontwikkelings- snelheid (blad, dag ⁻¹) | groeiperioden van opkomst tot 15e blad (dagen) | aantal bladeren aangelegd onder de eerste tros |
|---|--|---|--|
| 1 | 0.508 | 25.1 | 7.0 |
| 2 | 0.602 | 22.6 | 6.8 |
| 3 | 0.587 | 22.5 | 7.1 |
| 4 | 0.603 | 21.5 | 7.1 |
| 5 | 0.606 ✓ | 20.4 ✓ | 7.6 |
| 6 | 0.558 | 23.1 | 4.5 |
| 7 | 0.369 ✓ | 31.9 ✓ | 7.6 |

@ Lint 1

Dit is een verschil van 1:1.8. De RGR van Klapwijk en de Lint zijn wat hoger vooral in de zomermaanden. De kortste groeiperiode van Klapwijk en de Lint is 13 dagen in de zomer en 47 dagen in nov/jan. Ofwel een verschil van 1:3.6. Onze laatste proef duurde van eind oktober tot begin december welke ongeveer overeen komt met hun novemberproef met een groeiperiode van 29 dagen. Dit is dan een verschil met de zomerproef van 1:2.2.

Hun opkweek methode is gelijk aan de methode gebruikt in deze proeven maar zij gebruikten een voedingsoplossing in hun tafels wat in deze proeven niet gebeurd is. Dit geeft een indicatie dat met de snelgroeiende planten in de zomerproef er sprake was van stikstofgebrek in de laatste groeifase. De bladontwikkelingssnelheid en groeiperiode tot de aanleg van het 15e blad van de onbehandelde planten zijn in tabel 3 opgenomen. De groeiperiode tot de 15e blad zijn ca. 2 dagen langer dan de groeiperioden tot 10 g versgewicht, behalve in de laatste proef waar de groeiperiode ca. 1 dag korter is. De snelste bladaanleg van 0,606 blad.dag⁻¹ en proef 5 heeft een groeiperiode van 20,4 dagen. Vergeleken met de groeiperiode van proef 7 van 31 dagen geeft dit een verschil van 1:1.6. Het seizoenseffect op groei is sterker voor de gewichtstoename dan voor de ontwikkelingssnelheid. Ook het aantal bladeren aangelegd tussen de eerste drie trossen is in tabel 3 gegeven. Gedurende de periode maart-juli hebben de onbehandelde planten ca. 7.0 bladeren onder de eerste tros. Daarna neemt dit aantal toe tot ca. 7.6. Tussen de eerste en tweede tros bevinden zich ca. 3.0 bladeren voor alle proefperioden behalve proef 7 waar het aantal bladeren toeneemt tot 3.8. Het aantal bladeren tussen de 2e en de 3e tros blijkt in deze proeven niet beïnvloed te zijn door het seizoen. Proef 7 is beëindigd voordat de derde tros was aangelegd.

3.1. Proeven met tuinnetscherm

Voor de proeven waarbij met tuinnet werd geschermd zijn de groeisnelheden (RGR) in tabel 4 aangegeven. Het gemeten percentage lichtverlies t.o.v. de controle is in kolom 1 aangegeven. De groeisnelheid neemt af onder de schermen maar bij minder dan 10% lichtverlies is dit moeilijk meetbaar. Met 4 lagen scherm (19% lichtverlies) is er een duidelijk afname in RGR en dit geeft groeiperiodenverschillen van 2% in proeven 1 en 6 en 7% in proef 7. Het lichtverlies heeft dus een groter effect op groei in de lichtarme perioden. De ontwikkelingssnelheid en groeiduur tot de 15e bladaanleg zijn weergegeven in tabel 5. Er is geen afname in de ontwikkelingssnelheid in de proeven 1 en 6. In proef 7 neemt de ontwikkelingssnelheid van de geschermden planten af en de groeiduur tot de 15e blad toe. Uitgedrukt in dagen is dit een verschil van 7,6 en 10 procent voor 4%, 8% en 19% lichtverlies. Het aantal bladeren aangelegd tussen de eerste drie trossen is in tabel 6 gegeven. Het bladaantal onder de eerste tros neemt toe onder het scherm in alle drie proeven. Proef 1 en 6 hebben een toename in aantal van 0.5 en 0.4 blad bij 19% lichtverlies. In proef 7 neemt dit toe met 0.7 blad. Het bladaantal tussen de eerste en de tweede tros vertoont geen effect van lichtverlies en is constant 3.0 bladeren. Het bladaantal tussen tros twee en drie is ook 3.0 voor proef 1 en proef 6. Proef 7 is beëindigd voor de derde tros was aangelegd.

3.2. Proeven met Agryl schermdoek

De groeisnelheden en groeiperioden van de zomerproeven met Agrylschermdoek zijn in tabel 7 weergegeven. De gemeten percentages lichtverlies t.o.v. de controle zijn in kolom 1 gegeven. In proef 2,3 en 5 neemt de groeisnelheid onder de scherm af. De procentuele toename in groeiduur bij 50% lichtverlies t.o.v. de controle is 6,9 en 4% voor proef 2,3 en 5 resp. In proef 4 neemt de groeisnelheid onder het scherm toe en de groeiduur voor 24% en 35% lichtverlies zijn resp. 3 en 2% korter dan de controle.

