

# Ontwikkelen en testen van een model voor vraaggestuurde productie in Kalanchoë

- proeven in klimaatcellen en in de praktijk
- ontwikkelen en testen van een model

Susana M.P. Carvalho<sup>2</sup>, Barbara Eveleens-Clark<sup>1</sup>, Menno J. Bakker<sup>2</sup> en Ep Heuvelink<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. Sector  
Glastuinbouw

<sup>2</sup> Wageningen Universiteit, Tuinbouw Productie Ketens  
December 2006

© 2006 Wageningen Universiteit Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Wageningen Universiteit en Research Centrum

Wageningen Universiteit en Research Centrum is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

PPO Publicatienr. 41313016

Ons dank gaat ook uit naar directie en personeel van Kwekerij Blommendale BV, Middelburg en ook uit naar de directie van Hans Kuilboer BV, Heerhugowaard.



Projectnummer: 41313016

<sup>1</sup> Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Sector Glastuinbouw

Adres : Kruisbroekweg 5, Naaldwijk  
: Postbus 5, 2670 AA Naaldwijk  
Tel. : 0174 - 636700  
Fax : 0174 - 636835  
E-mail : [info.ppo@wur.nl](mailto:info.ppo@wur.nl)  
Internet : [www.ppo.wur.nl](http://www.ppo.wur.nl)

<sup>2</sup> Wageningen University

Tuinbouw Productie Ketens  
Marijkeweg 22, Wageningen

# Inhoudsopgave

|   | Pagina |
|---|--------|
| SAMENVATTING.....   | 5      |
| 1 INLEIDING .....   | 8      |
| 2 EFFECTEN VAN LICHT EN TEMPERATUUR (KLIMAATCELLEN 2004) .....                        | 10     |
| 2.1 Opzet .....   | 10     |
| 2.2 Resultaten klimaatcellen; invloed van licht en temperatuur .....                  | 11     |
| 2.2.1 Plantlengte .....   | 11     |
| 2.2.2 Reactietijd .....   | 16     |
| 2.2.3 Aantal bloeiende zij scheuten .....   | 17     |
| 2.2.4 Percentage drooggewicht en ontwikkelingssnelheid van de bloemen.....            | 17     |
| 2.2.5 Aantal ontbrekende zij scheuten (lege bladoksels) .....                         | 18     |
| 2.2.6 Totaal vers- en drooggewicht.....   | 18     |
| 2.2.7 Relatie tussen aantal bloeiende zij scheuten en totaal plant drooggewicht ..... | 19     |
| 2.2.8 Metingen aan verschillende cultivars.....                                       | 20     |
| 2.2.9 Conclusies .....  | 21     |
| 2.3 Houdbaarheid.....   | 22     |
| 2.3.1 Experimentele opzet en waarnemingen.....  | 22     |
| 2.3.2 Resultaten en Discussie.....  | 22     |
| 2.3.3 Conclusies houdbaarheid.....  | 24     |
| 3 EFFECTEN VAN CULTIVAR EN POTMAAT .....  | 26     |
| 3.1 Achtergrond .....   | 26     |
| 3.2 Opzet van de experimenten praktijkbedrijf (2004-2005) .....                       | 26     |
| 3.3 Resultaten van de praktijkexperimenten .....                                      | 27     |
| 3.4 Conclusies .....  | 30     |
| 4 MODEL CALIBRATIE 'ANATOLE' .....  | 32     |
| 4.1 Data voor het model .....   | 32     |
| 4.2 Resultaten.....   | 32     |
| 4.3 Conclusie .....   | 38     |
| 5 CALIBRATIE EN VALIDATIE VAN HET MODEL VOOR ANDERE CULTIVARS (EN POTMATEN).....      | 40     |
| 5.1 Calibratie van het model naar andere cultivars .....                              | 40     |
| 5.2 Resultaten van de calibratie naar andere cultivars .....                          | 41     |
| 5.3 Validatie van het model voor andere potmaten .....                                | 43     |
| 6 DISCUSSIE .....   | 46     |
| 7 CONCLUSIES .....  | 47     |
| 8 LITERATUUR.....   | 50     |
| 9 PUBLICATIES EN PRESENTATIES .....   | 52     |
| BIJLAGE 1 – ANALYSE VAN DE HISTORISCHE GEGEVENS UIT DE PRAKTIJK .....                 | 54     |
| Resultaten .....  | 54     |
| Conclusies.....   | 58     |
| BIJLAGE 2 – EC EN PH VAN PRAKTIJKEXPERIMENTEN HOOFDSTUK 3 .....                       | 58     |

|  |    |
|--|----|
| BIJLAGE 3 – KLIMAATMETINGEN; HISTORISCHE DATA UIT DE PRAKTIJK..... | 60 |
| Opzet.....   | 60 |
| Resultaten .....   | 60 |
| Conclusies.....  | 62 |
| BIJLAGE 4 – DYNAMISCHE LENGTE METINGEN – 10.5 CM .....             | 63 |
| BIJLAGE 5 – DYNAMISCHE AANTAL INTERNODIA – 10.5 CM .....           | 66 |
| BIJLAGE 6 – DYNAMISCHE LENGTE METINGEN – 7 CM .....                | 68 |
| BIJLAGE 7 – DYNAMISCHE AANTAL INTERNODIA – 7 CM .....              | 71 |



## Samenvatting

De potplantenteelt is verregaand gemechaniseerd, maar de instrumenten voor een adequate planning en kwaliteitscontrole zijn nog niet voldoende geoptimaliseerd. Voor teeltplanning is het kunnen **voorspellen van de teeltduur (m.n. reactietijd)** van groot belang. Het **beheersen van de lengtegroei** is tevens belangrijk, want hier zijn strikte specificaties voor. Om compacte planten te telen worden remmiddelen toegepast, bij kalanchoe tot aan tien keer per teelt. Omdat deze chemicaliën duur zijn en niet milieuvriendelijk, is het belangrijk om alternatieve mogelijkheden voor lengtebeheersing te vinden. **Een gewasgroei-model met kwaliteitsaspecten daarin opgenomen** zou een belangrijk hulpmiddel kunnen zijn, want hiermee kan fysiologische kennis worden toegepast om kwantitatieve informatie in de teelt te verkrijgen.

In een voorgaande studie is een concept model voor planthoogte van *Kalanchoe blossfeldiana* ontwikkeld (Eveleens-Clark e.a., 2004). Om dit model te gebruiken als een basis voor een jaarrond beslissingsondersteunend systeem in de teelt van kalanchoë moet het geparameteriseerd en gevalideerd worden voor verschillende seizoenen en verschillende cultivars. Dit rapport beschrijft de werkzaamheden die hiervoor zijn uitgevoerd. De proeven zijn uitgevoerd in klimaatcellen van Wageningen Universiteit en op een kalanchoë bedrijf.

### *Resultaat klimaatcel*

In de klimaatcellen zijn wekelijks het aantal bladparen en de plantlengte gemeten en is de reactietijd vastgesteld. **De planten werden geteeld bij 16 verschillende condities**, combinaties van 4 lichtniveaus (60, 90, 140 en 200  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}$ ) en 4 temperaturen (18, 21, 23 en 26 °C). **De plantlengte** is opgedeeld in een vegetatieve en een generatieve lengte en beide zijn apart gemeten. De vegetatieve lengtetoeename ontstaat door bladafplitsing (vorming internodia) en door internodiumstrekking. De generatieve lengte neemt alleen toe door strekking. De effecten van de dagelijkse lichtsom en gemiddelde etmaaltemperatuur op de strekking en bladafplitsing zijn vastgelegd in formules. Met deze formules kan het model de toename van de plantlengte in de tijd voorspellen. Het effect van temperatuur op lengte was veel sterker dan het effect van licht. Het temperatuureffect was voornamelijk een effect op de vegetatieve lengte met de nadruk op een toename van de gemiddelde internodiumlengte met de temperatuur. **De reactietijd** was korter bij hogere lichtintensiteit en toonde een minimum bij 24 °C (cultivar 'Anatole'). De afname in reactietijd met temperatuur was veel sterker dan de effecten van lichtintensiteit (in de reeks gebruikt in dit experiment). De effecten van temperatuur en licht op de reactietijd zijn in formules vastgelegd. Ook de kwaliteit van de planten is beoordeeld. **Het aantal bloeiende zijscheuten** werd beïnvloed door temperatuur maar vooral door licht; er was een interactie tussen deze twee factoren. Licht had een veel sterker effect, want bij gelijke temperatuur was het aantal bloeiende zijscheuten meer dan twee keer zoveel bij hoog lichtniveau dan bij het lage lichtniveau. Temperatuur had het meeste effect bij laag lichtniveau met 40% minder zijscheuten bij 26 °C dan bij 18 °C.

### *Resultaat praktijkproef*

De praktijkproeven uitgevoerd in 2 seizoenen en twee potmaten met 8 cultivars hebben veel informatie gegeven. Wat betreft **de reactietijd**: deze is gemiddeld langer (8 dagen) in een 7 cm pot dan in 10.5 cm pot. Dit kan (deels) een gevolg van hogere plantdichtheid bij kleinere potmaat zijn. De reactietijd is sterk cultivar afhankelijk (in de 10.5 cm potmaat in de winter (plantweek 49) is de reactietijd van 'Toleda' 66 dagen en die van 'Mie' 74 dagen; in de zomer (plantweek 13) is dit 55 en 64 dagen) en in de zomer is de reactietijd in alle gevallen korter dan in de winter. De variatie in lengte tussen de cultivars was sterk afhankelijk van de gemiddelde lengte van de vegetatieve internodia, terwijl er geen relatie bestond tussen het aantal vegetatieve internodia en de vegetatieve lengte. Om planthoogte, en in het bijzonder vegetatieve lengte te beperken, ligt de nadruk op het beperken van de lengte van de vegetatieve internodia. De lengte van de vegetatieve internodia was gelijk in beide potmaten en de generatieve lengte was redelijk gelijk in de twee experimenten. De bijdrage van de generatieve lengte aan de totale plantlengte was cultivarafhankelijk, maar was groter voor planten geteeld in 7 cm potten hoewel de absolute generatieve lengte iets groter was voor planten geteeld in 10.5 cm potten.

### *Testen van het model*

De lengte van de planten en de reactietijd kunnen zeer goed voorspeld worden door het model onder constante omstandigheden. **Het modelleren van het aantal internodia en de strekking van elk van deze internodia geeft een goede weergave van de ontwikkeling van de lengte in de tijd. De reactietijd onder praktijkomstandigheden kon ook zeer goed voorspeld worden.** De generatieve lengte en het aantal internodia werden goed voorspeld, echter de totale vegetatieve lengte van de plant werd sterk onderschat door het eerste concept van het model ontwikkeld op basis van de resultaten in de klimaatcellen. De 24-uur schommelingen in temperatuur zoals die in de kas plaatsvinden en in de klimaatcel niet, hebben een groot effect op deze strekking, zowel de lengte van de internodia als de periode van strekken van de internodia. Voor de cultivar 'Anatole' waarop het praktijkmodel is gebaseerd, is voor de grotere internodiuumlengte een factor van 1.6 in de zomer gehanteerd en in de winter waarin de schommelingen een veel geringere rol spelen, een factor van 1.25. Ook is één van de parameters in de formule die de snelheid van de internodiumstrekking beschrijft, verlaagd zodat de strekkingsperiode van de internodia verlengd wordt in het praktijkmodel t.o.v. het klimaatcelmodel. Met deze aanpassingen is een goed werkend praktijkmodel gerealiseerd.

**Voor andere cultivars is een aanpassing van het praktijkmodel op een aantal cultivarspecifieke kenmerken noodzakelijk;** maximum gemiddelde vegetatieve internodium lengte, bladafsplittingsnelheid, generatieve lengte en reactietijd. Hierna is het praktijkmodel gevalideerd op dezelfde cultivars maar dan in een 7 cm potmaat.

In deze validatie is de voorspelde eindlengte en tevens de uiteindelijke vegetatieve en generatieve lengte in overeenstemming met de gemeten waarden. Vooral de ontwikkeling van het aantal internodia (waarop de lengte is gebaseerd) wordt goed voorspeld. De dynamische ontwikkeling van de lengte in de zomer in de 7 cm potmaat is ook goed voorspeld. Echter de voorspelde lengteontwikkeling in de winter toont wel een goede snelheid maar het start te snel. Dit kan een effect zijn van de zeer korte lange dag periode voor de planten in 7 cm pot.

**Dit model vormt een stevige basis voor een dynamische voorspelling van de lengteontwikkeling en de reactietijd van *Kalanchoe blossfeldiana*** omdat de input uit actuele licht- en temperatuurgegevens bestaat. De plantkenmerken die de lengtegroei bepalen (bladafsplitsing en maximum internodiuumlengte) zijn de basis voor het model. De effecten van temperatuur en licht op de reactiesnelheid zijn in dit model ingebouwd. In een vervolproef worden ook de effecten van EC op de lengte en reactietijd onderzocht en indien van toepassing in het model opgenomen.





# 1 Inleiding

De potplantenteelt is verregaand gemechaniseerd, maar de instrumenten voor een adequate planning en kwaliteitscontrole zijn nog niet voldoende geoptimaliseerd. Voor teeltplanning is het kunnen voorspellen van de teeltduur (m.n. reactietijd) van groot belang. De controle op lengtegroei is belangrijk, want hier zijn strikte specificaties voor. Om compacte planten te telen worden remmiddelen toegepast, bij Kalanchoë tot aan tien keer per teelt. Omdat deze chemicaliën duur zijn en niet milieuvriendelijk, is het belangrijk om alternatieve middelen te vinden om de hoogte te beheersen. Een gewasgroei-model met kwaliteit erin opgenomen zou een belangrijk hulpmiddel kunnen zijn, want hiermee kan fysiologische kennis worden toegepast om kwantitatieve informatie in de teelt te verkrijgen.

In een voorgaande studie is een concept model voor planthoogte van *Kalanchoe blossfeldiana* ontwikkeld (Eveleens-Clark e.a., 2004). Om dit model te gebruiken als een basis voor een jaarrond beslissingsondersteunend systeem in de teelt van Kalanchoë moet het gevalideerd worden voor verschillende seizoenen en verschillende cultivars. Dit rapport beschrijft de werkzaamheden die hiervoor zijn uitgevoerd. De proeven zijn uitgevoerd op Kalanchoë bedrijven en in klimaatcellen. Tevens zijn historische gegevens van plantmetingen en klimaat gebruikt die verzameld werden op een teeltbedrijf (zie bijlagen 1 en 3).

Vanaf april 2004 is een aantal proeven uitgevoerd om tot een werkend model voor het voorspellen van de reactietijd en de externe kwaliteit van *Kalanchoe blossfeldiana* te komen. De proeven kunnen opgedeeld worden in wetenschappelijke proeven gericht op het bouwen van het model (hoofdstuk 2) en proeven die uitgevoerd werden onder praktijkomstandigheden om metingen te verzamelen om het model te testen en om het uit te breiden naar andere cultivars en potmaten (hoofdstuk 3). Hoofdstuk 4 omschrijft het ontwikkelen van het model voor de cultivar 'Anatole' en in hoofdstuk 5 wordt dit model aangepast en getest op andere cultivars en potmaten.

Sectie 2.4 geeft informatie over de houdbaarheid van de planten uit de klimaatcellen proef (hoofdstuk 2).

|           | <b>maart 2004</b>         | <b>juli 2004</b>               | <b>oktober 2004</b>               | <b>november 2004</b> | <b>december 2004</b>               | <b>april 2005</b>                  | <b>augustus – juli 2006</b>              |
|-----------|---------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|----------------------|------------------------------------|------------------------------------|--|
| Proeven   |                           | Proef Klimaatcellen Wageningen | Houdbaarheidsproef Aalsmeer       |                      | Start 1 <sup>e</sup> praktijkproef | Start 2 <sup>e</sup> praktijkproef |  |
| Modelbouw | Ontwerp Conceptueel model |                                | Analyse gegevens klimaatcel proef |                      | Analyse gegevens praktijkproef     | Analyse gegevens praktijkproef     | Analyse gegevens praktijkproef Modelbouw |



## 2 Effecten van licht en temperatuur (klimaatcellen 2004)

### 2.1 Opzet

**Ras en ingestelde behandelingen** - Voor deze proeven is de cultivar *Kalanchoe blossfeldiana* 'Anatole' gekozen, omdat deze weinig tot niet geremd hoeft te worden. 1800 Onbewortelde stekken afkomstig van Kwekerij Blommendale te Middelburg waren op 8 juli 2004 geplant in 10.5 cm potten. De beworteling vond plaats in kassencomplex 'De Haaff', Wageningen op 99 potten per m<sup>2</sup>, beworteld bij 20 °C, met een natuurlijke lange dag en CO<sub>2</sub>-niveau, en geschermd boven 250 W m<sup>-2</sup>. Er is schoon water gegeven. Na 14 dagen werden ze in 4 klimaatcellen elk met een constante temperatuur (18, 21, 23 en 26°C) en een RV van 76, 80, 83 en 86% zodat in elke cel een constante VD van 0.5 kPa ontstaat. In de cellen werd de langedag periode gerealiseerd door de lampen van 8 uur tot 2 uur te laten branden. Tijdens de korte dag werden de planten van 8 tot 18 uur belicht. In elke klimaatcel waren de tafels afgedekt met schermen (Fig. 1) zodat er vier lichtniveaus per cel gerealiseerd werden: controle 100% (200 μmol.m<sup>-2</sup>.s), 70% (140 μmol.m<sup>-2</sup>.s), 45% (90 μmol.m<sup>-2</sup>.s) en 30% (60 μmol.m<sup>-2</sup>.s). Door de combinatie van 4 temperaturen en 4 lichtniveaus zijn 16 behandelingen gerealiseerd.



Fig. 1 – Schermen zoals gebruikt in de klimaatcellen.

Deze niveaus komen overeen met de lichtniveaus tijdens de korte- en langedag (KD, LD) behorende bij verschillende plantdata: 100% komt overeen met planten in week 30, 70% met planten in week 33, 45% met planten in week 41 en 30% komt niet overeen met een praktijk voorbeeld (Fig. 2). Tijdens de LD stonden de planten met een dichtheid van 99 potten per m<sup>2</sup>; tijdens de KD was dit 43 potten per m<sup>2</sup>. Voeding werd handmatig gegeven. Na bloemstadium 3 werd de EC verlaagd van 1.7 tot 1.5. Alle cellen werden met buitenlucht geventileerd en het CO<sub>2</sub>-niveau was gelijk aan het niveau in de buitenlucht (circa. 350ppm). De proef is in duplo uitgevoerd met tweemaal zelfde lichttrap per cel.

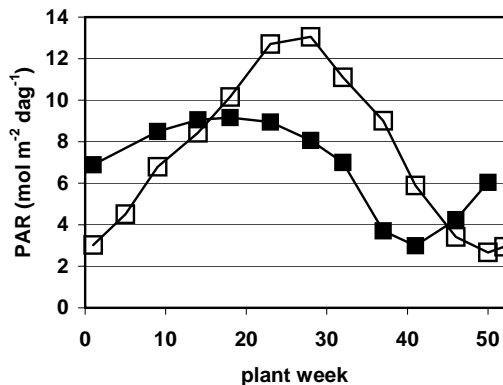


Fig. 2. Gemiddelde dagelijkse lichtsom tijdens de lange (□) en korte (■) dag periode in mol m<sup>-2</sup> per dag in de praktijk over het jaar (gebaseerd op gegevens afkomstig van Kwekerij Blommendale). Hiermee kan een vergelijking van de proefomstandigheden in de klimaatcellen gemaakt worden met praktijkomstandigheden.

**Waarnemingen** - Twee keer per week werden niet-destructieve metingen uitgevoerd aan 5 gelabelde planten per veld. Vegetatieve en generatieve lengte, aantal internodia, aantal zij scheuten en bloeistadia zijn genoteerd. Het effect van het steeds aanraken van de planten werd onderzocht door de gemeten planten te vergelijken met 5 niet gemeten planten.

Destructieve metingen zijn 4 keer uitgevoerd: voor beworteling, na beworteling (start behandelingen), bij de start korte dag en bij de eindoogst. Hiervoor zijn voor metingen (1), (2) en (3) lengte, aantal internodia, aantal zij scheuten, bladoppervlak hoofd- en zij scheut gemeten. Vers- en drooggewicht van de steel, de bladeren aan de hoofdscheut en van de stelen en bladeren van de zij scheuten werden gemeten. Voor de eindoogst zijn 320 planten gemeten als de hoofdbloem drie open bloemen toonde. De oogstdata zijn verschillend omdat deze afhangt van de verschillende ontwikkelingssnelheid tussen de behandelingen. Naast de genoemde destructieve metingen zijn ook bloemhoogte, plantbreedte, aantal bloeiende zij scheuten en aantal open bloemen genoteerd.

**Extra waarnemingen.** Onder praktijkomstandigheden zijn lengtemetingen aan 20 kalanchoë cultivars uitgevoerd. Deze planten maakten deel uit van bloei- en sortimentsproeven bij Fa. Kuilboer in Heerhugowaard en zijn gemeten om de verschillen in lengte tussen een groot assortiment cultivars te onderzoeken. Deze cultivars waren gekozen omdat ze een groot verschil in lengte hadden. Onbewortelde stekken van deze 20 kalanchoë cultivars ('Pandora', 'Soul', 'Patty', 'Arina', 'Elaine', 'Debbie', 'Anatole', 'Bess', 'Amy', 'Mie', 'Red Jacqueline', 'Purple Jacqueline', 'Fame', 'Jane', 'Dicte', 'First star', 'Tenorio', 'Riet', 'Samba', 'Alexandra') van verschillende vermeerderders waren geplant op 18 maart 2004. De planten waren niet geremd, en ze hadden allemaal in deze proef een reactietijd van rond de 65 dagen. Alle cultivars kregen een lange dag periode van 26 dagen en de metingen werden uitgevoerd aan één representatieve plant per cultivar. Temperatuur en lichtniveaus zijn gedurende de proef gemeten.

## 2.2 Resultaten klimaatcellen; invloed van licht en temperatuur

Hier worden de hoofdeffecten van temperatuur en licht en eventuele interactie op de plant in de klimaatcellen zoals gemeten bij de eindoogst beschreven. De gevonden relaties zijn gebruikt om gedeeltes van het model te bouwen.

### 2.2.1 Plantlengte

Licht en temperatuur vergroten de totale lengte van de plant op het moment van afleveren. Plantlengte is gevoeliger voor temperatuur dan voor licht. Planten gekweekt bij 26°C waren 60% langer dan planten gekweekt bij 18°C (figuur 3), terwijl planten gekweekt bij 200 μmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup> (in Figuur 3: 100% licht intensiteit)

slechts 12% langer waren dan planten gekweekt bij  $60 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  (in figuur 3: 30% lichtintensiteit). Aan het begin van de KD-periode had alleen temperatuur een positieve lineaire invloed op de lengte. Totale lengte was in op dat moment alleen nog de vegetatieve lengte, dus zonder bloemstelen.

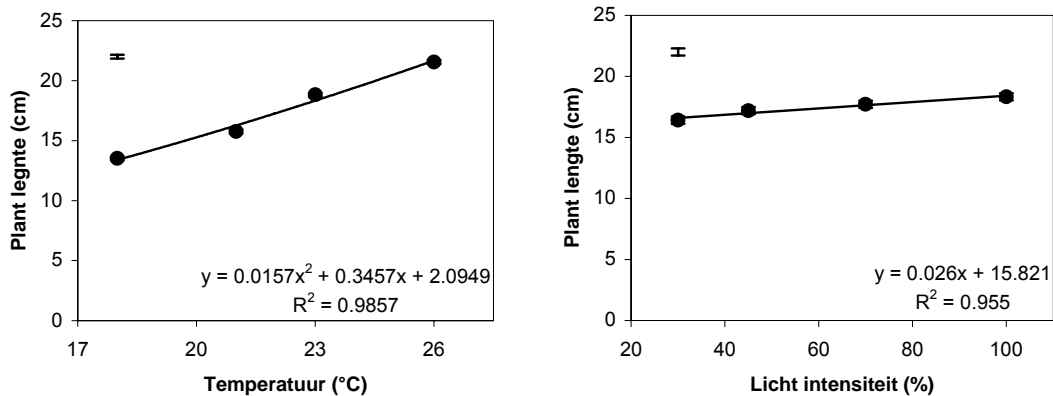


Fig. 3. Het effect van temperatuur (A) en licht (B) op plantlengte op het moment van afleveren

Om de effecten van temperatuur en licht op de lengte van de plant beter te kunnen begrijpen is het nodig om lengte onder te verdelen in aantal vegetatieve internodia, gemiddelde vegetatieve internodiumlengte en de generatieve lengte.

De lengte van een Kalanchoë plant is opgebouwd uit een vegetatief en een generatief gedeelte (Fig. 4). Internodia in het vegetatieve deel van de plant zijn vrij constant in eindlengte en tonen een constante strekkingssnelheid bij constante omstandigheden tijdens de groei (Fig. 5). Deze vegetatieve internodia zijn gevormd tijdens de lange dag periode en groeien uit in de LD-periode en in ongeveer de eerste 3 weken van de KD-periode. Deze uitgroei is afhankelijk van de cultivar en de omstandigheden. De generatieve internodia beginnen zich te ontwikkelen na deze periode en die onderscheiden zich door een snelle strekkingssnelheid en een ongelijke eindlengte (figuur 5). Deze conclusies zijn getrokken na proeven uitgevoerd in Aalsmeer en Horst (Eveleens et al. , 2004).

Een hogere temperatuur geeft langere internodia door meer strekking en geeft een snellere bladafplitsing wat resulteert in meer internodia.

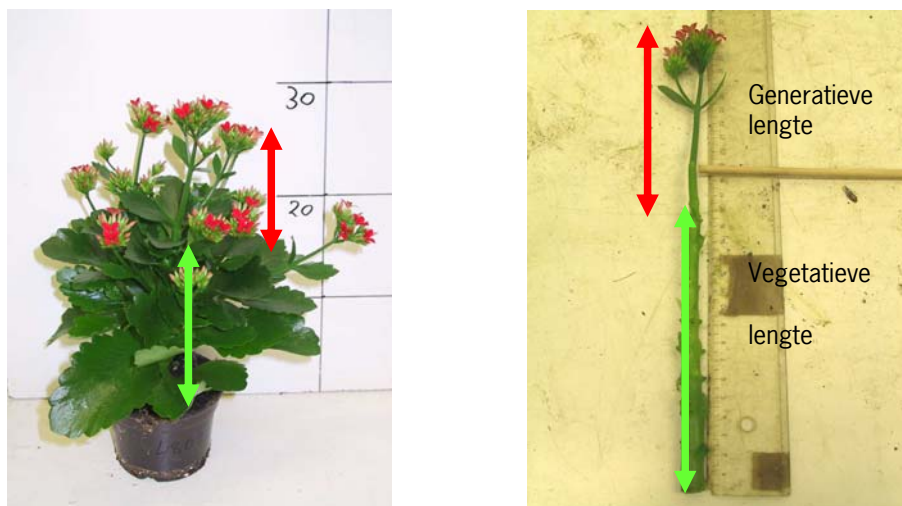


Fig. 4 – Een Kalanchoë plant bij oogst (links) en kale hoofdscheut (rechts). De laagste pijl in beide foto's geeft de vegetatieve lengte aan; de bovenste pijl geeft de generatieve lengte van de plant aan.

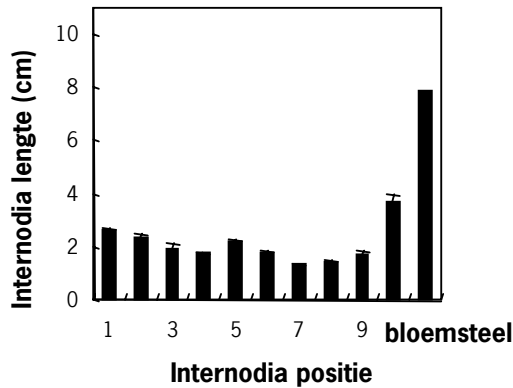


Fig. 5 – Het effect van internodium positie op de eindlengte van de internodia.

Het effect van licht op totale lengte was alleen zichtbaar vanaf 26 dagen (10 dagen in korte dag periode) (bv in Fig. 6 voor 23°C). De strekkingssnelheid van de planten (helling van de totale planthoogte in de tijd) is beïnvloed door zowel licht als temperatuur, hoewel temperatuur het meeste effect heeft. Als de temperatuur verhoogd wordt van 18°C naar 26°C, verdubbelt de strekkingssnelheid, ongeacht lichtniveau. Als het licht verhoogd wordt van 60 tot 200  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , is de strekkingssnelheid 1.5 keer zo hoog.

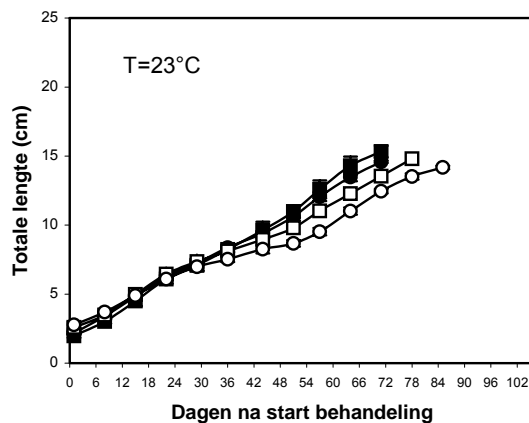


Fig. 6 – Gemiddelde lengteontwikkeling van de Kalanchoë bij 23°C. Symbolen representeren lichtniveau's van: ○ 30%, □ 45%, ● 70% and ■ 100%.

De vegetatieve lengte uitgezet tegen de tijd (Fig. 22) volgde een S-curve en de effecten van temperatuur en licht waren vergelijkbaar met de effecten op totale lengte omschreven in de vorige alinea.

Ontwikkeling van de bloemen (bloeistadia) werd positief beïnvloed door licht en temperatuur. Binnen alle temperatuur behandelingen was de start van de ontwikkeling positief beïnvloed door licht maar de snelheid van de ontwikkeling was gelijk bij gelijke temperatuur.

**Aantal vegetatieve internodia** - Temperatuur had een positief effect op het aantal vegetatieve internodia terwijl licht hierop geen significante invloed heeft (Fig. 7). Het aantal vegetatieve internodia bij 26°C was 31% hoger dan bij 18°C. Op het aantal internodia bij 23°C heeft licht een positief effect (Fig. 8) en dit was ook het geval bij de overige temperaturen. Op het uiteindelijke aantal internodia is geen verschil tussen de lichtbehandelingen, alleen op de snelheid van formatie. Temperatuur heeft ook een positief effect op de formatie van de vegetatieve internodia en dus op de bladafplitsingssnelheid. In Fig. 9 is het gecombineerde licht en temperatuur effect gepresenteerd.

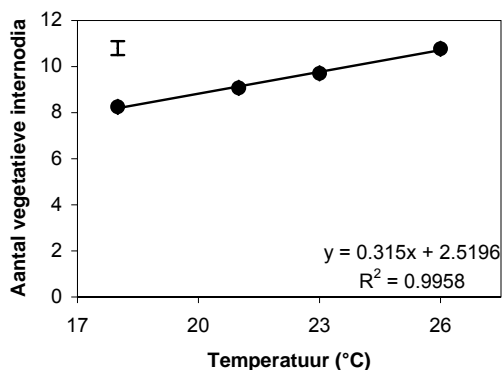


Fig. 7 – Het effect van temperatuur op aantal vegetatieve internodia aan het eind van de proef.

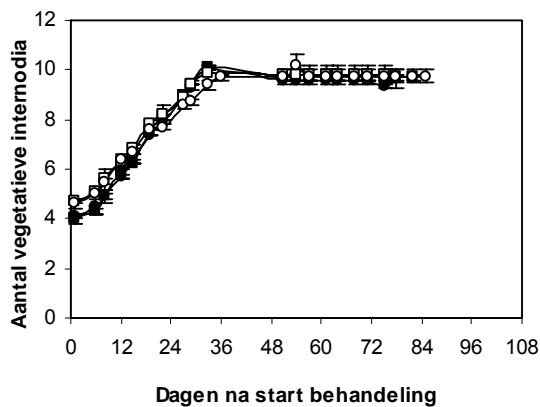


Fig. 8 – Gemiddelde aantal vegetatieve internodia van de Kalanchoë in bij 23°C. Symbolen representeren lichtniveau's van: ○ 30%, □ 45%, ● 70% and ■ 100%.

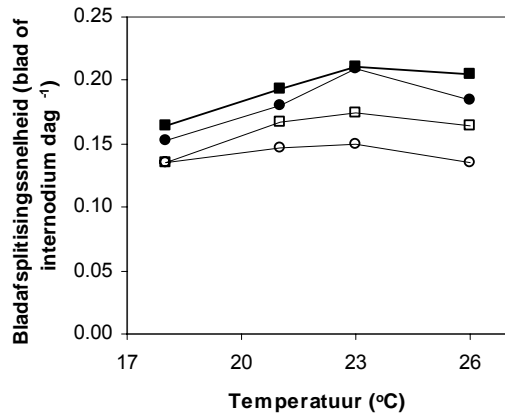


Fig. 9 – Gemiddelde aantal vegetatieve internodia gevormd door Kalanchoë. Symbolen representeren lichtniveau's van: ○ 30%, □ 45%, ● 70% and ■ 100%.

**Vegetatieve internodiuimlengte** – De gemiddelde internodiuimlengte werd significant beïnvloed door temperatuur en licht. Temperatuur had een kwadratisch effect met procentueel meer strekking in het gebied 24°C tot 26°C dan van 18°C tot 20°C. Het effect van licht op de internodiuimlengte verliep lineair en was minder sterk (Fig. 10).