Vervolg tabel 3

| | aantal bladeren aangelegd tussen tros 1 en tros 2 | aantal bladeren aangelegd tussen tros 2 en tros 3 |
|--|--|--|
| | 3.0 | 3.0 |
| | 2.8 | 2.8 |
| | 2.9 | 3.3 |
| | 2.9 | 3.0 |
| | 3.1 | 3.1 |
| | 3.0 | 3.0 |
| | 3.8 | - |

(a) zie tabel 1

Tabel 4. Groeisnelheid (RGR) en groeiperioden van opkomst to 10g versgewicht voor de voorjaar-en herfstproeven met tuinnetscherm.

| <u>Behandeling</u> | % licht t.o.v. de controle | RGR ¹⁾ voor versgewicht | | |
|-------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|---------------------|---------------------|
| | | Proef ²⁾ | proef ³⁾ | proef ⁴⁾ |
| controle | 100 | 0.279 | 0.305 | 0.178 |
| 1 laag scherm | 96 | 0.321 | 0.305 | 0.176 |
| 2 lagen scherm | 92 | 0.281 | 0.302 | 0.174 |
| 4 lagen scherm | 81 | 0.274 | 0.299 | 0.167 |
| betrouwbaarheid ⁶⁾ | | 0.17 | 0.02 | 0.06 |

| | groeiperiode ⁵⁾ (procent t.o.v. controle) | | | |
|-------------------------------|--|------------|------------|------|
| | proef 1 | proef 6 | proef 7 | |
| controle | 22.9 (100) | 20.5 (100) | 32.8 (100) | |
| 1 laag scherm | 22.4 (98) | 20.6 (101) | 33.4 (102) | |
| 2 lagen scherm | 22.8 (99) | 20.8 (102) | 33.2 (101) | |
| 4 lagen scherm | 23.4 (102) | 21.0 (102) | 35.0 (107) | |
| betrouwbaarheid ⁶⁾ | | 0.05 | 0.01 | 0.14 |

1. groeisnelheid voor versgewicht
(g.g ⁻¹.dag ⁻¹)

2. proef 1

3. proef 6

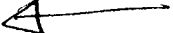
4. proef 7

} zie tabel 1

5. groeiperiode - vanaf opkomst tot 10g versgewicht (dagen)

6. (F) test van Fisher

Tabel 5. Ontwikkelingssnelheid en groeiduur tot de aanleg van het 15e blad voor de proeven met tuinnetscherm.

| Behandelingen | % licht t.o.v. de controle | ontwikkelingssnelheid ¹⁾ | | |
|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|--|
| | | proef 1 ²⁾ | proef 6 ³⁾ | proef 7 ⁴⁾ |
| controle | 100 | 0.508 | 0.558 | 0.369 |
| 1 laag scherm | 96 | 0.538 | 0.569 | 0.333 |
| 2 lagen scherm | 92 | 0.517 | 0.563 | 0.344 |
| 4 lagen scherm | 81 | 0.508 | 0.562 | 0.335 |
| betrouwbaarheid ⁶⁾ | | 0.11 | > 0.20 | > 0.20  |

| | groeiperiode ⁵⁾ (% t.o.v. de controle) | | |
|-------------------------------|---|-----------------------|-----------------------|
| | proef 1 ²⁾ | proef 6 ³⁾ | proef 7 ⁴⁾ |
| controle | 25.1 (100) | 23.1 (100) | 31.9 (100) |
| 1 laag scherm | 24.0 (95) | 22.9 (99) | 34.2 (107) |
| 2 lagen scherm | 25.0 (100) | 23.1 (100) | 33.7 (106) |
| 4 lagen scherm | 25.1 (100) | 23.1 (100) | 35.2 (110) |
| betrouwbaarheid ⁶⁾ | 0.03 | > 0.20 | 0.10 |

1. ontwikkelingssnelheid van de bladaanleg (blad·dag⁻¹)

2.

3. } zie tabel 1

4.

5. groeiperioden - vanaf opkomst tot de aanleg van het 15e blad (dagen)

6. zie tabel 4

Tabel 6. Aantal bladeren aangelegd tussen de eerste drie trossen voor proeven met tuinnetscherm.

| Behandelingen | % licht t.o.v. de controle | bladaantal onder de 1e tros | | |
|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | proef 1 ¹⁾ | proef 6 ²⁾ | proef 7 ³⁾ |
| controle | 100 | 7.0 | 7.5 | 7.6 |
| 1 laag scherm | 96 | 7.3 | 7.8 | 7.5 |
| 2 lagen scherm | 92 | 7.4 | 7.8 | 7.8 |
| 4 lagen scherm | 81 | 7.5 | 7.9 | 8.3 |
| betrouwbaarheid ⁶⁾ | | > 0.20 | > 0.20 | > 0.20 |