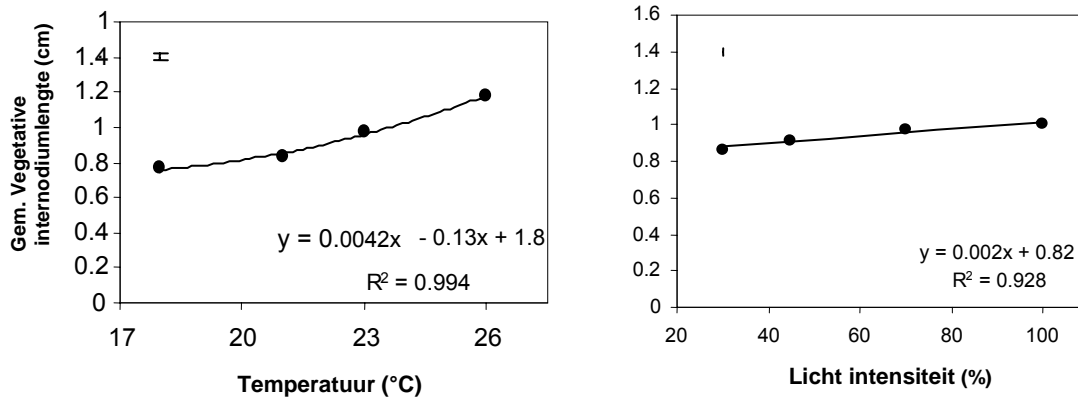


Fig. 10 – Het effect van temperatuur (links) en licht intensiteit (rechts) op gemiddelde vegetatieve internodiuimlengte.

**Generatieve lengte** - De gemiddelde generatieve lengte (de lengte van de bloemsteel) bleek afhankelijk van de temperatuur, maar werd niet beïnvloed door licht. In dit experiment gaf 23.8°C een maximum generatieve lengte van 6 cm (Fig. 11). Dit werd veroorzaakt door een temperatuureffect op het aantal internodia: een verhoging van 18°C naar 26°C verhoogt het aantal generatieve internodia van 2 naar 2.8 (Fig.12). Er werd geen effect van temperatuur gevonden op de generatieve internodiuimlengte. De toename van de generatieve lengte is berekend als generatieve strekkingssnelheid. Hier is de lengte niet opgedeeld in internodia afsplitsingsnelheid en gemiddelde internodia lengte. Onder de temperaturen 21-26°C werd een maximale waarde niet bereikt, terwijl bij 18°C de totale lengteontwikkeling een plateau bereikte. Licht had een belangrijk effect op de strekkingssnelheid omdat de start van de strekking eerder begon bij hogere lichtintensiteit. Een gedeelte van dit verschil was niet meer zichtbaar bij de eindogst omdat de planten gekweekt onder lagere lichtintensiteit een langere reactie tijd hadden en daardoor later waren geoogst.



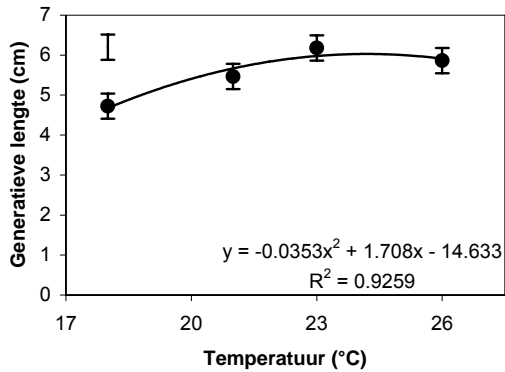


Fig. 11 – Het effect van temperatuur op de gemiddelde generatieve lengte.

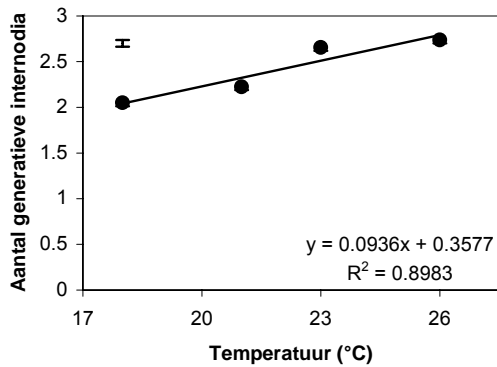


Fig. 12 – Het effect van temperatuur op aan het aantal generatieve internodia.

## 2.2.2 Reactietijd

In deze experimenten was het aantal lange dagen voor alle behandelingen gelijk. De tijd tussen planten en bloei was dus alleen afhankelijk van het effect van de behandelingen op de reactietijd (het tijdsverloop tussen start KD en tijdstip bloei). Zowel licht als temperatuur had een kwadratisch effect op de reactietijd (fig 13). Planten gekweekt bij  $200 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  bloeiden 12 dagen eerder dan planten bij  $60 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ . Dit effect is minder bij hoge lichtniveaus want 20% minder licht van 200 naar 160 vertraagt de reactietijd bij 3 dagen, terwijl onder een lager lichtniveau 20% minder licht een vertraging geeft van 6 dagen. De reactietijd wordt drastisch verkort door de temperatuur te verhogen in het gebied  $18^\circ\text{C}$  tot  $24.4^\circ\text{C}$  (van 82 naar 63 dagen). Een gemiddelde temperatuur boven de  $24.4^\circ\text{C}$  veroorzaakt een langere reactietijd.

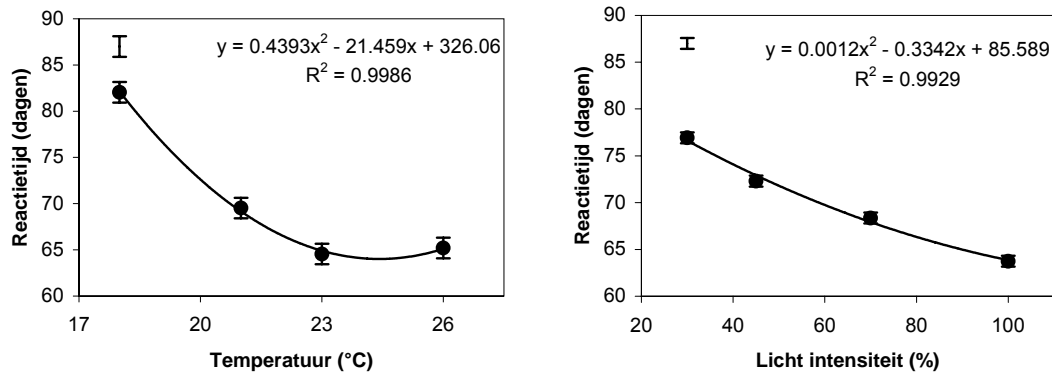


Fig. 13 – Het effect van temperatuur (links) en lichtintensiteit (rechts) op de reactietijd in dagen.

Een regressieformule voor reactietijd waarin lichtintensiteit (L) en temperatuur (T) gecombineerd zijn is gebruikt in het gewasmodel.

### 2.2.3 Aantal bloeiende zijscheuten

Het aantal bloeiende zijscheuten (afkomstig vanuit de bladoksels op de hoofdscheut) varieerde in de gehele proef tussen 6 en 24 (Fig. 14) en werd significant beïnvloed door een interactie tussen licht en temperatuur. Licht had een veel sterker effect, want bij gelijke temperatuur behandelingen was het aantal bloeiende zijscheuten meer dan twee keer zoveel bij hoog lichtniveau dan bij het lage lichtniveau. Temperatuur had het meeste effect bij laag lichtniveau met 40% minder zijscheuten bij 26°C dan bij 18°C.

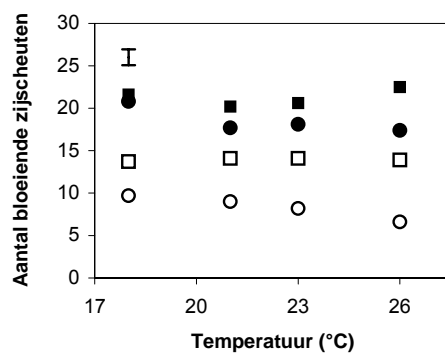


Fig. 14 – Het effect van temperatuur en licht op het aantal bloeiende zijscheuten. De verticale lijn geeft de LSD waarde weer (1.872). Symbolen geven het lichtniveau aan: ○ 30%, □ 45%, ● 70% and ■ 100%.

### 2.2.4 Percentage drooggewicht en ontwikkelingssnelheid van de bloemen

Het percentage drooggewicht van de bloemen ( $TDM_f$ ) ten opzichte van totaal drooggewicht (TDM) werd positief beïnvloed door licht maar negatief door temperatuur (Fig. 15). Er was ook een interactie tussen licht en temperatuur omdat er een positief effect van licht bij laag temperatuur was; de bloeischermen aan planten gekweekt bij 18°C onder  $200 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  waren bijna twee keer zo zwaar als onder  $60 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  terwijl bij 26°C er slechts een klein verschil in het percentage drooggewicht van de bloem zichtbaar was. Deze planten zijn sneller rijp en hebben over het algemeen minder assimilaten beschikbaar voor de bloemen. Ontwikkeling van de bloemen (bloeistadia) werd positief beïnvloed door licht en temperatuur. Binnen alle temperatuur behandelingen werd de start van de ontwikkeling positief beïnvloed door licht maar de snelheid van de ontwikkeling was gelijk bij gelijke temperatuur.

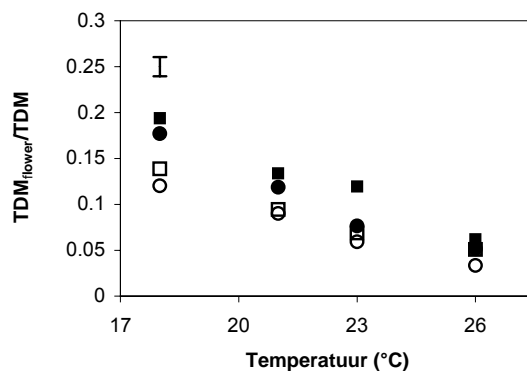


Fig.15 – Het effect van licht en temperatuur op de Flower Mass Ratio ( $TDM_{flower}/TDM$ ). Symbolen geven lichtniveau aan: ○ 30%, □ 45%, ● 70% and ■ 100%.

### 2.2.5 Aantal ontbrekende zijscheuten (lege bladoksels)

Het percentage ontbrekende zijscheuten was significant beïnvloed door licht en temperatuur (figs. 16). Een hogere temperatuur veroorzaakte een hoger aantal ontbrekende zijscheuten. Licht heeft een sterk effect op het aantal ontbrekende zijscheuten, een verhoging van 60 tot 200  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  verlaagde het percentage ontbrekende zijscheuten van 44% tot 2%.

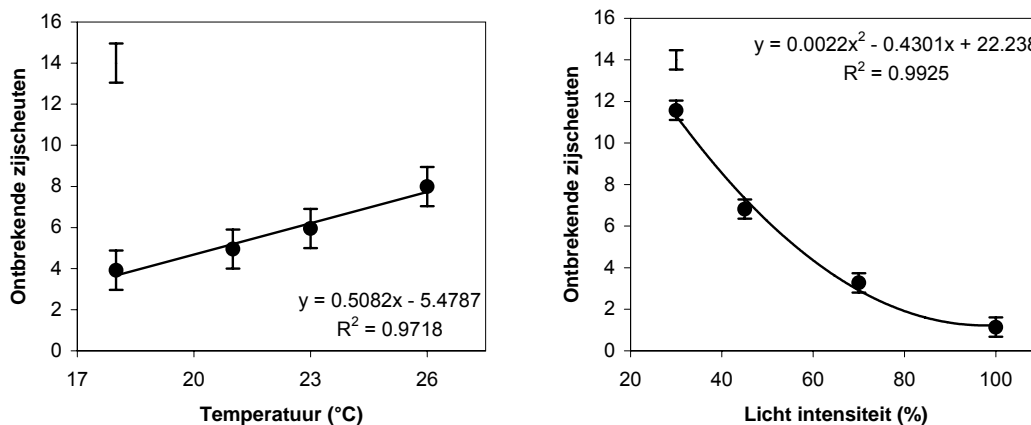


Fig. 16 – Het effect van temperatuur (links) en licht intensiteit (rechts) op het aantal ontbrekende zijscheuten.

### 2.2.6 Totaal vers- en drooggewicht

Totaal bovengrondse vers- (TFM) en totaal drooggewicht (TDM) waren allebei significant beïnvloed door temperatuur en licht (Tabellen 1 en 2). Alleen bij 26°C hadden de planten 10% minder drooggewicht dan bij de andere temperaturen. Licht had een sterk effect over de hele reeks met het hoogste vers- en drooggewicht bij 200  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ .

Tabel 1. Totaal bovengrondse vers- en drooggewicht als functie van temperatuur. Verschillende letters tonen significante verschillen aan (vergelijking in rijen).

|     | 18°C               | 21°C                | 23°C                | 26°C               | F prob. | LSD  |
|-----|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------|------|
| TFM | 118 <sup>bcd</sup> | 119.4 <sup>cd</sup> | 120.2 <sup>d</sup>  | 104.1 <sup>a</sup> | 0.014   | 7.19 |
| TDM | 5.75 <sup>c</sup>  | 5.54 <sup>cd</sup>  | 5.44 <sup>bcd</sup> | 5.01 <sup>a</sup>  | 0.04    | 0.41 |

Tabel 2. Totaal bovengrondse vers- en drooggewicht als functie van licht. Verschillende letters tonen significante verschillen aan (vergelijking in rijen).

|     | 30%               | 45%               | 70%                | 100%               | F prob. | LSD  |
|-----|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|---------|------|
| TFM | 69,1 <sup>a</sup> | 96,7 <sup>b</sup> | 129,7 <sup>c</sup> | 166,3 <sup>d</sup> | <0.001  | 9,24 |
| TDM | 2,93 <sup>a</sup> | 4,39 <sup>b</sup> | 6,08 <sup>c</sup>  | 8,33 <sup>d</sup>  | <0.001  | 0,39 |

## 2.2.7 Relatie tussen aantal bloeiende zij scheuten en totaal plant drooggewicht

De relatie tussen het aantal bloeiende zij scheuten per plant en het totaal bovengrondse drooggewicht per plant (Fig. 17). Planten gekweekt bij hoge lichtniveaus hadden meer bloeiende zij scheuten per plant, ongeacht de temperatuur. Dit effect was ook zichtbaar bij het drooggewicht; drooggewicht geeft aan hoeveel bloeiende zij scheuten gevormd worden. In deze proef is een maximum aantal bloeiende zij scheuten bereikt bij een drooggewicht van 9.1 g plant<sup>-1</sup>.

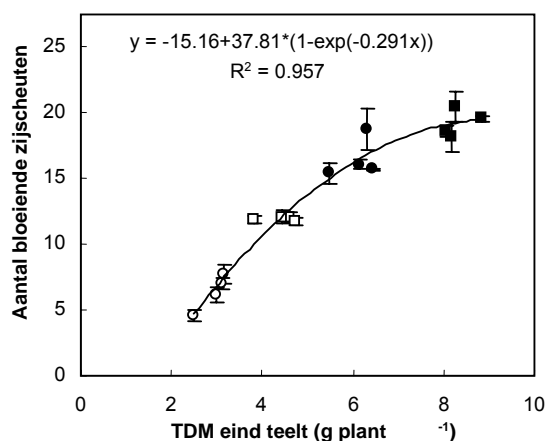


Fig. 17 – De relatie tussen totaal bovengronds drooggewicht (TDM) en het aantal bloeiende zij scheuten. Lichtniveau's: ○ 30%, □ 45%, ● 70% and ■ 100%. Per lichtniveau zijn de 4 symbolen voor de 4 temperaturen identiek.

## 2.2.8 Metingen aan verschillende cultivars

De plantlengte varieert tussen 10 cm ('Pandora') en 32 cm ('Alexandra'). De variatie tussen de verschillende cultivars kon worden verklaard door de variatie in zowel vegetatieve als generatieve lengte (Fig. 18).

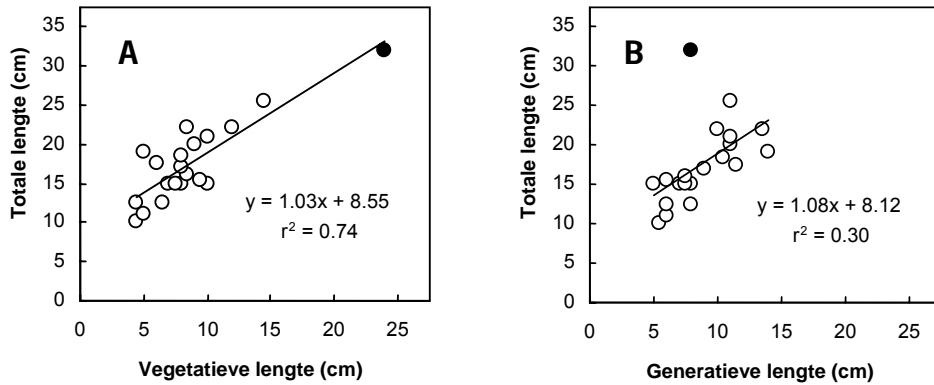


Fig 18 – Het verband tussen vegetatieve lengte (A) and generatieve lengte (B) en de totale plantlengte van twintig Kalanchoë cultivars (Exp. 2). Dichte cirkel = Alexandra.

De ratio tussen vegetatieve en generatieve lengte was niet constant en varieert tussen 0.4 ('Jane') en 3.0 ('Alexandra'). De vegetatieve lengte is opgebouwd uit een aantal internodia en een gemiddelde internodiuumlengte. Gemiddelde internodiuumlengte was sterk afhankelijk van de cultivar en varieert tussen 5 ('Jane') en 11 ('Bess') vegetatieve internodia (Fig. 19). De lengte van de lange dag periode was gelijk voor alle cultivars en de stekken hadden bij aanvang van de teelt ongeveer een gelijk aantal internodia. Dit betekent dat de bladafplitsingsnelheid zeer verschillend is tussen de cultivars.

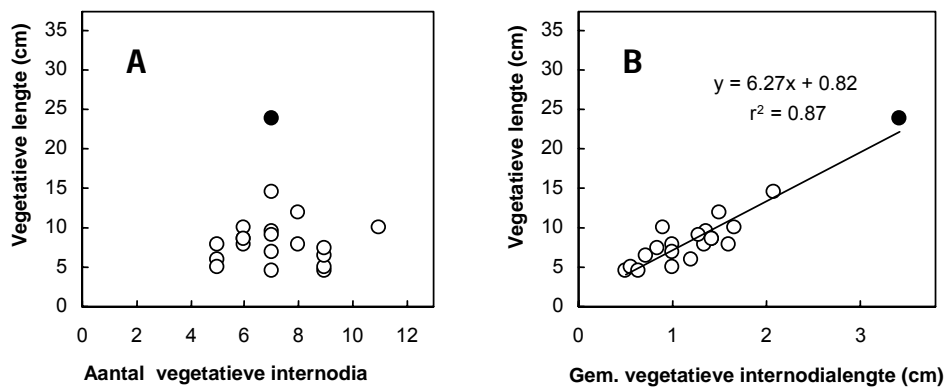


Fig. 19 – Het verband tussen het aantal vegetatieve internodia (A), de gemiddelde internodiuumlengte (B) en de vegetatieve lengte aan het eind van de teelt van 20 Kalanchoë cultivars. Dichte cirkel = Alexandra.

Het verschil in de gemiddelde internodiuumlengte tussen de cultivars was ook groot, met een minimum van 0.5 cm ('Pandora') en een maximum van 3.5 cm ('Alexandra'). De variatie in lengte was sterk afhankelijk van de gemiddelde lengte van de vegetatieve internodia (Fig. 19B), terwijl er geen relatie bestond tussen het aantal vegetatieve internodia en de vegetatieve lengte (Fig. 19A). Een vergelijkbaar resultaat was er ook als de totale planthoogte uitgezet werd tegen de gemiddelde internodiuumlengte en het aantal internodia. Zie verder hoofdstuk 3.

## 2.2.9 Conclusies

**De plantlengte** bij het begin van de korte dag periode was alleen positief beïnvloed door temperatuur. Aan het eind van het experiment was de lengte beïnvloed door temperatuur en licht. De lengte nam kwadratisch toe met de temperatuur. Het effect van temperatuur op lengte was veel sterker dan het effect van licht op lengte. Het temperatuureffect was voornamelijk een toename in vegetatieve lengte met de nadruk op de toename in gemiddelde internodia lengte. Voorspelling van lengte kan afzonderlijk van gewasfotosynthese gedaan worden.

**De variatie in lengte tussen de cultivars** gevonden bij metingen in de praktijk was sterk afhankelijk van de gemiddelde lengte van de vegetatieve internodia, terwijl er geen relatie bestond tussen het aantal vegetatieve internodia en de vegetatieve lengte. Om planthoogte, en in het bijzonder vegetatieve lengte te beperken, ligt de nadruk in het beperken van de lengte van de vegetatieve internodia.

**De reactietijd** was korter bij hogere lichtintensiteit en toonde een minimum bij 24° C. De kwadratische verlaging van de reactietijd met temperatuur was veel sterker dan effecten van lichtintensiteit.

**Bloemkenmerken.** Het aantal bloeiende zij scheuten was beïnvloed door temperatuur maar vooral door licht; er is een interactie tussen deze twee factoren. Licht had een veel sterker effect, want bij gelijke temperatuur was het aantal bloeiende zij scheuten meer dan twee keer zoveel bij hoog lichtniveau dan bij het lage lichtniveau. Temperatuur had het meeste effect bij laag lichtniveau met 40% minder zij scheuten bij 26°C dan bij 18°C.

De bloeischermen aan planten gekweekt bij 18°C onder 200  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  waren bijna twee keer zo zwaar als onder 60  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  terwijl bij 26°C er slechts een klein verschil in het percentage drooggewicht van de bloem zichtbaar was. Het drooggewicht van de bloem was beïnvloed door zowel de temperatuur als de lichtintensiteit, met een sterke verlaging bij hogere temperatuur en een verhoging bij hogere lichtintensiteiten.

**De relatie tussen bloeiende zij scheuten en totaal drooggewicht** kon worden weergegeven als verzadigingscurve. Daarom is een voorspelling van aantal bloeiende zij scheuten mogelijk via een fotosynthetisch groei model voor drooggewicht.

## 2.3 Houdbaarheid

Deze proef is opgezet om de effecten van de teeltomstandigheden (temperatuur en lichtniveau) op de houdbaarheid van *Kalanchoe blossfeldiana* 'Anatole' te bepalen.

### 2.3.1 Experimentele opzet en waarnemingen

De planten uit de cellen (zie 2.1) werden in stadium 11 (Lets Grow: 4-8 open bloemen zichtbaar) per behandeling en per blok van Wageningen naar Aalsmeer getransporteerd en gedurende 1 week in een transport simulatie gezet (op karren in trays) bij 15°C, 70% RV, 24-uur donker. Daarna zijn ze in een uitbloeiruimte op eb en vloed tafels gezet met 20°C dag/nacht, 60% RV, 12-uur daglengte bij 14  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  licht. De planten kregen regenwater, zonder extra voeding, naar behoefte. Bij start en eind van de transportsimulatie is het aantal open bloemen geteld. In de uitbloeiruimte bleven de planten staan totdat de bovenste bloem van het bloemschermbloem uitgebloeid was, of als het bloemschermbloem uit elkaar viel. Op dat moment werden de planten beoordeeld op percentage open bloemen, kwaliteit bloemschermbloem (of het bloemschermbloem uit elkaar viel) en de kleur van de bloemen (mate van vaalheid). De lengte toename van het generatieve deel (mate van rekken) en het lengteverschil tussen hoofdbloem en bloeiende zijscheuten zijn gemeten. De kwantitatieve metingen (dagen houdbaarheid, lengte generatieve deel en lengte tussen de hoofdbloem en de bloeiende zijscheuten) zijn statistisch getoetst, de overige metingen zijn kwalitatief en niet getoetst.

### 2.3.2 Resultaten en Discussie

De gemiddelde temperaturen in de klimaatcellen waren 18°C, 21°C, 23°C and 26°C. Het vocht deficit gerealiseerd in de cellen was 0.74 – 0.81 gelijk aan een RV in de cellen van 64% (18°C), 67% (21°C), 72% (23°C) and 76% (26°C).

Tijdens de transportsimulatie zijn slechts enkele nieuwe bloemen geopend (resultaten niet gepresenteerd). De houdbaarheid is het beste bij de planten opgekweekt onder 23 °C en is significant korter bij de planten opgekweekt bij 18 °C (Tabel 3). Het effect van de lichtbehandelingen was niet significant. De kleine verschillen tussen de lichtbehandelingen in het strekken van de bloemstelen tijdens de houdbaarheidsfase zijn niet significant (Tabel 4). De hogere temperaturen veroorzaakt meer strekking (Tabel 4). Bij aankomst van de planten in Aalsmeer was het zichtbaar dat teelt bij hogere lichtniveau's plattere bloemschermen geeft. Tijdens de houdbaarheidstest nam het verschil in lengte tussen de hoofdbloemknop en de bloeiende zijscheuten af (Tabel 5). Alleen de temperatuur heeft een effect op de afname van het verschil tussen de hoofdbloemknop en bloeiende zijscheuten. Hoe hoger de opkweektemperatuur, hoe groter de afname. Bij 26 °C strekken de zijscheuten sneller door dan de hoofdscheut. Bij 18 °C is er geen verandering in de afstand tussen de hoofdscheut en de bloeiende zijscheuten.

Tabel 3 - De effecten van licht en temperatuur in de teelt op houdbaarheid na 1 week transport simulatie.

| Houdbaarheid (dagen)         | Lichthoeveelheid ( $\mu\text{mol.m}^{-2} .\text{s}^{-1}$ ) |                          |                         |                         | Gem. per temperatuur |
|------------------------------|--|--------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------|
| Gem. temperatuur °C          | 60   | 90                       | 140                     | 200                     |                      |
| 18                           | 28.4   | 31.2                     | 32.2                    | 29.5                    | 30.3 <sup>a</sup>    |
| 21                           | 36.2   | 33.7                     | 37.2                    | 33.9                    | 35.2 <sup>b</sup>    |
| 23                           | 41.2   | 39.7                     | 39.4                    | 37.8                    | 39.5 <sup>c</sup>    |
| 26                           | 38.5   | 35.2                     | 36.0                    | 35.2                    | 36.2 <sup>bc</sup>   |
| <b>Gem. per licht niveau</b> | <b>36.1<sup>ab</sup></b>                                   | <b>35.0<sup>ab</sup></b> | <b>36.2<sup>b</sup></b> | <b>34.1<sup>a</sup></b> |                      |

Verschillende letters geven significante verschillen aan bij P = 0.05

Tabel 4 – De effecten van licht en temperatuur tijdens de teelt op de toename van de generatieve lengte gedurende de periode in de houdbaarheidsproef na de transportsimulatie.

| Generatieve lengte (cm)      | Lichthoeveelheid ( $\mu\text{mol.m}^{-2} .\text{s}^{-1}$ ) |                        |                        |                        | Gem. per temperatuur    |
|------------------------------|--|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
|                              | Gem. temperatuur °C  | 60                     | 90                     | 140                    |                         |
| 18                           | 2.9  | 2.2                    | 3.4                    | 2.5                    | <b>2.7<sup>a</sup></b>  |
| 21                           | 3.4  | 3.3                    | 3.2                    | 4.0                    | <b>3.5<sup>ab</sup></b> |
| 23                           | 4.7  | 4.0                    | 4.0                    | 4.0                    | <b>4.2<sup>b</sup></b>  |
| 26                           | 6.2  | 6.3                    | 6.7                    | 6.0                    | <b>6.3<sup>c</sup></b>  |
| <b>Gem. per licht niveau</b> | <b>4.3<sup>a</sup></b>                                     | <b>4.0<sup>a</sup></b> | <b>4.3<sup>a</sup></b> | <b>4.1<sup>a</sup></b> |                         |

Verschillende letters geven significante verschillen aan bij P = 0.05

Tabel 5 – De effecten van licht en temperatuur tijdens de teelt op de afname in het verschil in hoogte tussen hoofdbloemscherm en bloeiende zijscheuten gedurende de periode in de houdbaarheidsproef na de transportsimulatie.

| Verschil bloemscherm en zijscheuten (cm) | Lichthoeveelheid ( $\mu\text{mol.m}^{-2} .\text{s}^{-1}$ ) |                         |                         |                         | Gem. per temperatuur     |
|--|--|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
|  | Gem. temperatuur °C  | 60                      | 90                      | 140                     |                          |
| 18                                       | 0.44   | 0.16                    | 0.16                    | 0.58                    | <b>0.34<sup>a</sup></b>  |
| 21                                       | 0.00   | 0.28                    | 0.44                    | 0.66                    | <b>0.35<sup>a</sup></b>  |
| 23                                       | 0.07   | 0.67                    | 0.81                    | 0.50                    | <b>0.51<sup>ab</sup></b> |
| 26                                       | 0.50   | 0.83                    | 1.35                    | 1.25                    | <b>0.98<sup>b</sup></b>  |
| <b>Gem. per licht niveau</b>             | <b>0.25<sup>a</sup></b>                                    | <b>0.48<sup>a</sup></b> | <b>0.69<sup>a</sup></b> | <b>0.75<sup>a</sup></b> |                          |

Verschillende letters geven significante verschillen aan bij P = 0.05

De kwaliteit van het bloemscherm was alleen minder bij de planten opgekweekt bij 18 °C onder laag licht (Tabel 6, grijs gebied) en de bloemkleur van deze planten was minder fel bij lage lichtniveaus (Tabel 7 grijs gebied). Dat de kleur slecht is kan verklaard worden door verminderde aanmaak van suikers door een lage fotosynthese. Een vergelijking kan gemaakt worden met de kleur van snijbloemen, die vaak beter is als de bloemen in water met snijbloemenvoedsel staan. Gekoppeld met de kwaliteit van het bloemscherm is ook het aantal geopende bloemen; dit nam duidelijk af met minder licht (Tabel 8 grijs gebied) maar ook de hele 18°C behandeling was slechter. Er was geen bloemval in de behandelingen.

Tabel 6 – De effecten van licht en temperatuur tijdens de teelt op de kwaliteit van de bloemscherm na de houdbaarheidsperiode zoals aangegeven in Tabel 3. (1 = zeer slecht, 5 = zeer goed). Vet gedrukte cijfers geven slechte kwaliteit aan.

| Kwaliteit bloemscherm (1-5) | Lichthoeveelheid ( $\mu\text{mol.m}^{-2} .\text{s}^{-1}$ ) |            |            |            |
|-----------------------------|--|------------|------------|------------|
|                             | Gem. temperatuur °C  | 60         | 90         | 140        |
| 18                          | <b>3.6</b>   | <b>2.9</b> | 4.6        | 4          |
| 21                          | <b>4.7</b>   | <b>4.9</b> | 4.9        | 5          |
| 23                          | 5  | 5          | <b>4.8</b> | <b>4.9</b> |
| 26                          | <b>4.9</b>   | <b>4.9</b> | 5          | 5          |

Tabel 7 – De effecten van licht en temperatuur tijdens de teelt op de kwaliteit van de bloemkleur na de houdbaarheidsperiode zoals aangegeven in Tabel 3. (1 = zeer slecht, 5 = zeer goed). Vet gedrukte cijfers geven slechte bloemkleur aan.

| Bloemkleur(1-5) | Lichthoeveelheid ( $\mu\text{mol.m}^{-2} .\text{s}^{-1}$ ) |            |          |     |
|-----------------|--|------------|----------|-----|
|                 | Gem. temperatuur °C  | 60         | 90       | 140 |
| 18              | <b>2.6</b>   | <b>3.1</b> | <b>3</b> | 4   |
| 21              | <b>3.5</b>   | <b>3.6</b> | 3.7      | 3.9 |
| 23              | 4  | 4          | 3.7      | 3.9 |
| 26              | <b>3.9</b>   | <b>3.9</b> | 3.9      | 3.9 |



Tabel 8 – De effecten van licht en temperatuur tijdens de teelt op de percentage bloemen die open kwamen na de houdbaarheidsperiode zoals aangegeven in Tabel 3. Vet gedrukte cijfers < 85% open bloemen

| % bloemen open      | Lichthoeveelheid ( $\mu\text{mol.m}^{-2} .\text{s}^{-1}$ ) |           |           |           |
|---------------------|--|-----------|-----------|-----------|
|                     | 60   | 90        | 140       | 200       |
| Gem. temperatuur °C | 60   | 90        | 140       | 200       |
| 18                  | <b>64</b>  | <b>66</b> | <b>80</b> | <b>65</b> |
| 21                  | 85   | 90        | 93        | 91        |
| 23                  | 89   | 93        | 94        | 93        |
| 26                  | 91   | 93        | 93        | 95        |

De slechtere kwaliteit van het bloemscherm veroorzaakt door minder licht, lijkt te worden verklaard omdat meer licht meer fotosynthese geeft (tenminste onder de waardes in deze proef) en er is een positieve correlatie tussen lichtintensiteit en suikers in de plant (Fjeld 1990). Het negatieve effect van lage temperatuur is echter moeilijk te verklaren. Er is weinig onderzoek over de houdbaarheid van potplanten waarin de temperatuur tijdens de teelt als proeffactor diende. Bij potrozen bleek dat onder verschillende lichtniveaus de bloemrespiratie lager was in de zomer en dat de in de zomer opgekweekte planten een langere houdbaarheid hadden (Grossi et al., 2003). Die omstandigheden kunnen vergeleken worden met onze 26 °C en 18 °C behandelingen. Ook bij potrozen bleek dat lage opkweektemperaturen leiden tot kortere houdbaarheid (Kyalo et al., 1996). In onderzoek waarin de temperatuur aan het eind van de teelt lager gezet wordt gedurende een aantal weken komen de lagere temperaturen gunstig uit voor de houdbaarheid. Wat hier de reden was voor de slechtere houdbaarheid bij planten opgekweekt onder 18 °C is niet bekend.

### 2.3.3 Conclusies houdbaarheid

- In klimaatkamers gaf de teelt bij 23°C de beste houdbaarheid.
- Na teelt bij hogere temperaturen nam de generatieve lengte tijdens de houdbaarheidsproef sterk toe. Dit is een ongewenst verschijnsel.
- Teelt bij 18°C gaf een kortere houdbaarheid en een lagere kwaliteit van bloemscherm en bloemkleur; het percentage open bloemen was ook minder.
- Het lichtniveau tijdens de teelt had bijna geen effect op de houdbaarheid en toename van generatieve lengte.
- Bij 18 °C waren bloemkleur en kwaliteit van het bloemscherm minder bij lage lichtniveaus. Daar uit kan geconcludeerd worden dat teelt bij 18°C uit oogpunt van energie besparing niet alleen een langere teeltduur geeft maar ook een slechtere houdbaarheid, zeker bij teelt onder laag licht.