Vervolg tabel 6

| | blad aantal tussen tros 1 en 2 | | | blad aantal tussen tros 2 en 3 | | |
|-------------------------------|-----------------------------------|---------|---------|-----------------------------------|---------|---------|
| | proef 1 | proef 6 | proef 7 | proef 1 | proef 6 | proef 7 |
| controle | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.1 | - |
| 1 laag scherm | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 2.9 | - |
| 2 lagen scherm | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | - |
| 4 lagen scherm | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | - |
| betrouwbaarheid ⁶⁾ | >0.20 | >0.20 | >0.20 | 0.20 | >0.20 | |

1 proef 1
 2 proef 6
 3 proef 7
 4 zie tabel 4

} zie tabel 1

Tabel 7. Groeisnelheid (RGR) en groeiperiode van opkomst tot 10g versgewicht voor proeven met Agryl schermdoek.

| Behandelingen | % licht t.o.v. de controle | RGR voor versgewicht ¹⁾ | | | |
|-------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | proef 2 ²⁾ | proef 3 ³⁾ | proef 4 ⁴⁾ | proef 5 ⁵⁾ |
| controle | 100 | 0.334 | 0.326 | 0.342 | 0.332 |
| 1 laag scherm | 76 | 0.333 | 0.318 | 0.352 | 0.332 |
| 2 lagen scherm | 65 | 0.328 | 0.315 | 0.353 | 0.330 |
| 4 lagen scherm | 50 | 0.319 | 0.298 | 0.344 | 0.329 |
| betrouwbaarheid ⁶⁾ | | 0.01 | 0.01 | 0.01 | >0.20 |

| | Groeiperioden (procent t.o.v. de controle) ⁶⁾ | | | |
|-------------------------------|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | proef 2 ²⁾ | proef 3 ³⁾ | proef 4 ⁴⁾ | proef 5 ⁵⁾ |
| controle | 20.0 (100) | 19.7 (100) | 19.0 (100) | 18.4 (100) |
| 1 laag scherm | 20.2 (101) | 20.2 (102) | 18.4 (97) | 18.5 (100) |
| 2 lagen scherm | 20.4 (102) | 20.0 (102) | 18.6 (98) | 18.7 (102) |
| 4 lagen scherm | 21.2 (106) | 21.4 (109) | 19.0 (100) | 19.1 (104) |
| betrouwbaarheid ⁶⁾ | <0.01 | <0.01 | 0.03 | 0.01 |

1 relatieve groeisnelheid voor versgewicht ($g \cdot g^{-1} \cdot dag^{-1}$)

2 proef 2
 3 proef 3
 4 proef 4
 5 proef 5
 6 zie tabel 4

} zie tabel 1

Dit komt misschien door het wegschermen van hoge stralingspieken in proef 4 die de groei kan verslechteren.

De ontwikkelingssnelheid en de groeiperioden tot de 15e blad zijn in tabel 8 aangegeven. In proef 2 en 3 neemt de ontwikkelingssnelheid af onder het scherm, maar het verschil in groeiperioden is gering.

Bij 50% lichtverlies zijn de verschillen t.o.v. de controle resp. 5%, 4%, 0% en 2% voor proef 2,3,4 en 5. In proef 4 neemt de ontwikkelingssnelheid onder het scherm toe, maar uitgedrukt in groeiperioden is het verschil ook gering.

In deze proeven is er weinig verschil in ontwikkelingssnelheid onder het scherm en zelfs 50% lichtverlies geeft maar een 5% langere groeiperiode in proef 2. Het aantal bladeren aangelegd tussen de eerste drie trossen voor deze proeven zijn vermeld in tabel 9. Het aantal bladeren aangelegd onder de eerste tros neemt toe onder het scherm in alle proeven. Het aantal bladeren tussen de eerste en tweede tros zijn daardoor beïnvloed vooral in proef 3 en 4. Tussen de tweede en derde trossen waren er gemiddeld 3 bladeren.

3.3. Proeven met kunstlicht (SON/T)

Bij proef 1 was er 24 uur licht trad er blad vergeling op bij de planten onder het sterkste kunstlicht behandeling ($32W.M^{-2}$). Met 8 en $16 W.M^{-2}$ trad er geen of weinig blad vergeling op. In proef 7 met een 5 uurlichtonderbreking periode was er geen blad vergeling zelfs met $32W.M^{-2}$.

In tabel 10 zijn de groeisnelheden weergegeven. In proef 1 neemt de groeisnelheid toe met toenemende lichthoeveelheid maar het effect is niet betrouwbaar.

Bij 4 lampen ($32W.M^{-2}$) daalt de RGR, een effect wat waarschijnlijk door de bladvergelting veroorzaakt is. In proef 7 is het effect van het kunstlicht wat duidelijker. De winst in groeiperiode tot 10g versgewicht t.o.v. de controle voor 1,2 en 4 lampen is 5,6 en 7% in proef 1 (maart) en 16, 21 en 27% in november.

De ontwikkelingssnelheid zijn in het algemeen groter in proef 1 dan in proef 7 (tabel 11). Maar het effect van de lampen is groter in proef 7 waar de tijdswinst van de groeiperiode of het 15e blad aangelegd is in 25% voor 4 lampen tegenover 5% in proef 1. Het verschil is in allebei proeven betrouwbaar.