Illustratie van houdbaarheid na opkweek onder verschillende temperatuur- en lichtniveaus. De lichtintensiteiten zijn aangegeven in de foto's, de temperaturen in elke foto zijn van links naar rechts 18, 21, 23 en 26 °C.



## 3 Effecten van cultivar en potmaat

### 3.1 Achtergrond

Vanaf de start van dit project zijn historische gegevens geanalyseerd, afkomstig van één kwekerij over de jaren 2000 - 2004. Bijlage 1 is een omschrijving van de plantmetingen en de klimaatgegevens die gebruikt worden om informatie uit de 'oude' data te krijgen. In de verwerking van de gegevens is getracht de strekkingssnelheid van de planten te koppelen aan temperatuur en licht. Ook zijn de effecten van remmen op de strekkingssnelheid kort omschreven.

Voor nauwkeurige informatie over de strekking en reactietijd van verschillende cultivars is het nodig geweest een experiment op te zetten waarin klimaat, lengte ontwikkeling en reactietijd nauwkeurig genoteerd worden. De planten moet in dit geval ook niet geremd worden. Hieronder volgt een omschrijving van de experimenten.

### 3.2 Opzet van de experimenten praktijkbedrijf (2004-2005)

De proeven zijn uitgevoerd in de winter (Expt. 1) en de zomer (Expt.2) met onbewortelde stekken van acht cultivars *Kalanchoe blossfeldiana* ('Alexander', 'Anatole', 'Debbie', 'Delia', 'Mie', 'Pandora', 'Tenorio' en 'Toleda'). Deze cultivars waren gekozen vanwege de grote diversiteit in rembehoefte en waren afkomstig van verschillende commerciële vermeerderders ('Anatole', 'Debbie', 'Delia', 'Mie' en 'Pandora' van Blommendale; 'Toleda' van KP Holland; 'Tenorio' en 'Alexandra' van Fides Goldstock Breeding in het eerste experiment; 'Alexandra' van Kwekerij Advance in het tweede experiment. Voor alle cultivars waren zowel de potmaten 7 als 10.5 cm gebruikt.

De experimenten zijn uitgevoerd bij een commerciële kwekerij in de periode 8<sup>e</sup> dec. 2004 tot 6<sup>e</sup> apr. 2005 (Expt. 1) en van 1<sup>e</sup> apr. tot 5<sup>e</sup> jul. 2005 (Expt. 2). De stekken voor de 10.5 cm potten waren geplant ongeveer 3 weken voor de stekken van de 7 cm potmaat zodat alle planten gelijk de korte dag (KD) periode ingingen. De potten stonden op eb en vloed containers (9.75 m<sup>2</sup>) bij een dichtheid van 92 potten per m<sup>2</sup> voor de 10.5 cm potten en 208 potten per m<sup>2</sup> voor de 7 cm potten. De planten stonden eerst onder lange dag (LD) omstandigheden met een daglengte van 13.5 uur (vegetatieve fase), onder SON-T lampen met 30.2 μmol.m<sup>-2</sup> fotosynthetische actieve instraling (PAR) in het eerste experiment en onder lampen variërende van 30.2 tot 50.2 μmol.m<sup>-2</sup> PAR in experiment 2. Lampen zijn gebruikt bij instraling van minder dan 150 W/m<sup>2</sup>. Voor de overige gerealiseerde klimaatgegevens zie Tabel 11.

Om bloei te induceren was een KD van 10 uur aangehouden en bij de start van de KD waren de 10.5 cm potten wijdergezet naar 45 per m<sup>2</sup> en na één of twee weken zijn de 7 cm planten wijdergezet naar 139 per m<sup>2</sup>. Planten ontvingen standaard voedingsoplossing, bijgesteld voor de gewasfase en gebaseerd op de eisen van de cultivar 'Anatole'. Naast de gemiddelde temperatuur, CO<sub>2</sub>-niveau en VD, zijn de schermpercentages, belichtingsduur en sterkte geregistreerd per dag. De hoeveelheid licht die de planten ontvingen is berekend zoals omschreven in hoofdstuk 5. In experiment 2 is een PAR lichtmeter met twee sensoren in de kas geplaatst. Deze meter is gedurende enkele weken vergeleken met een lijn PARmeter. Aan het eind van de teelt zijn van enkele planten grondmonsters genomen om grote verschillen in voeding uit te sluiten.

**Waarnemingen** - Er zijn 16 behandelingen in elke proef (8 cultivars en twee potmaten). Alles is in tweevoud neergezet; twee blokken. Plantlengte, aantal internodia, bladoppervlak en vers- en drooggewicht van 10 stekken per behandelingen zijn gemeten bij aanvang van de proef. Destructieve metingen zijn elke 7-14 dagen uitgevoerd. Om de metingen te vereenvoudigen zijn de 8 cultivars in Expt. 1 in twee groepen van 4 cultivars ingedeeld. In één groep zijn gedeeltelijke metingen gedaan (planthoogte, vegetatieve en

generatieve lengte, aantal internodia en totaal vers en drooggewicht), terwijl in de tweede groep de complete destructieve metingen zijn uitgevoerd (de vorige metingen plus vers- en drooggewicht van verschillende onderdelen).

De eindmetingen waren uitgevoerd per blok bij gelijke ontwikkelingsstadia (Let's Grow stadium 10) en complete gedetailleerde metingen waren gedaan: alle eerder genoemde metingen plus verschil in bloemhoogte, plant breedte, aantal bloeiende zijscheuten en aantal open bloemen. De eindmetingen verschillen omdat ontwikkelingssnelheid van de cultivars zijn verschillend. Alle metingen zijn statistisch getoetst. De grondmonsters genomen tijdens deze proef zijn in Tabel 2 in de bijlage

### 3.3 Resultaten van de praktijkexperimenten

Tabel 9 toont een overzicht van gegevens van de 2 experimenten. De totale PAR berekend per dag in de kas tijdens de KD periode is in de winter experiment  $5.4 \text{ mol m}^{-2}\text{d}^{-1}$  en in de zomer  $9.6 \text{ mol m}^{-2}\text{d}^{-1}$ . In de winter was de gemiddelde temperatuur in de kas  $20.5 \text{ }^\circ\text{C}$  en in de zomer  $22.5 \text{ }^\circ\text{C}$ . De eerste plantdatum en aantal dagen LD is voor de planten in 10.5 cm potten en de tweede is voor de planten in de 7 cm potten.

Tabel 9. Klimaatgegevens en oppotdata van de twee praktijkexperimenten.

| Expt. | Plantdatum     | Oogstperiode       | Aantal dagen LD | Gem. temperatuur <sup>x,y</sup> ( $^\circ\text{C}$ ) | Externe totale instraling <sup>y</sup> ( $\text{mol m}^{-2}\text{d}^{-1}$ ) | Totale PAR berekend in kas <sup>y</sup> ( $\text{mol m}^{-2}\text{d}^{-1}$ ) | $\text{CO}_2$ -niveau <sup>z</sup> (ppm) |
|-------|----------------|--------------------|-----------------|--|---|--|--|
| 1     | 8, 29 december | 22 maart – 6 april | 31 en 10        | 20.8/20.4/20.5                                       | 9.4/30.2/24.8   | 3.85/5.94/5.4  | 595                                      |
| 2     | 1, 9 april     | 21 juni - 8 juli   | 25 en 6         | 21.8/22.7/22.5                                       | 28.2/42.8/39.1  | 11.2/9.1/9.6   | 478                                      |

<sup>x</sup> Inclusief bewortelingsperiode (ongeveer 2 weken voor de 10.5 cm potten en 1 week voor de 7 cm potten)

<sup>y</sup> Gemiddeld over : LD periode/KD periode/ gehele periode

<sup>z</sup> Gemiddeld over : gehele periode

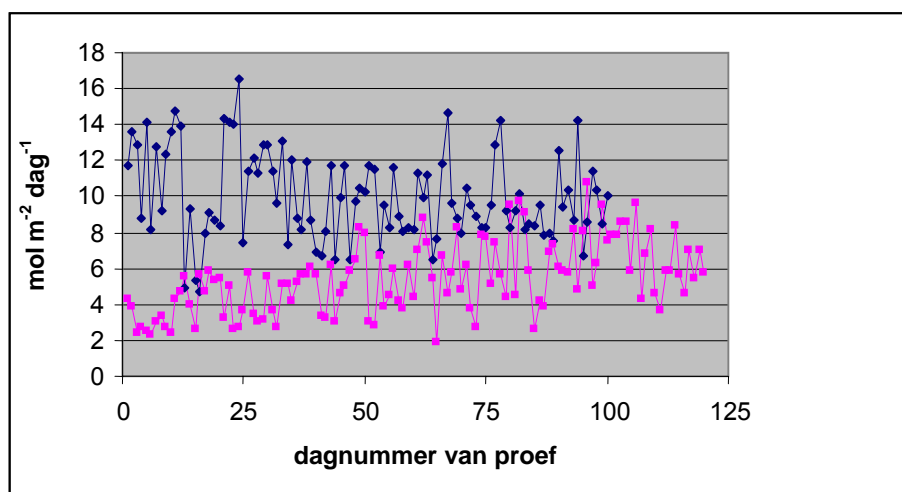


Fig. 20 – Gemiddelde PAR lichtsommen per dag ( $\text{mol m}^{-2}$  per dag) zoals berekend op plantniveau in de winter (■) en zomer (◆). Winter is van begin december tot eind maart (weken 47 - week 13), zomer is van begin april tot begin juli (week 15 tot week 27).

### Metten van klimaat in een kas in het algemeen

In de analyse van de historische gegevens en het koppelen van deze gegevens aan de plantdata werd al duidelijk dat het berekenen van de licht in de kas zeer moeilijk is omdat er geschermd wordt tijdens de teelt (Bijlage 1). Dit wordt zowel gedaan voor korte dag en tegen hoge instraling. Ook wordt het energiescherm gebruikt in de winter en dit houdt licht ook tegen. In bijlage 3 is een omschrijving van de klimaatmetingen met vooral aandacht voor licht.

### Metingen uitgevoerd aan het eind van de bloeiperiode aan planten uit de praktijkexperimenten Reactie tijd (tijd tussen start van KD periode en eindooft)

Er was een interactie tussen potmaat en cultivar op reactietijd (zie Tabel 10). Over het algemeen was de reactietijd sneller in de zomer periode dan de winter periode en in de 10.5 cm potten dan in de 7 cm potten. De cultivars hadden reactietijden tussen 72 en 86 dagen (7cm potten) en 66 tot 74 dagen (10.5cm potten) in de winter. In de zomer was het effect van potmaat op reactietijd kleiner (tussen 61 en 69 dagen voor 7cm potten en tussen 55 en 64 voor de 10.5cm potten). De enige uitzonderingen in de effecten van potmaat op reactietijd waren 'Tenorio' waarbij er geen significant verschil op de reactietijd tussen de potmaten was en 'Delia' in de zomer waarbij er ook geen significant verschil op reactie tijd tussen de potmaten bestond. 'Anatole' en 'Mie' tonen ook weinig verschil tussen de potmaten in de zomer maar hier was de spreiding tussen de blokken groter en is het verschil significant.

Tabel 10 – Reactietijd van alle 8 cultivars en twee potmaten in de winter- en zomerpraktijkexperimenten

| Seizoen               | Winter |      | Zomer |      |
|-----------------------|--------|------|-------|------|
|                       | 7      | 10.5 | 7     | 10.5 |
| Cultivar/potmaat (cm) |        |      |       |      |
| Alexandra             | 85     | 71   | 69    | 62   |
| Anatole               | 73     | 69   | 59    | 57   |
| Debbie                | 76     | 68   | 61    | 56   |
| Delia                 | 72     | 68   | 59    | 56   |
| Mie                   | 86     | 74   | 67    | 64   |
| Pandora               | 86     | 72   | 68    | 59   |
| Tenorio               | 73     | 72   | 61    | 60   |
| Toleda                | 72     | 66   | 64    | 55   |

De verschillen in reactietijd tussen de cultivars en de potmaten laten zien dat deze eigenschap in het model cultivarafhankelijk gemaakt moet worden en dat bij sommige cultivars ook de potmaat een rol dient te spelen. Dit is niet het geval bij alle potmaten want bijvoorbeeld de cultivars 'Tenorio' en 'Anatole' tonen weinig verschil in reactietijd tussen de potmaten binnen een seizoen. Voor 'Tenorio' is het verschil 1 dag in zowel de zomer als de winter. Voor 'Anatole' is het 4 dagen in de winter en 2 dagen in de zomer. Het kan zijn dat de verschillen in de reactietijd tussen de potmaten een effect van plantdichtheid is. Het seizoensverschil in de reactietijd komt door de invloed van licht en temperatuur op de reactietijd.

**Vegetatieve lengte** gevormd tijdens groei was redelijk gelijk per cultivar tussen de winter en de zomer experimenten. Lengte is afhankelijk van aantal internodia en vooral de lengte van de internodia (zie volgende punt). Lengte is sterk afhankelijk van temperatuur en hoewel de gemiddelde temperatuur 2°C hoger was in de zomer was de reactietijd in de zomer korter. Hierdoor hebben de planten in de zomer minder tijd om door te strekken dan in de winter.

### Aantal vegetatieve internodia gevormd tijdens experimenten

Het aantal gevormde vegetatieve internodia was significant beïnvloed door cultivar en potmaat. Over het algemeen waren het aantal internodia iets lager in de zomer, vooral bij de 7cm potmaat. Dit is omdat de lange dag periode in de zomer zeer kort was (Tabel 9). De internodium afsplitsingssnelheid was berekend over de lineaire toename in internodia in de periode na beworteling en een aantal weken in de korte dag. Het cultivar effect was groot en 'Mie' en 'Delia' hadden de laagste afsplitsingssnelheid van rond de 0.09 internodia d<sup>-1</sup> (ongeveer 1 bladpaar in 11 dagen). De snelste afsplitsingssnelheid was zichtbaar in 'Pandora'

in de 10.5 cm pot, 0.16 internodia  $d^{-1}$  (ongeveer 1 bladpaar in 6 dagen).

### Gemiddelde internodiumlengte

Gemiddelde internodiumlengte is afhankelijk van cultivar en niet van de potmaat en dit maakt het mogelijk dat het model voor de verschillende potmaten kan gelden. In de cultivars 'Anatole', 'Debbie', 'Delia' en 'Tenorio' is de gemiddelde internodiumlengte in de zomer hoger dan in de winter.

### Generatieve lengte

De generatieve lengte is beïnvloed door een interactie tussen cultivar en potmaat. Over het algemeen was de generatieve lengte van een cultivar redelijk gelijk tussen de potmaten hoewel de 10.5 cm potmaat een iets langere bloeisteel gaf. Echter 'Mie' had in beide seizoenen een significant langere generatieve lengte in de 10.5 cm pot dan in de 7 cm pot. In de zomer toonden 'Debbie' en 'Mie' ook een significant langere generatieve lengte in de 10.5 cm pot (zie Tabel 11).

Informatie over het aantal generatieve internodia en gemiddelde internodiumlengte is niet uitgewerkt want de generatieve strekkingssnelheid wordt gebruikt voor het model en de generatieve lengte wordt niet opgedeeld in internodia (zie hoofdstuk 2.3.1).

Tabel 11 – Generatieve lengte van alle 8 cultivars en twee potmaten in de winter en zomer praktijkexperimenten

| Seizoen                 | Winter |      | Zomer |      |
|-------------------------|--------|------|-------|------|
|                         | 7      | 10.5 | 7     | 10.5 |
| Cultivar / potmaat (cm) |        |      |       |      |
| Alexandra               | 6.4    | 5.8  | 7.1   | 8    |
| Anatole                 | 6      | 7.8  | 5.2   | 7.2  |
| Debbie                  | 8.6    | 9.3  | 7.6   | 9.2  |
| Delia                   | 2.9    | 3.3  | 4.1   | 3.9  |
| Mie                     | 5.3    | 6.2  | 5.5   | 6.7  |
| Pandora                 | 3.6    | 4.7  | 3.1   | 4.2  |
| Tenorio                 | 8.8    | 9.2  | 8.7   | 7.8  |
| Toleda                  | 9.5    | 12.9 | 10.6  | 11.4 |

### Aantal bloeiende zij scheuten

De cultivar en de potmaat hadden een effect op het aantal bloeiende zij scheuten. Over het algemeen zijn er meer bloeiende zij scheuten gevormd in de zomer dan in de winter. In zowel zomer als winter had de potmaat een positief significant effect op het aantal bloeiende zij scheuten, gemiddeld 4 meer in de winter en 5 meer in de zomer in de 10.5 cm potmaat dan in de 7 cm potmaat. Dit is te verklaren omdat er meer bladparen in de 10.5 cm planten zijn waaruit de zij scheuten zich kunnen ontwikkelen.

### Gemiddelde drooggewicht van de bloemschermen (ratio totaal bloemdrooggewicht en aantal bloeiende zij scheuten).

In de winter is het gemiddelde drooggewicht van de bloemschermen hoger dan in de zomer, vooral de cultivars 'Alexandra' en 'Toleda' hebben significant hogere waarden. De variatie in de winter is ook groter. De 10.5 cm potmaat geeft ook een positief effect met een hoger gemiddeld gewicht.

### Biomassa

Totaal plant drooggewicht ( $TDM_p$ ) was afhankelijk van cultivar en potmaat maar het effect van seizoen was niet significant.

### Relatie tussen aantal bloeiende zij scheuten en totaal drooggewicht

In hoofdstuk 2 waarin de experimenten in de klimaatcellen worden omschreven is er een sterk verband tussen het aantal bloeiende zij scheuten en het totale drooggewicht. Deze relatie is ook onderzocht in deze praktijkproef maar geldt niet als alle cultivars tegelijk getest worden ( $R^2 = 0.43$ ). Wel is er een sterk verband tussen drooggewicht en het aantal bloeiende zij scheuten per cultivar (hier is de relatie berekend met drooggewicht gevormd tijdens de korte dag als input). Voor 'Anatole' komen de waarden aardig overeen

met de proef in de klimaatcel. Voor de overige cultivars is de relatie goed behalve voor 'Alexandra' ( $R^2 = 0.35$ ), 'Mie' ( $R^2 = 0.65$ ) en 'Toleda' ( $R^2 = 0.54$ ). Zie Fig. 21.

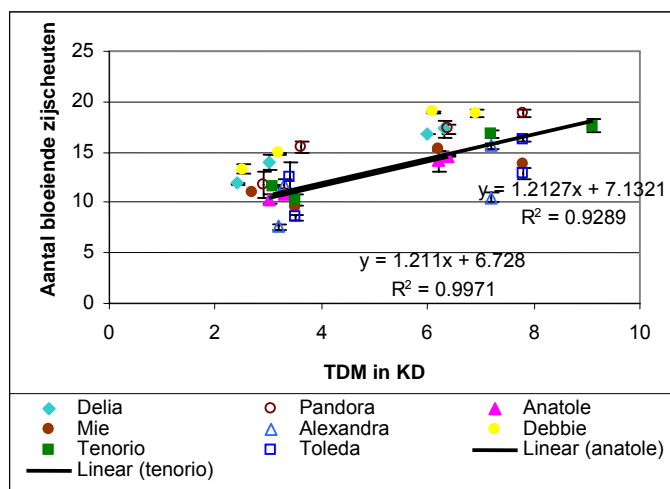


Fig. 21 – Relatie tussen aantal bloeiende zij scheuten en totaal drooggewicht gevormd tijdens korte dag (TDM in SD). In grafiek zijn de regressielijnen voor 'Anatole' ( $R^2 = 0.997$ ) en 'Tenorio' ( $R^2 = 0.93$ ) aangegeven.

### Ontwikkeling van de zij scheuten

Het potentiële aantal zij scheuten is gelijk aan twee keer het aantal internodia plus 2. In dit onderzoek is het aantal lege plekken waar geen zij scheut ontwikkelde, geteld, zo ook het aantal vegetatieve zij scheuten zonder bloem en het aantal bloeiende zij scheuten. Deze drie categorieën waren uitgedrukt als percentages per cultivar voor elke potmaat en seizoen. Het aantal lege bladoksels aan de hoofdscheut, het aantal vegetatieve en het aantal bloeiende zij scheuten waren afhankelijk van cultivar en van seizoen.

De cultivars 'Alexandra', 'Mie' en 'Toleda' hadden duidelijk meer bloeiende zij scheuten in de zomer dan in de winter, met verschillen van meer dan 30% bij 'Alexandra'. Deze drie cultivars lijken extra gevoelig voor licht te zijn en in deze proef zijn het vooral lichtniveaus aan het eind van de lange dag periode omstreeks dagnummer 32 die grote verschillen tonen tussen de winter en de zomer experiment. (zie Fig. 20). De lagere lichtniveaus in de winter lijken lege bladoksels zonder zij scheuten te veroorzaken.

In de overige cultivars is het percentage bloeiende zij scheuten redelijk gelijk tussen de winter en de zomer al zijn er in de zomer in totaal meer zij scheuten gevormd.

## 3.4 Conclusies

De proeven in 2 seizoenen en twee potmaten met 8 cultivars hebben veel informatie gegeven.

### Reactietijd

- De reactietijd is gemiddeld langer (8 dagen) in 7 cm pot dan in 10.5 cm pot, maar varieert sterk per cultivar. Voor de cultivars 'Tenorio' en 'Anatole' heeft de potmaat nauwelijks effect van potmaat op de reactietijd.
- De reactietijd is sterk cultivar afhankelijk (in de 10.5 cm potmaat in de winter is de reactietijd van 'Toleda' 66 dagen en die van 'Mie' 74 dagen; in de zomer is dit 55 en 64 dagen)
- In de zomer is de reactietijd in alle gevallen korter

### Plantlengte

- De langste planten ontstonden in de 10.5 cm pot omdat het aantal vegetatieve internodia groter was (meer LD)

- De lengte van de vegetatieve internodia was gelijk in beide potmaten
- De bijdrage van de generatieve lengte was afhankelijk van cultivar, maar droeg meer bij in de lengte in de 7 cm potten hoewel de absolute generatieve lengte groter was in de 10.5 cm potten
- De generatieve lengte was redelijk gelijk in de twee experimenten
- De lengte is afhankelijk van cultivar (in de 10.5 cm potmaat in de zomer bereikte 'Tenorio' 25 cm en 'Delia' 11 cm).

#### Aantal bloeiende zij scheuten

- Het aantal bloeiende zij scheuten was afhankelijk van de cultivar maar was natuurlijk hoger in de 10.5 cm potmaat omdat er meer bladoksels aanwezig zijn waaruit de bloemstelen zich kunnen ontwikkelen.
- Er is een lineaire relatie tussen aantal bloeiende zij scheuten en totaal drooggewicht en voor 'Anatole' is de fit bijna perfect en de waardes komen aardig overeen met de proef in de klimaatcel. De verzadigingscurve is niet zichtbaar omdat de extreme waardes van drogestof zoals waargenomen in de klimaatcelproeven in dit praktijkexperiment niet bereikt zijn. Voor de overige cultivars is de relatie goed behalve voor 'Alexandra', 'Mie' en 'Toleda'. Deze drie cultivars hadden ook meer bloeiende zij scheuten in de zomer dan in de winter. Dit heeft te maken met de gevoeligheid van deze cultivars voor licht.

#### Biomassa

- De biomassa was niet significant verschillend tijdens de twee seizoenen. Dit zou kunnen verklaard worden doordat er in de zomer veel meer geschermd is. Bovendien zijn in de zomer zowel de lange dag periode als de reactietijd korter. Volgens de Tabellen 9 en 10 is de lichtsom gedurende het winterexperiment  $701 \text{ mol m}^{-2}$  en in het zomerexperiment  $799 \text{ mol m}^{-2}$ . Dit is over de hele teelt gerekend slechts 14% meer licht op plantniveau in de zomer.



## 4 Model calibratie 'Anatole'

### 4.1 Data voor het model

De data voor het ontwikkelen van het model zijn afkomstig van het experiment zoals omschreven in Hoofdstuk 2, een experiment onder 4 temperaturen en 4 lichtniveaus in klimaatcellen in Wageningen. De dynamische ontwikkeling van plantlengte en de reactietijd zijn omschreven in een dynamisch simulatie pakket Powersim ([www.powersim.com](http://www.powersim.com)). De beide modules zijn gevalideerd met de resultaten van een onafhankelijk experiment uitgevoerd op een praktijkbedrijf zoals beschreven in hoofdstuk 3. Gemiddelde 24-uur temperatuur (T) en dagelijkse lichtsom (L) som in mol m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup> zijn de inputs voor alle modules.

### 4.2 Resultaten

#### Reactietijd

De reactietijd van het gewas is gedefinieerd als het aantal dagen van de start van de KD tot oogststadium (1-3 open bloemen). In het model is de ontwikkelingssnelheid gebruikt (1 gedeeld door reactietijd) om het ontwikkelingsstadium te berekenen (0 = start KD, 1 = oogststadium). Deze snelheid had een optimum respons ten opzichte van temperatuur en meer licht bespoedigde de snelheid. Er was geen interactie tussen licht en temperatuur dus binnen de temperatuurreeks gebruikt in de experiment (18 – 26°C) was het effect van licht onafhankelijk van de temperatuur.

Reactietijden van alle 16 behandelingen in het experiment waren goed voorspeld door het model. Reactie tijd liep uiteen van 58 tot 86 dagen en werd gemiddeld overschat door het model met 3% met een maximum van 4 dagen.

De inputgegevens verzameld bij het bedrijf zijn in het model gezet en voor het winter experiment zijn zowel de gemeten als de geschatte reactietijd 69 dagen. Voor het zomerexperiment was dit respectievelijk 57 en 59.

#### Plantlengte

Plantlengte is gedefinieerd als de som van de vegetatieve en van de generatieve lengtes (Fig. 4) en omvat ook de lengte van het bloemscherm waarvan de ontwikkeling begint bij het zichtbare bloemstadium. Onder de omstandigheden in deze proef waren de bloemschermen 2-3 cm bij de eindoogst. Dit getal is in de calibratie en validatie verder niet omschreven. In het model is de vegetatieve lengte opgebouwd uit de kenmerken aantal internodia en internodia strekking. De generatieve lengte is in het model opgebouwd uit de generatieve strekking zonder dat het aantal internodia berekend wordt (zie punt 4).

1. **Vegetatieve lengte: afsplitsingsnelheid van internodia (IAR).** Het aantal internodia gevormd aan de hoofdscheut neemt toe met licht en temperatuur zonder dat er een interactie is. De IAR is berekend uit de helling van de lineaire relatie tussen aantal internodia en de tijd (Fig. 8). De LD-periode in deze experimenten was kort (14 dagen) wanneer deze periode vergeleken wordt met een totaal teelt van 103 dagen (laagste lichtbehandeling onder 18°C). Zichtbare ontwikkeling van de internodia gevormd tijdens de LD vindt ook plaats in de KD en 3-4 internodia verschijnen aan het begin van de KD-periode. IAR loopt van 0.15 bij 18°C tot 0.19 bij 23°C en 26°C. Dit betekent dat tijdens de 14 dagen KD 2.1 resp. 2.7 internodia afsplitsen. Het model gaf een gemiddelde onderschatting van 2% t.o.v. de gemeten aantal internodia. Het verschil tussen geschatte en

gemeten aantallen was minder dan 1, behalve voor 3 behandelingen waar het voorspelde aantal internodia 1,5 te hoog was (21°C bij 200  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) of 1 (26°C bij 140  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) en 1.9 (26°C bij 90  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) te laag was.

- 2. Vegetatieve lengte: internodiastrekkingsnelheid (IER).** Internodiastrekkingsnelheid is berekend aan de hand van een zogenaamde Richards Functie. Gebaseerd op eerdere waarnemingen dat de vegetatieve internodia redelijk gelijk zijn in eindlengte is gekozen voor een gelijke ontwikkeling van deze internodia. Daarom is gekozen voor het modeleren van elk internodium. Na het afsplitsen van een internodium blijft een internodium strekken tot aan een maximumlengte. Deze maximumlengte is a functie van licht en temperatuur en varieert tussen 0.65 cm (18°C bij 60  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) en 1.05 cm (26°C bij 200  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) in de experimenten in de klimaatcellen. De andere drie parameters in functie (een z.g. Richard's functie) zijn gelijk voor alle 16 behandelingen.
- 3. Totaal vegetatieve lengte.** Voor de simulatie van vegetatieve lengte worden het aantal internodia en hun lengte aan het begin van een teelt in het model opgenomen. Dag voor dag zijn de gemiddelde temperatuur en het gemiddelde licht ontvangen door een specifiek internodium berekend. Om continue verschillen tegen te gaan in de berekende eindlengte van een internodium dat bijna klaar is, wordt deze eindlengte vastgezet zodra het internodium 90% van deze eindlengte heeft bereikt. Zodoende is een nauwkeurig patroon van vegetatieve lengtegroei ontwikkeld voor de calibratedata. Het dynamische modeleren van de vegetatieve lengte kan niet gebaseerd worden op het aantal internodia en de gemiddelde internodia lengte zoals eerder aangenomen. De gemiddelde internodium lengte kon niet berekend worden uit de data omdat elke keer als één nieuw internodium ontwikkelt de gemiddelde lengte sprongsgewijs naar beneden zakt. Echter wanneer alleen de eindlengte als gemiddelde internodium lengte wordt gebruikt is er een overschatting van de lengte van de plant. Aan het begin van de teelt zijn er veel internodia in ontwikkeling en aan het eind is het aantal dat aan het strekken sterk verminderd. Daarom is gekozen om de dagelijkse strekking van elk internodium apart te berekenen. De dynamische ontwikkeling van de vegetatieve lengte is te zien in figuur 22.

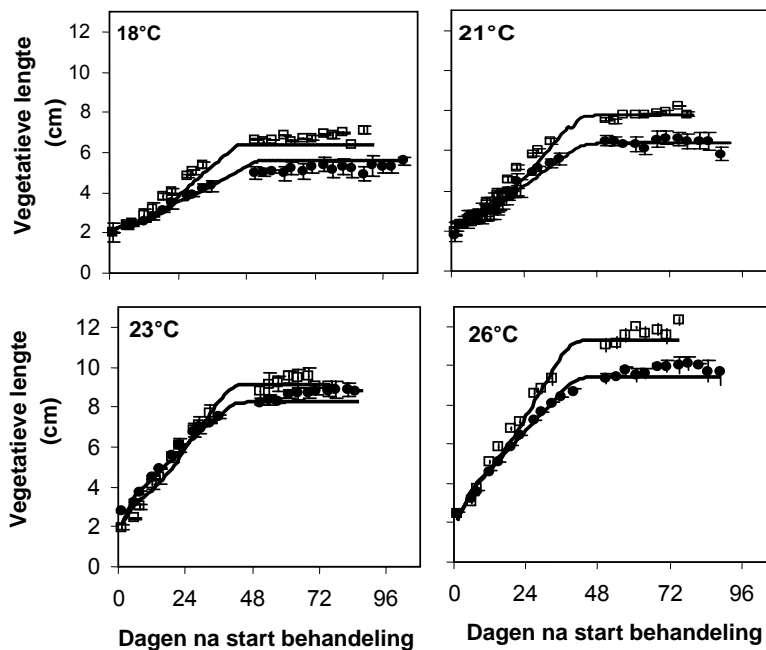


Fig 22 – Effect van temperatuur op ontwikkeling van vegetatieve lengte 'Anatole' bij 60  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  ( $\square$ ) and 200  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  ( $\circ$ ). Lijnen zijn de voorspelde waarden berekend door het model. Verticale lijnen geven spreiding aan. 14 dagen na start was aanvang KD, tot die tijd LD.

4. **Generatieve lengte.** De generatieve lengte wordt berekend als een geheel met gebruik van de generatieve strekkingssnelheid (GER) omdat het modelleren van aparte internodia met een IAR niet goed mogelijk en onnodig bleek. Uit de klimaatceldata is zowel de start van de ontwikkeling van de generatieve lengte en de snelheid van strekking voor alle 16 behandelingen berekend. Generatieve strekking begint niet bij de start van de KD (dag 14) maar vanaf dag 26 (23°C bij  $200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) tot dag 37 (26°C bij  $60 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) gemodelleerd vanaf aanvang KD. Deze dagen zijn het moment dat de eerste generatieve internodium (een internodium dat significant langer is dan de voorafgaande vegetatieve internodium) zichtbaar wordt. De dag waarop de generatieve groei begint, is eerder bij hoger temperatuur en licht (geen interactie). De GER is positief beïnvloed door temperatuur en licht en toont geen interactie tussen deze twee factoren. De dynamische ontwikkeling van de generatieve lengte is te zien in figuur 23.

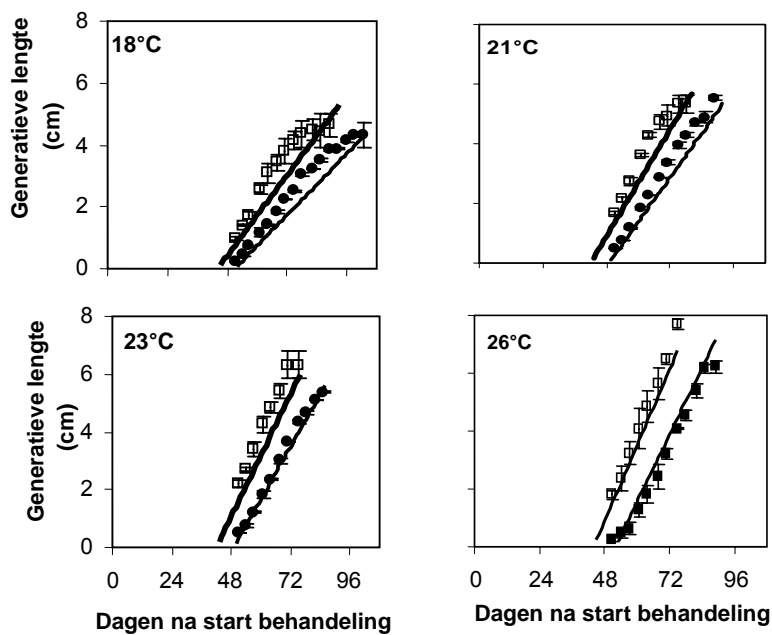


Fig. 23 – Effect van temperatuur op ontwikkeling van generatieve lengte 'Anatole' bij  $60 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (●) and  $200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (□). Lijnen zijn de voorspelde waarden berekend door het model. Verticale lijnen geven spreiding aan. 14 dagen na start was aanvang KD, tot die tijd LD.