De aantal bladeren aangelegd onder de eerste drie trossen toonde geen betrouwbaar verschil in proef 1 (tabel 12).

In proef 7 neemt het aantal bladeren onder de eerste tros af van 8.4 bladeren bij de controle tot 7.4 bladeren bij vier lampen.

Het aantal bladeren tussen tros 1 en 2 neemt toe onder de lampen zodat het totaal aantal bladeren onder de twee trossen ongeveer 11 blijft voor alle behandelingen. De novemberproef was beëindigd voordat de derde tros was aangelegd, behalve voor de behandelingen met 4 lampen.

3.4. Groeianalyse van proef 7

In de laatste proef van 1983 is de bladoppervlakte en plantdrooggewicht bij elke bemonstering vastgelegd (tabel 13). De groeisnelheid (RGR) van de drooggewicht komen goed overeen met die van de versgewicht (tabel 4 en 10).

De RGR neemt af met toenemend lichtverlies onder het scherm en neemt toe onder de lampen. De bladoppervlakte bij 10 g versgewicht (tabel 13) neemt toe onder 1 en 2 lagen scherm en weer af bij 4 lagen scherm. De oorzaak voor de afname van de oppervlakte bij 4 lagen scherm is niet duidelijk. De bladoppervlakte bij 10 g neemt onder de lampen af bij toenemende licht en het effect is sterker als dat onder de schermen. De netto assimilatie snelheid (NAR) neemt af met toenemende schaduw, maar het verschil tussen 4 en 8% lichtverlies is gering.

Het effect van de lampen op de NAR is veel groter en 4 lampen ($32 W.M^{-2}$) geven een NAR die 3.1 keer zo groot is als de controle. De verhouding bladoppervlakte en plantgewicht (LAR) neemt toe met toenemende schaduw. De 4 lagen scherm behandeling (21% schaduw) heeft de grootste LAR en kleinste NAR.

Er is geen verschil voor 1 en 2 lagen scherm (4 en 8% lichtverlies) voor de LAR. De LAR onder de lamp behandelingen neemt af als de NAR toeneemt.

Tabel 8. Ontwikkelingssnelheid en groeiperiode tot de aanleg van het vijftiende blad voor proeven met Agryl schermdoek.

| Behandelingen | % licht t.o.v. de controle | ontwikkelingssnelheid ¹ | | | |
|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | proef 2 ²⁾ | proef 3 ³⁾ | proef 4 ⁴⁾ | proef 5 ⁵⁾ |
| controle | 100 | 0.602 | 0.578 | 0.603 | 0.606 |
| 1 laag scherm | 76 | 0.581 | 0.573 | 0.634 | 0.616 |
| 2 lagen scherm | 65 | 0.588 | 0.563 | 0.616 | 0.630 |
| 4 lagen scherm | 50 | 0.567 | 0.543 | 0.607 | 0.603 |
| betrouwbaarheid ⁶⁾ | | 0.08 | 0.05 | < 0.01 | > 0.20 |

| Behandelingen | groeiperioden (procent t.o.v. de controle) | | | |
|-------------------------------|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | proef 2 ²⁾ | proef 3 ³⁾ | proef 4 ⁴⁾ | proef 5 ⁵⁾ |
| controle | 22.6 (100) | 22.5 (100) | 21.5 (100) | 20.4 (100) |
| 1 laag scherm | 21.2 (94) | 22.6 (100) | 20.7 (96) | 20.4 (100) |
| 2 lagen scherm | 23.0 (102) | 22.6 (100) | 21.2 (99) | 20.2 (99) |
| 4 lagen scherm | 23.8 (105) | 23.5 (104) | 21.4 (100) | 20.9 (102) |
| betrouwbaarheid ⁶⁾ | 0.02 | 0.01 | 0.03 | 0.12 |

1. ontwikkelingssnelheid voor bladaanleg (blad.dag⁻¹)
 2. proef 2
 3. proef 3
 4. proef 4
 5. proef 5
 6. zie tabel 4
- } tabel 1

Tabel 9. Aantal bladeren aangelegd tussen de eerste drie trossen voor proeven met Agryl schermdoek.

| Behandelingen | % licht verschil t.o.v controle | onder de eerste tros | | | |
|-------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | proef 2 ¹⁾ | proef 3 ²⁾ | proef 4 ³⁾ | proef 5 ⁴⁾ |
| controle | 100 | 6.8 | 7.1 | 7.1 | 7.6 |
| 1 laag scherm | 76 | 7.2 | 7.3 | 7.6 | 7.6 |
| 2 lagen scherm | 65 | 7.4 | 7.8 | 7.7 | 7.6 |
| 4 lagen scherm | 50 | 7.7 | 7.7 | 8.3 | 4.8 |
| betrouwbaarheid ⁵⁾ | | 0.01 | 0.01 | 0.01 | > 0.20 |

Vervolg tabel 9

| | bladaantal tussen tros 1 en 2 | | | | bladaantal tussen tros 2 en 3 | | | |
|----------|----------------------------------|-------|------|-------|----------------------------------|------|------|-------|
| | 21) | 32) | 43) | 54) | 21) | 32) | 43) | 54) |
| controle | 3.1 | 2.9 | 2.9 | 3.0 | 2.8 | 3.3 | 3.0 | 3.1 |
| 1 laag | 3.0 | 2.7 | 2.7 | 3.1 | 2.6 | 3.3 | 3.0 | 2.3 |
| 2 | 2.9 | 2.3 | 3.0 | 3.0 | 2.8 | 3.5 | 3.0 | 3.2 |
| 4 | 3.1 | 2.5 | 2.6 | 3.0 | 3.3 | 2.6 | 3.1 | 3.0 |
| | 0.01 | >0.20 | 0.01 | >0.20 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | >0.20 |

1. proef 2
 2. proef 3
 3. proef 4
 4. proef 5
 5. zie tabel 4
- } zie tabel 1

Tabel 10. Groeiselheid (RGR) en groeiperioden van opkomst tot 10g versgewicht voor proeven met SON/T

| Behandelingen | W/M ² | RGR voor versgewicht | |
|-------------------------------|------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | proef 1 ¹⁾ | proef 7 ²⁾ |
| controle | - | 0.287 | 0.177 |
| 1 lamp | 8 | 0.303 | 0.220 |
| 2 lampen | 16 | 0.307 | 0.230 |
| 4 lampen | 32 | 0.296 | 0.261 |
| betrouwbaarheid ³⁾ | | >0.20 | <0.01 |

| | Groeiperiode vanaf opkomst tot 10g (procent t.o.v. de controle) | |
|-------------------------------|---|-------------|
| | proef 1 | proef 7 |
| controle | 22.6 (100) | 33.2 (100) |
| 1 lamp | 21.5 (95.1) | 27.7 (83.8) |
| 2 lampen | 21.3 (94.2) | 26.2 (79.0) |
| 4 lampen | 21.0 (93.0) | 24.1 (72.6) |
| betrouwbaarheid ³⁾ | > 0.20 | < 0.01 |

1. proef 1
 2. proef 7
 3. zie tabel 4
- } zie tabel 1

Tabel 11. Ontwikkelingssnelheid en groeiperioden tot de aanleg van het vijftiende blad voor proeven met SON/T lampen.

| Behandelingen | W.M ² | ontwikkelingssnelheid (blad·dag ⁻¹) | |
|-------------------------------|------------------|--|-----------------------|
| | | proef 1 ¹⁾ | proef 7 ²⁾ |
| controle | - | 0.536 | 0.327 |
| 1 lamp | 8 | 0.516 | 0.367 |
| 2 lampen | 16 | 0.570 | 0.390 |
| 4 lampen | 32 | 0.563 | 0.440 |
| betrouwbaarheid ³⁾ | | >0.02 | 0.01 |

| Behandelingen | Groeiperioden tot 15e blad (dagen) (procent t.o.v. de controle) | |
|-------------------------------------|--|------------|
| | proef 1 | proef 7 |
| controle | 24.1 (100) | 35.2 (100) |
| 1 lamp | 24.5 (102) | 31.1 (88) |
| 2 | 23.0 (95) | 29.2 (83) |
| 4 | 22.8 (95) | 26.4 (75) |
| betrouwbaarheid ³⁾ <0.01 | | 0.01 |

1. proef 1 } zie tabel 1
 2. proef 7 }
 3. zie tabel 4

Tabel 12. Aantal bladeren aangelegd tussen de eerste drie trossen voor proeven met SON/T lampen.

| Behandeling | W.m ⁻² | blad aantal onder de 1e tros | |
|-----------------|-------------------|------------------------------|-----------------|
| | | 1 ¹⁾ | 7 ²⁾ |
| controle | 0 | 7.3 | 8.4 |
| 1 | 8 | 7.3 | 8.0 |
| 2 | 16 | 7.2 | 8.1 |
| 4 | 32 | 7.1 | 7.4 |
| betrouwbaarheid | | >0.20 | 0.01 |

| Behandeling | bladaantal tussen tros 1 en 2 | | bladaantal tussen tros 2 en 3 | | |
|----------------------|----------------------------------|-----------------|----------------------------------|-----------------|---|
| | 1 ¹⁾ | 7 ²⁾ | 1 ¹⁾ | 7 ²⁾ | |
| controle | 3.0 | 2.6 | 3.0 | - | |
| 1 | 3.0 | 3.1 | 3.0 | - | |
| 2 | 3.0 | 3.2 | 3.0 | - | |
| 4 | 3.0 | 3.3 | 3.0 | 2.9 | |
| betrouwbaar- heid | | 0.20 | 0.01 | > 0.20 | - |