5. **Totaal lengte klimaatcelproeven.** Eindlengte varieert tussen 9.9 en 20.0 cm afhankelijk van de behandeling (Fig. 24). De voorspelde waarden kwamen goed overeen met de gemeten waarden, met gemiddeld een 1% overschatting voor de 16 behandelingen die gebruikt werden om dit model te ontwikkelen en calibreren.

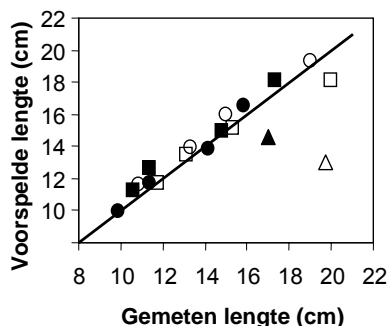


Fig. 24 – Voorspelde eindlengte (klimaatcelmodel) cv 'Anatole' voor de 16 behandelingen: ● 60, ■ 90, ○ 140 and □ 200  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  elk bij 4 temperaturen) uitgezet tegen gemeten eindlengte. Line geeft  $x=y$  aan. Eindlengte voor beide praktijk experimenten (▲ winter, △ zomer).

**6. Totaal plantlengte in de praktijkproeven** Het klimaatcelmodel onderschat voor de praktijkproef de eindlengte met 3.8 cm en 6.7 cm voor respectievelijk de winter- en de zomerteelt (Fig. 24). Het aantal internodia werd wel goed voorspeld. In de praktijkproef (validatie) is de gemiddelde eindlengte van de internodia behoorlijk hoger dan in de klimaatcellen (calibratie). In Tabel 12 is een overzicht van de gemiddelde internodiuumlengte van 'Anatole' zoals door het klimaatcelmodel met gebruik van de klimaatdata uit de praktijkexperimenten, 0.92 cm onder de 'winteromstandigheden' en 0.98 cm in onder 'zomeromstandigheden'. In de winterpraktijkproef is de gemeten gemiddelde internodiuumlengte 1.25 cm en in de zomerpraktijkproef is die 1.6 cm.

Voor de praktijkproeven is de voorspelde vegetatieve lengte van een internodium onderschat door het klimaatcelmodel met 25% in de winter tot 38% in de zomer.

De generatieve lengte in de zomer is wel redelijk gelijk tussen de klimaatcel- en de praktijkproef; 6.2 cm als voorspelde waarde tegenover 7.2 cm als gemeten waarde in de zomerpraktijkproeven. In de winter ligt de voorspelde generatieve lengte 2.2 cm lager dan in de winterpraktijkproef.

Hiervoor wordt geen aanpassing in het praktijkmodel genomen, omdat het de totale plantlengte slechts beperkt beïnvloed wordt. De onderschatting van de generatieve lengte door het klimaatcelmodel is < 6% van de totale plantlengte in de zomer en 13% in de winter.

Tabel 12 – Gemiddelde vegetatieve internodium lengte, vegetatieve lengte, generatieve lengte en totale lengte aan het eind van de proef zoals voorspeld door het klimaatcelmodel onder de winter en zomer licht en temperatuurniveaus in de praktijkproef. Ook zijn deze waarden zoals gemeten in de praktijkproef ook in de Tabel gepresenteerd.

| Lengte                  | Voorspeling Klimaatcelmodel |       | Gemeten resultaten Praktijkproef |       |
|-------------------------|-----------------------------|-------|----------------------------------|-------|
|                         | winter                      | zomer | winter                           | zomer |
| Plantkenmerk/seizoen    |                             |       |                                  |       |
| Vegetatieve internodium | 0.92                        | 0.98  | 1.25                             | 1.60  |
| Vegetatieve lengte      | 8.6                         | 6.8   | 9.2                              | 12.5  |
| Generatieve lengte      | 5.6                         | 6.2   | 7.8                              | 7.2   |
| Totale lengte           | 14.2                        | 13.0  | 17.0                             | 19.7  |

De data gaven aanleiding te veronderstellen dat de vegetatieve internodiastrekking in de praktijk in een kas langer doorgaat omdat de eindlengte groter is en/of omdat de strekkingssnelheid groter is in de praktijk dan in klimaatcellen. Uit proeven van Mortensen (1994) met *Kalanchoe blossfeldiana* was er zowel bij een positieve als een negatieve DIF meer strekking dan bij een constante temperatuur. In de zomerproef was een maximum gemiddelde 24-uurs temperatuur van ruim 27°C en een minimum gemiddelde 24-uurs temperatuur van 20.5°C. Dagelijkse schommelingen in temperatuur waren soms groot (tot 10°C). Het DIF-effect lijkt alleen voor te komen bij de vegetatieve internodia en niet bij de bloemstelen. Het is ook bekend dat lichtkleur (spectrum) een rol in strekking van planten kan spelen: het spectrum in de klimaatcellen (TL-licht) verschilt van dat in de kas (zonlicht en SON-T licht). Dit kan ook tot verschillende vegetatieve internodiuumlengtes (Tabel 12) hebben geleid.

In figuur 25 is de strekkingssnelheid in het model getoond en in deze grafiek zijn twee voorbeelden

van strekking te zien. Eén van de constanten die in de Richard's functie de strekking van de individuele internodia omschrijft, is verlaagd van 0.5 tot 0.1. Hierdoor is de strekkingsnelheid van de internodia minder snel en de eindlengte wordt minder snel bereikt. De maximum lengte van de internodia is in de praktijkproef langer dan in de klimaatcelproef. In figuur 25 is de maximum eindlengte van het internodium ook verhoogd tot 1.6 cm zoals gebruikt in het praktijkmodel.

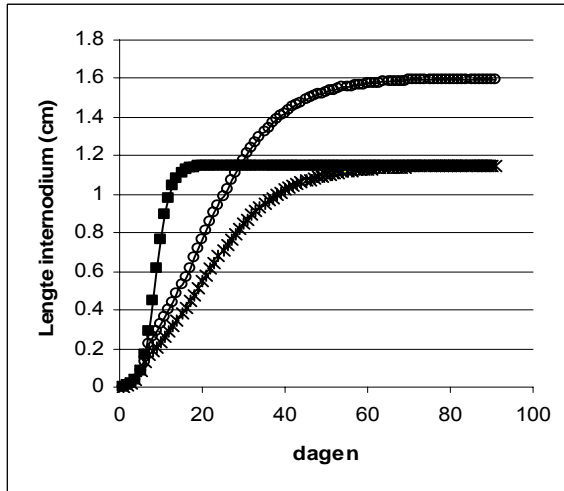


Fig 25– Dichte (■) symbolen geven strekking aan van één internodium zoals gemodelleerd in het klimaatcelmodel met een snelle strekkingsgroei (constante  $b$  in Richard's functie = 0.5); de kruizen (x) geven de strekking aan van één internodium zoals gemodelleerd door het klimaatcelmodel met een lagere strekkingsnelheid (constante  $b$  in Richard's functie = 0.1); de open (O) symbolen geven de strekking aan van één internodium zoals gemodelleerd door het praktijkmodel met een lagere strekkingsgroei (constante  $b$  in Richard's functie = 0.1) en een groter maximum eindlengte van de internodium (factor  $A=1.6$  in de Richard's functie).

Met deze 2 parameteraanpassingen lijkt het model ontwikkeld op basis van klimaatcelproeven ook de praktijkmetingen goed te beschrijven (Fig. 26). Dit model met aangepaste strekkingsparameters voor de vegetatieve internodia noemen wij het praktijkmodel.

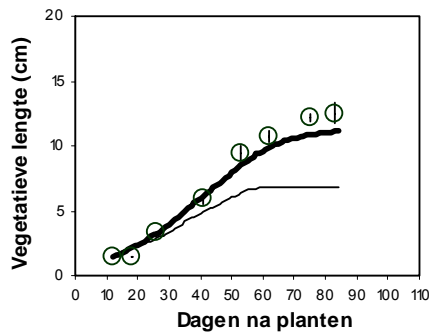


Fig. 26– Gemeten vegetatieve lengte (O) van cv. 'Anatole' in het zomerexperiment; ontwikkeling van de vegetatieve lengte zoals voorspeld door het model ontwikkeld n.a.v. klimaatcel experimenten (dunne lijn); ontwikkeling van de vegetatieve lengte zoals voorspeld door het model ontwikkeld n.a.v. praktijkexperimenten (dikke lijn). Het praktijkmodel heeft ten opzichte van het klimaatcelmodel een hogere maximum internodiuumlengte (1.6 i.p.v. 0.98 cm) en een lagere strekkingsnelheid (constant  $b = 0.1$  i.p.v. 0.5).

- Model voor lengte in praktijkproeven.** In figuren 27 en 28 zijn de eindlengte, vegetatieve en generatieve lengte en het aantal internodia voor 'Anatole' weergegeven in de winter en zomerproef, gemeten als gesimuleerd. Hiervoor is het praktijkmodel gebruikt.

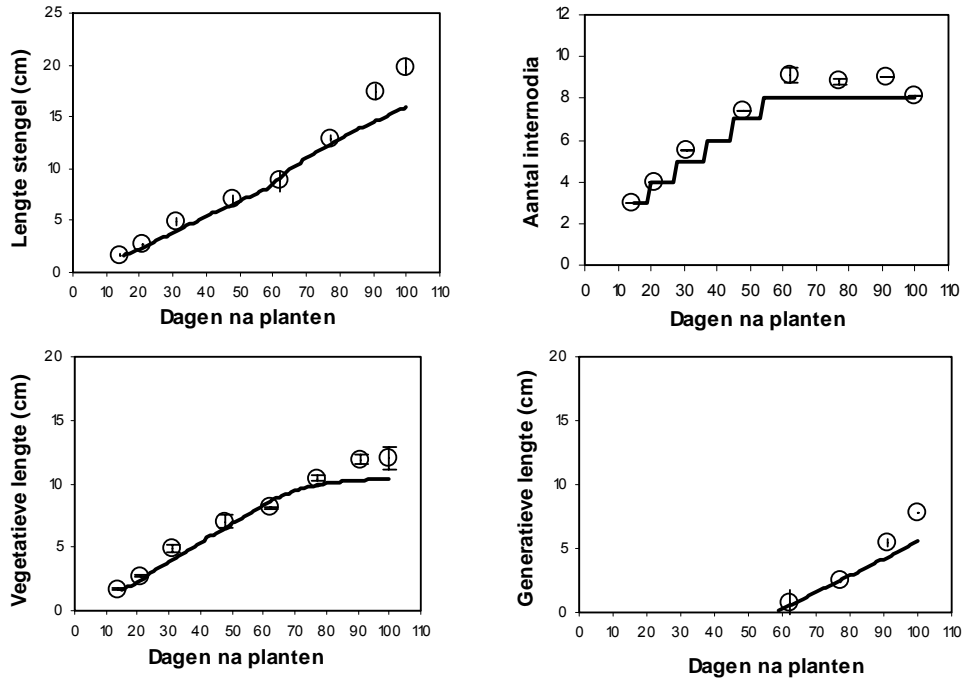


Fig. 27 – Verloop van de gemeten (O) en voorspelde (lijnen) totale lengte, aantal internodia, vegetatieve en generatieve lengte van 'Anatole' in het praktijk experiment in de winter. Eindlengte van de vegetatieve internodia ( $A=1.25\text{cm}$ ) en de strekkingsduur van deze internodia ( $b=0.1$ ) zijn verhoogd t.o.v. het model ontwikkeld op basis van de klimaatcelproeven (zie punt 6).

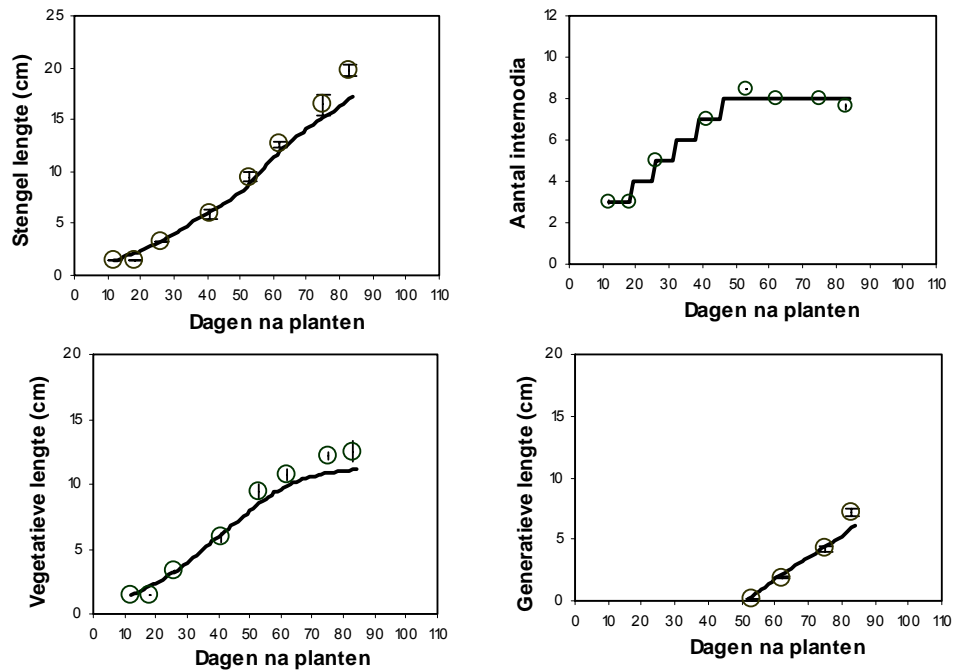


Fig. 28 – Verloop van de gemeten (O) en voorspelde (lijnen) totale lengte, aantal internodia, vegetatieve en generatieve lengte van 'Anatole' in het praktijk experiment in de zomer. Eindlengte van de vegetatieve internodia ( $A=1.25\text{cm}$ ) en de strekkingsduur van deze internodia ( $b=0.1$ ) zijn verhoogd t.o.v. het model ontwikkeld op basis van de klimaatcelproeven (zie punt 6).

## 4.3 Conclusie

De lengte van de planten en de reactietijd kan zeer goed voorspeld worden onder constante omstandigheden. Onder praktijkomstandigheden kan de reactietijd ook zeer goed voorspeld worden. De generatieve lengte en het aantal internodia worden goed voorspeld, echter de totale vegetatieve lengte van de plant wordt sterk onderschat door het eerste concept van het klimaatcelmodel (gebaseerd op de proeven in de klimaatcellen). 24-uur schommelingen in temperatuur zoals die in de kas plaatsvinden en in de klimaatcellen niet en het verschil in spectrale samenstelling van TL-licht in de klimaatcellen en zon en SON-T licht in de kas, hebben waarschijnlijk een groot effect op deze strekking, zowel op de eindlengte van de internodia als de periode van strekken van de internodia. Voor de cultivar 'Anatole' waarop dit praktijkmodel is gebaseerd is voor de zomerteelt een factor van 1.6 gehanteerd. Dit betekent een eindlengte van de vegetatieve internodia die 60% hoger is dan onder een door het klimaatcelmodel voorspelde lengte onder de licht en temperatuurniveaus in de praktijkproef. In de winter waarin de temperatuurschommelingen een veel geringere rol lijken te spelen is deze factor 1.25. Ook is de periode van groei van de internodia verlengd in het praktijkmodel door één van de parameters van de Richard's functie (parameter b) die de internodia strekking omschrijft te verlagen van 0.5 naar 0.1. Met deze aanpassingen is een goed werkend praktijkmodel gerealiseerd. Dit wordt in het volgende hoofdstuk gecalibreerd voor andere cultivars en gevalideerd op deze cultivars in kleinere potmaten.





## 5 Calibratie en validatie van het model voor andere cultivars (en potmaten)

Na het bouwen en calibreren van het praktijkmodel voor 'Anatole' met gebruik van de data van de experimenten in de klimaatcellen en in de praktijk is het calibreren en valideren van het model met verschillende cultivars en potmaten mogelijk. Zoals in het voorgaande hoofdstuk omschreven is, zijn er een aantal cultuurkenmerken die van belang zijn bij het calibreren van een model. Deze kenmerken zijn; internodia afsplitsingssnelheid, eindlengte vegetatieve internodium, generatieve strekkingssnelheid, start generatieve strekking en reactietijd. In dit hoofdstuk wordt dit model gecalibreerd voor andere cultivars ('Debbie', 'Mie', 'Delia', 'Tenorio', 'Toleda' en 'Pandora') met gebruik van de data uit de praktijkexperimenten voor de 10.5 cm potmaat en gevalideerd met data van dezelfde proef en de cultivars 'Anatole', 'Debbie', 'Mie', 'Delia', 'Tenorio', 'Toleda' en 'Pandora' in de 7 cm potmaat. Voor de cultivar 'Alexandra' heeft geen calibratie plaatsgevonden omdat de stekken van het zomerexperiment zeer groot waren en ze later zijn gestoken dan de andere cultivars.