1. proef 1 zie tabel 1
2. proef 7
3. zie tabel 4

Tabel 13. De groeianalyse van proef 7 ¹⁾

| Behandelingen | % licht t.o.v. controle | RGR ²⁾ | blad ³⁾ oppervlakte | NAR ⁴⁾ | LAR ⁵⁾ |
|-------------------------------|----------------------------|-------------------|-----------------------------------|-------------------|-------------------|
| controle | 0 | 0.173 | 401 | 0.303 | 0.582 |
| 1.laag tuinnet | 96 | 0.171 | 414 | 0.282 | 0.620 |
| 2 lagen tuinnet | 92 | 0.169 | 489 | 0.285 | 0.620 |
| 4 lagen tuinnet | 81 | 0.164 | 408 | 0.238 | 0.700 |
| betrouwbaarheid ⁶⁾ | | > .20 | 0.19 | .03 | .06 |

| Behandelingen | W.m ⁻² | RGR ²⁾ | blad- ³⁾ oppervlakte | NAR ⁴⁾ | LAR ⁵⁾ |
|-------------------------------|-------------------|-------------------|------------------------------------|-------------------|-------------------|
| controle | 0 | 0.179 | 453 | 0.287 | 0.638 |
| 1 lamp | 8 | 0.216 | 277 | 0.438 | 0.500 |
| 2 lampen | 16 | 0.229 | 253 | 0.544 | 0.424 |
| 4 lampen | 32 | 0.270 | 201 | 0.882 | 0.331 |
| betrouwbaarheid ⁶⁾ | | <.01 | <.01 | <.01 | <.01 |

1. proef 7 zie tabel 1
2. RGR groeisnelheid van drooggewicht vanaf opkomst tot 10g versgewicht (g.g⁻¹. dag⁻¹)
3. bladoppervlakte - bladoppervlakte bij 10g versgewicht (CM²)
4. NAR - netto assimilatiesnelheid (mg. cm⁻². dag⁻¹)
5. LAR - bladoppervlakte - drooggewicht quotient (cm².mg⁻¹)
6. zie tabel 4

4.0. Discussie

De relatieve groeisnelheid van de onbehandelde planten nam toe in het voorjaar, was vrij constant in de zomer en nam weer af in het najaar als gevolg van het natuurlijke stralingspatroon. De bladontwikkelingssnelheid gaf een soortgelijk beeld, maar daarbij is het effect van seizoen minder groot dan bij de relatieve groeisnelheid (van het vers gewicht). Het aantal bladeren aangelegd onder de eerste tros is vrij constant in de zomer en nam toe met 0.6 blad in de herfst. Het aantal bladeren aangelegd tussen de eerste en tweede, en de tweede en derde tros was gemiddeld 3 voor al de proeven. Klapwijk (1981) en Klapwijk en Wubben (1984) vonden gelijke seizoens effecten op tomaat en een aantal andere gewassen.

Uit de proeven met tuinnet scherm blijkt het effect op de groei van een lichtverlies van minder dan 10%, niet goed meetbaar te zijn bij de toegepaste methode. In het toekomstige onderzoek zal alleen gewerkt worden met schaduw percentages van 10% of meer.

In proef 1,6 en 7 met tuinnet heeft een lichtonderschepping van minder dan 8% geen of weinig groeiduurverlenging veroorzaakt t.o.v. de controle. Met 4 lagen tuinnet (21% lichtverlies) is de groeiduurverlenging voor proef 1,6 en 7, 2%, 2% en 7% t.o.v. de controle. Omgerekend in een 1% lichtverlies is het percentage groeiduurverlenging 0.1%, 0.1% en 0.3%. Het effect van lichtverlies op de groei neemt toe als de natuurlijke straling afneemt. Challa en Schapendonk (1984) kregen soortgelijk resultaten met jonge kommerplanten.

Zij vonden dat het effect van een lichtverlies op jonge vrijstaande planten altijd minder was dan proportioneel, maar het effect wordt groter naarmate het lichtniveau afneemt.

Van de zomer proeven met Agryl schermdoek heeft 1 en 2 lagen scherm (24 en 35% lichtverlies) een gering effect op de relatieve groei- en bladontwikkelingssnelheid. Bij 4 lagen scherm (50% lichtverlies) is dit effect resp. 6,9,0 en 4% groeiduurverlenging voor proef 2, 3,4 en 5. Omgerekend op 1% lichtverlies is de groeiduurverlenging 0.12%, 0.18%, 0% en 0.08%. Voor de bladontwikkelingssnelheid is er een groeiduurverlenging van 5%, 4%, 0 en 2% in proef 2, 3, 4 en 5. Omgerekend op 1% lichtverlies is dit 0.1%, 0.08%, 0, en 0.04%.

Ook in de zomer periode is het effect van een lichtverlies aan bladontwikkeling minder dan de invloed op de groei.

In proef 1 waar kunstlicht werd toegepast en de planten dus bij constant licht ^{by h.} groeiden, trad bladvergelting op bij de sterkste lichtbehandeling (32 W.M^{-2}).

Bij 8 en 16 W.M^{-2} was er geen of weinig blad vergeling bij 24 uur licht.

Deze reactie van tomaat op constant licht is ook door andere auteurs geconstaneerd (Cathey, Campbell en Thimijan, 1981; Hallman, 1956; en Kristofferson, (1963).

Cathey, Campbell en Thimijan (1981) noemen tomaat een 'thermal sensitive' plant en instraling boven 24 W.M^{-2} gedurende 24 uur geeft 'thermal overloading',

Hurd en Thornley (1974) melden geen blad vergeling bij hoge intensiteiten en constant licht. Ze concludeerden dat geen blad vergeling optrad vanwege de afwezigheid van water stress. In onze proeven waar geteeld wordt in een laag voedingsoplossing en er constant water aanwezig is, is er weinig kans op water stress.

In proef 7 waar een 5 uurige donkerperiode op het eind van de dag werd toegepast, trad geen blad vergeling op.

Met toenemend kunstlicht neemt de groei- en bladontwikkelingssnelheid toe.

De groeiduurwinst door gebruik van 4 lampen is 7% en 27% voor proef 1 en 7.

Het kunstlicht effect is duidelijk groter in proef 7 toen het natuurlijk licht niveau een derde was van dat in proef 1. Dit verschil wordt waarschijnlijk ook voor een deel veroorzaakt door de blad vergeling in proef 1.

In proef 7 neemt de bladoppervlakte bij 10 g versgewicht toe met toenemend lichtverlies en af met toenemend kunstlicht. De verhouding bladoppervlakte/plantdrooggewicht (LAR) neemt ook toe met toenemend lichtverlies en omgekeerd met toenemend kunstlicht. Dit toont aan dat de plant de bladdikte aanpast aan de lichthoeveelheid, zonder veel aanpassing van de stengeldikte.

Bij toenemend lichtverlies wordt het blad per g groter en waarschijnlijk dunner.

Om de relatie tussen lichthoeveelheid en bladdikte vast te leggen zal het nodig zijn in verder onderzoek het bladvers- en drooggewicht apart te meten.

In figuur 1 zijn de groeisnelheden tot 10g versgewicht van proef 1 tot en met 7 uitgezet tegen de gemiddelde lichtdagsom. In proef 1 tot en met 5 zijn vanwege een gebrek aan lichtmeters, de lichtdagsommen uitgerekend door de buitenstraling met een vaste transmissiewaarde te vermedigvuldigen.

Vanwege reflectie op het dak kan dit tot een 10 - 15% fout leiden in maart, april, en 5% fout in de zomer maanden. (Nederhoff et al, 1984).

In proef 6 en 7 zijn de binnen gemeten lichtdagsommen gebruikt. Het resultaat is een verzadigingskromme die beschreven kan worden met de volgende formule:

$$Y = a + be^{kx}$$

waar a, b en k constanten zijn nl. resp. 0.3456, - 0.3154 en - 0.7573.

Y is de groeisnelheid (RGR) en X is de lichtdagsom. Het effect van toenemend licht op de groei neemt snel toe tot ca. 3.5 MJ.M⁻² dag⁻¹. Meer licht heeft weinig effect op de groeisnelheid. Gelijksoortige resultaten zijn gevonden door Challa en Schapendonk (1984) met jonge komkommerplanten geteeld

in een groeikamer. Bij jonge planten wordt de fotosynthese bepaald door de leaf area index. De relatie licht en fotosynthese lijkt op de kromme van licht en groeisnelheid met jonge planten. Als de lichthoeveelheid toeneemt neemt de fotosynthese toe tot de bij een bepaald lichtniveau licht-verzadiging optrad. Als een plant verder groeit beschaduwden de bladeren elkaar tot uiteindelijk een gesloten gewas is bereikt. In dit stadium is de fotosynthese onafhankelijk van de leaf area index (Challa en Schapendonk, 1984).

5. Samenvatting

Het effect van lichtverlies op de groei en ontwikkeling van jonge tomatenplanten van af maart tot november 1983 is meer gegeven. Een lichtverlies van minder dan 8% is niet goed meetbaar in de toegepaste installatie.

Wanneer het lichtverlies van al de proeven is omgerekend op 1% is het effect op groei- en ontwikkelingsduur minder dan 0.5%. Het effect van lichtverlies op de groei hangt ook van het seizoen af en is groter naarmate de stralingsniveau afneemt in de herfst.

In proef 1 waar kunstlicht is toegepast zonder een donkerperiode trad blad vergeling op bij de behandelingen met het meeste kunstlicht (32W.M⁻²). Dit is in strijd met de mededeling van andere onderzoekers dat geen blad vergeling zal optreden bij constant licht als de watervoorziening optimaal is. Wanneer een donkerperiode van 5 uur werd toegepast (proef 7), trad geen blad vergeling op. De groeiwinst van 4 lampen was bijna 4 keer zo groot in de november- als in de maart-proef toen het stralingsniveau bijna 3 keer zo groot was. Het effect van kunstlicht op groei is ook seizoen afhankelijk en wordt groter wanneer licht de beperkende factor wordt in de herfst en winter.

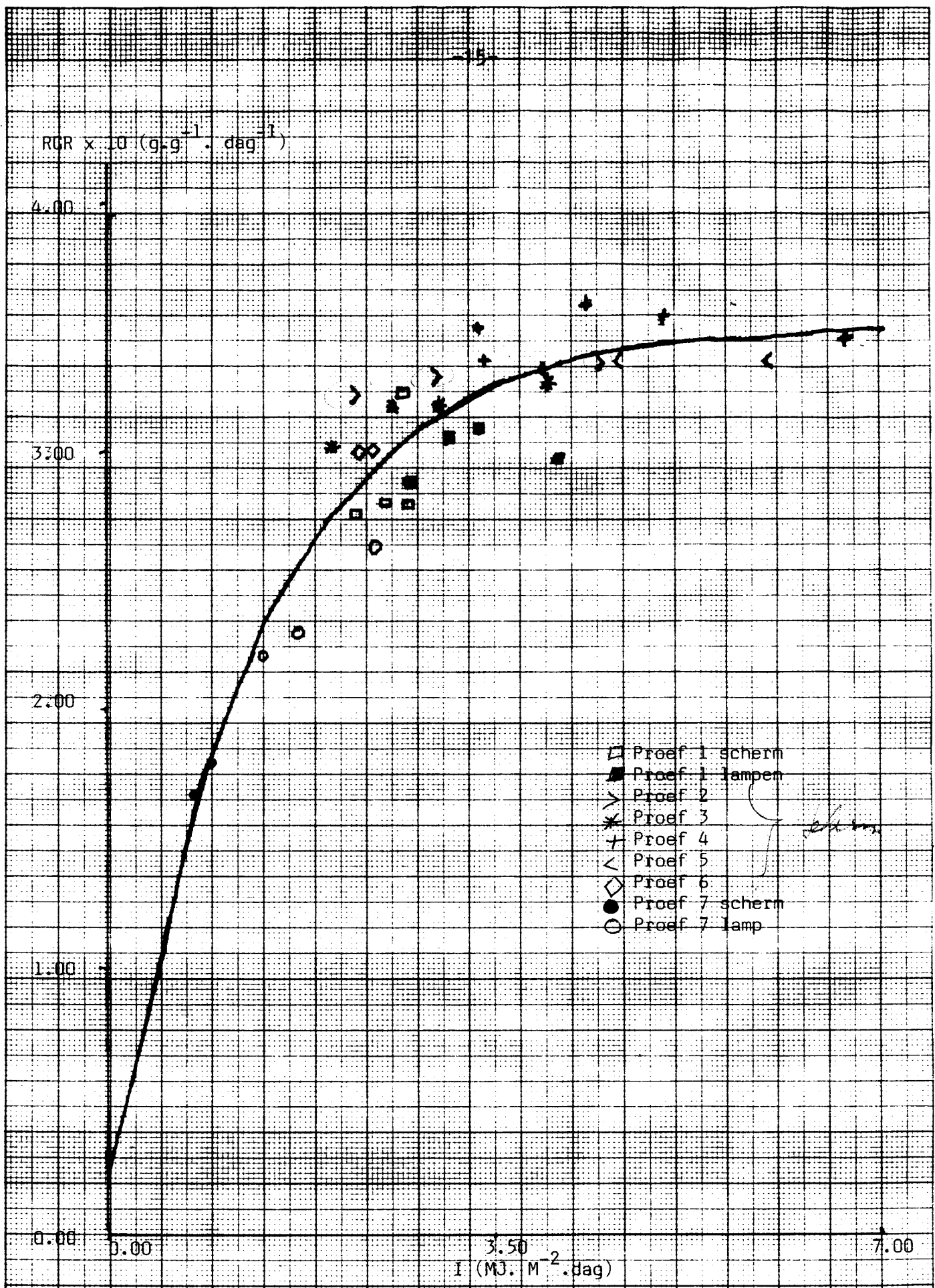


Fig. 1. De groeisnelheden (RGR) van opkomst tot 10 g versgewicht voor proef 1 tot en met 7 uitgezet tegen de lichtdagsommen.

Literatuur

Cathey, H.M., L.E. Campbell and R.W. Thimijan, 1981.

Radiation and Plant Response:

A new view. Beltsville Symposia in Agricultural Research (6), Strategies of Plant Reproduction.

Challa, H. en P.B. Brouwer, 1978. Effecten van temperatuur op de groei van komkommerplanten. Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek. Verslagen nr. 16.

Challa, H. and A.H.C.M. Schapendonk, 1984.

Quantification of effects of light reduction in greenhouses on yield. Acta Hort. 148. Energy in protected cultivation, III: 501-510.

Hillman, W.S., 1956. Injury of tomato plants by continuous light and unfavorable photoperiodic cycles. Am. J. Bot. 43, 89-96.

Hurd, R.G. and J.H.M. Thornley, 1974. An analysis of the growth of young tomato plants in water culture at different light integrals and CO₂ concentration. I. Physiological Aspect. Am Bot. 375-388.

Klapwijk, D., 1981. Effects of season and artificial light on the growth and development of young tomato plants.

Acta Hort. 128. Artificial lighting. 61-67.

Klapwijk, D. and C.F.M. Wubben, 1984. Light temperature and the first three inflorescences in greenhouse tomatoes.

Acta Hort. 148. Energy in protected cultivation. 925-931.

Klapwijk, D. and P.T.A.L. de Lint, 1975. Growth rates of tomato seedlings and seasonal radiation. Neth. J. Agric. Sci., 23: 259-268.

Kristofferson, T., 1963. Interactions of photoperiod and temperature in growth and development of young tomato plants.

Physiologia Pl. Suppl. 1, 1-18.

Nederhoff, E.N. R. de Graaf en S.A. Tooze, 1984

Lichtdoorlatenheid van het kasdek

G en F: 34-37.