### 5.1 Calibratie van het model naar andere cultivars

1. **De reactie tijd** is berekend ten opzichte van 'Anatole'. Als bijvoorbeeld 'Anatole' een reactietijd van 80 dagen heeft en een andere cultivar onder dezelfde condities 70 dagen, dan wordt voor de nieuwe cultivar de reactietijd met  $70/80$  vermenigvuldigd.
2. **De internodium afsplitsingssnelheid** is berekend als een gemiddelde lineaire toename in aantal internodia gedurende de periode na beworteling tot een aantal weken in de korte dag in de winter en zomer experimenten. Dit is één waarde per cultivar voor alle seizoenen en loopt van 0.08 bij de cv. 'Mie' tot 0.16 bladparen per dag bij de cv. 'Pandora'. 'Anatole' heeft onder praktijkomstandigheden een gemiddelde afsplitsingssnelheid van 0.13. Voor de andere cultivars moet de bladafplitsingssnelheid t.o.v. 'Anatole' aangepast worden. In het praktijkmodel betekent dit dat 'Anatole', 'Debbie' en 'Tenorio' dezelfde afsplitsingssnelheid hebben (factor 0.75), 'Toleda', 'Delia' en 'Mie' hebben een lagere waarde en 'Pandora' heeft een hogere waarde (zie Tabel 13).
3. **Gemiddelde max. vegetatieve internodium lengte** is een waarde die overeenkomt met de actuele gemiddelde internodium lengte bij de aflevering van de plant. In de cultivars 'Anatole', 'Debbie', 'Delia' en 'Tenorio' is er een verschil tussen de maximale internodiumlengte in de winter en de zomer omdat deze cultivars gevoelig zijn voor extra strekking in de zomer vermoedelijk veroorzaakt door een grotere schommeling in etmaaltemperatuur. De cultivars 'Pandora', 'Mie' en 'Toleda' reageren hier in mindere mate op (Tabel 13).
4. **De generatieve strekking** is niet opgedeeld in internodia en omdat de strekking in de zomer en de winter redelijk gelijk is, is één waarde voor elke cultivar gebruikt. Dit is ook berekend ten opzichte van 'Anatole'. 'Anatole' gaf een generatieve lengte van gemiddeld 7.5 cm en voor de andere cultivars is in het model de generatieve strekking aangepast ten opzichte van 'Anatole'. Bijvoorbeeld de generatieve strekking van 'Debbie', 'Tenorio' en 'Toleda' is hoger dan 'Anatole' en van 'Delia' en 'Pandora' is het lager. 'Mie' heeft een gelijke generatieve strekking als 'Anatole' (Tabel 13).
5. **De start van de generatieve strekking** (niet in Tabel 13) is niet aangepast voor de cultivars in dit experiment zodat dit ook in het model getest kan worden. Alle cultivars starten de generatieve strekking op hetzelfde punt (afhankelijk van het seizoen) als 'Anatole'. In de sectie resultaten wordt dit geëvalueerd.

Tabel 13 – Plantkenmerken die in het praktijkmodel aangepast zijn voor de cultivars ‘Anatole’, ‘Debbie’, ‘Delia’, ‘Mie’, ‘Tenorio’, ‘Toleda’ en ‘Pandora’ t.o.v. het model ontwikkeld voor de cultivar ‘Anatole’ in de klimaatcellen proef (in dit model waren alle plantkenmerken met een factor 1 aangeduid) . Deze kenmerken zijn de reactie tijd, internodium afsplitsingssnelheid en de gemiddelde maximum vegetatieve internodiale lengte en generatieve lengte zoals omschreven in het model in hoofdstuk 4. ‘Anatole’ heeft in het praktijkexperiment een 25% lagere bladafplitsingssnelheid dan met het klimaatcelmodel voorspeld wordt, vandaar een factor 0.75, de factor voor de vegetatieve internodiale lengte is 1.25 in de winter, 1.6 in de zomer (deze factoren komen toevallig overeen met de lengte in cm omdat de lengte van de internodia in het klimaatcelmodel tussen de 0.9 en 1 cm waren, voor uitleg zie punt 6. blz 30 en Tabel 12).

| Cultivar | Seizoen | Factor voor reactie tijd | Internodium afsplitsingssnelheid (internodia /dag) | Factor gebruikt in het model voor de internodium afsplitsingssnelheid | Gem. max. internodium-lengte (in cm) | Factor gebruikt in het model voor gemiddelde maximum internodium-lengte | Generatieve lengte (in cm) | Factor gebruikt in het model voor generatieve strekking |
|----------|---------|--------------------------|--|---|--------------------------------------|---|----------------------------|---|
| Anatole  | winter  | 1                        | 0.13   | 0.75  | 1.25                                 | 1.25  | 7.8                        | 1   |
|          | zomer   |                          |  |   | 1.6                                  | 1.6   | 7.2                        |   |
| Debbie   | winter  | 0.99                     | 0.15   | 0.75  | 1.2                                  | 1.2   | 9.3                        | 1.2   |
|          | zomer   |                          |  |   | 1.7                                  | 1.7   | 9.2                        |   |
| Delia    | winter  | 0.99                     | 0.10   | 0.50  | 0.9                                  | 0.9   | 3.3                        | 0.5   |
|          | zomer   |                          |  |   | 1.1                                  | 1.1   | 3.9                        |   |
| Mie      | winter  | 1.10                     | 0.08   | 0.50  | 1.9                                  | 1.8   | 6.2                        | 1   |
|          | zomer   |                          |  |   | 1.7                                  | 1.8   | 6.7                        |   |
| Pandora  | winter  | 1.04                     | 0.16   | 1.00  | 1.2                                  | 1.1   | 4.7                        | 0.6   |
|          | zomer   |                          |  |   | 1.1                                  | 1.1   | 4.2                        |   |
| Tenorio  | winter  | 1.04                     | 0.13   | 0.75  | 1.9                                  | 1.9   | 9.2                        | 1.2   |
|          | zomer   |                          |  |   | 2.2                                  | 2.2   | 7.8                        |   |
| Toleda   | winter  | 0.96                     | 0.12   | 0.70  | 1.6                                  | 1.6   | 12.9                       | 1.7   |
|          | zomer   |                          |  |   | 1.6                                  | 1.6   | 11.3                       |   |

## 5.2 Resultaten van de calibratie naar andere cultivars

### De reactietijd

Het praktijkmodel ontwikkeld voor ‘Anatole’ geeft een goede voorspelling van de reactietijd van ‘Anatole’ in het praktijkexperiment voor de 10.5 cm potmaat. Voor de andere cultivars is er in het model een ‘tuning factor’ voor de reactietijd ingebouwd. Dit is één cultivar-specifieke waarde in de 10.5 cm potmaat ten opzicht van de reactietijd van ‘Anatole’ (zie Tabel 13) . Dezelfde waarde is gebruikt voor zowel winter als zomer. In figuur 29 is voor de reactietijd in dagen het voorspelde aantal uitgezet tegen het gemeten aantal. Voor de cultivars ‘Debbie’ en ‘Delia’ aan de linkerzijde van de grafiek is in de zomer de gemeten reactietijd korter dan de voorspelde waarde. Voor de winter en de overige cultivars is de voorspelling goed.

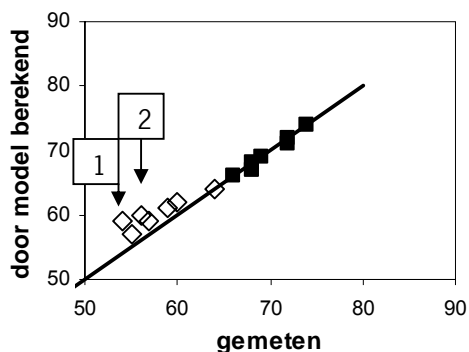


Fig. 29 – Gemeten en door praktijkmodel voorspelde reactietijd voor alle cultivars in de 10.5 cm pot in winter (■) en zomer (◇). Lijn is x=y. Punt1 is 'Debbie' en punt 2 is 'Delia', beide in de zomer.

### De internodium afspitsingssnelheid

De internodiumafspitsingssnelheid is berekend per cultivar voor alle cultivars in de 10.5 cm potten en dit is afhankelijk van de afsplitsingssnelheid tijdens de proeven (Tabel 13). 'Delia' en 'Mie' hebben de laagste afsplitsingssnelheid en 'Pandora' de hoogste. Eén waarde per cultivar is gebruikt in het model voor zowel het zomer als het winter experiment. In figuur 30 is het aantal gemeten en voorspelde internodia voor de cultivar 'Anatole' uitgezet.

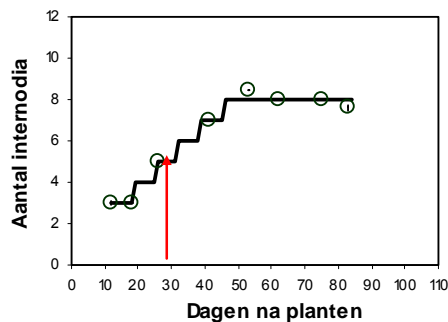


Fig. 30 – Gemeten (O) en door praktijkmodel voorspelde (lijn) aantal internodia uitgezet tegen de tijd voor 'Anatole' in de 10.5 cm pot in de zomer.

De internodiumafspitsingssnelheid van 'Anatole' wordt goed voorspeld. In de bijlage 5 is te zien dat ook voor de cultivars 'Debbie', 'Delia', 'Mie', 'Pandora', en 'Tenorio' de afsplitsingssnelheid goed is voorspeld. De grootste afwijking is in de winter bij de cultivar 'Delia' waar 1 internodium meer wordt voorspeld dan er werkelijk is afgesplitst.

**Vegetatieve lengte van de cultivars.** Lengte is opgebouwd uit een vegetatief en een generatief deel. Het vegetatief deel is opgebouwd uit het aantal internodia en de lengteontwikkeling van de internodia. In Tabel 13 is de maximum internodiumlengte voor de vegetatieve lengte van verschillende cultivars in 10.5 cm potmaat opgenomen en dit is gebruikt in het model. In de cultivars 'Anatole', 'Debbie', 'Delia' en 'Tenorio' is er een positief effect van de grote temperatuurschommelingen op de internodiumlengte in de zomer ten opzichte van de winter. Daarom zijn er twee waarden gebruikt voor deze cultivars. 'Mie', 'Pandora' en 'Toleda' geven dit beeld niet en daarom is één waarde gekozen voor zowel zomer als winter. In figuur 31 is de gemeten vegetatieve lengte uitgezet tegen de berekende lengte. Het afwijkende punt waarbij de door het model berekende lengte 4.5 cm langer is dan de gemeten waarde, is voor de cultivar 'Tenorio' in de zomer. De aparte dynamische lengteontwikkeling van de overige cultivars is in bijlage 4 te vinden.

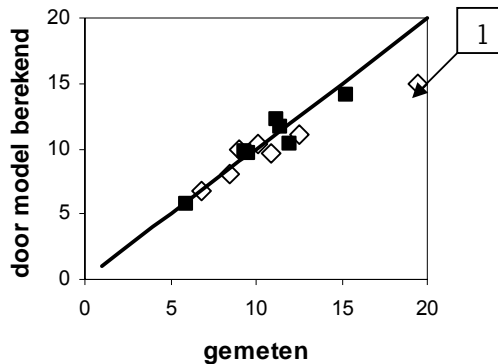


Fig. 31 – Gemeten en door praktijkmodel voorspelde vegetatieve lengte aan het eind van de teelt voor alle cultivars in de 10.5 cm pot in winter (■) en zomer (◇). Lijn is  $x=y$ . Punt 1 is 'Tenorio' in de zomer.

**Generatieve lengte van de cultivars.** Tussen de winter en de zomer experimenten is er weinig verschil in de generatieve lengte van één cultivar. Hierop lijken de temperatuur schommelingen minder effect te hebben. Voor elke cultivar is één waarde gekozen voor zowel het winter als het zomer experiment. In figuur 32 is voor de generatieve lengte de voorspelde waarde uitgezet tegen de gemeten waarde. Over het algemeen zijn de voorspelde waardes lager dan de gemeten waardes. Grote afwijkingen zijn zichtbaar bij 'Debbie' en 'Toleda' in de zomer en winter, en in de winter bij 'Anatole' en 'Tenorio'. De aparte dynamische lengteontwikkeling van de overige cultivars is in bijlage 4 weergegeven.

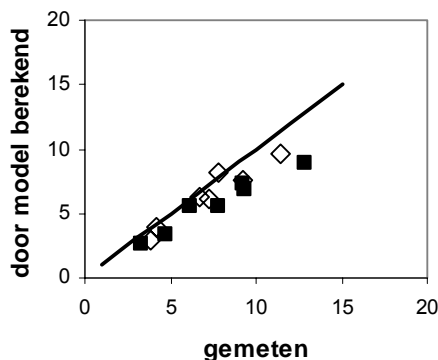


Fig. 32 – Gemeten en door praktijkmodel voorspelde generatieve lengte aan het eind van de teelt van alle cultivars in de 10.5 cm pot in winter (■) en zomer (◇). Lijn is  $x=y$

**De start van de generatieve strekking** is niet aangepast voor de andere cultivars in de 10.5 cm potmaat omdat alle cultivars in de 10.5 cm potmaat slechts een afwijking van 1-2 dagen tussen de voorspelde en de gemeten startdatum van de generatieve strekking toonden.

### 5.3 Validatie van het model voor andere potmaten

De validatie van het praktijkmodel omschreven in hoofdstuk 4 is uitgevoerd op de 7 cm potmaat van de cultivars die ook in de praktijkproef opgenomen waren. Voor de validatie is de lengte en het aantal internodia aan het begin, en het aantal lange dagen in het model aangepast. Verder werkt het model met gelijke gegevens als voor de 10.5 cm potmaat.

## Reactietijd

In de praktijkproef is gebleken dat per seizoen de 7 cm potmaat een langere reactietijd heeft dan de 10.5 cm pot (Tabel 14) hoewel dit verschil niet even groot is bij alle cultivars. In de winter is de reactietijd ook langer in beide potmaten maar de vertraging is groter bij de 7 cm potmaat dan in de 10.5 cm potmaat. (Tabel 15. Deze potmaatverschillen per seizoen geven een constanter beeld dan de verschillen tussen de seizoenen. Alleen geeft 'Toleda' een afwijkend beeld. Dit is een cultivar die in de praktijk te groot is voor 7 cm potten.

Tabel 14 – Verschillen in reactietijd tussen de potmaten in één seizoen in het praktijkexperiment

| cultivar | Winter 7 cm pot<br>t.o.v. winter 10.5 cm<br>pot | Zomer 7 cm pot<br>t.o.v. zomer 10.5<br>cm pot |
|----------|---|---|
| Anatole  | +4  | +2  |
| Debbie   | +8  | +5  |
| Delia    | +4  | +3  |
| Mie      | +12   | +3  |
| Pandora  | +14   | +9  |
| Tenorio  | +1  | +1  |
| Toleda   | +6  | +9  |

Tabel 15 – Verschillen in reactietijd tussen de seizoenen in het praktijkexperiment

| cultivar | Winter 7 cm pot<br>t.o.v. Zomer 7 cm<br>pot | Winter 10.5 cm pot<br>t.o.v. Zomer 10.5<br>cm pot |
|----------|---|---|
| Anatole  | +14   | +12   |
| Debbie   | +15   | +12   |
| Delia    | +13   | +12   |
| Mie      | +19   | +10   |
| Pandora  | +17   | +13   |
| Tenorio  | +12   | +12   |
| Toleda   | +8  | +8  |

## De internodium afsplitsingsnelheid van 'Anatole' in 7cm

In figuur 33 voor de cultivar 'Anatole' in de 7 cm potmaat is de internodium afsplitsingsnelheid te zien. Het aantal internodia wordt zeer goed voorspeld door het model voor de cultivars 'Debbie', 'Mie' en 'Anatole' in de zomer. Van de overige cultivars is de afwijking maximaal 1 behalve bij 'Pandora' in de winter waar een afwijking van 2 voorkomt. Voor de overige cultivars zie bijlage 7.

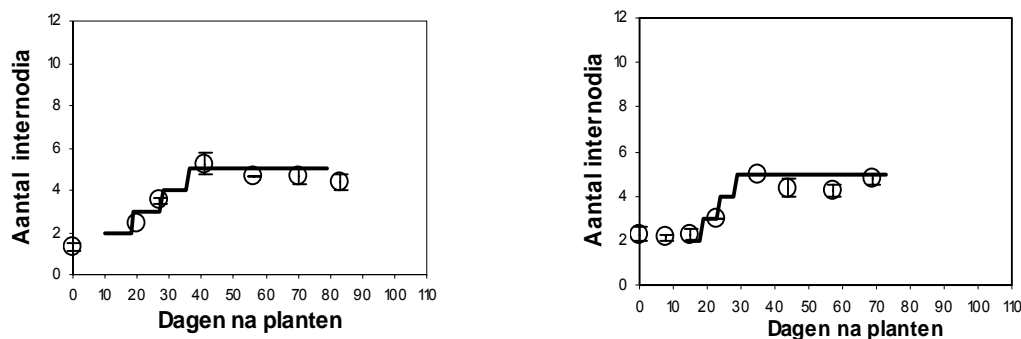


Fig. 33 – Door praktijkmodel voorspelde (lijn) en gemeten (O) aantal internodia uitgezet tegen de tijd voor 'Anatole' in 7 cm potmaat in de winter (links) en zomer (rechts).

**Vegetatieve lengte van 'Anatole' in 7 cm.** Lengte is opgebouwd uit een vegetatieve en een generatieve deel. De vegetatieve deel is opgebouwd uit internodia en de lengtes van de internodia. In de praktijkproef is gebleken dat de vegetatieve internodia in de 10.5 cm potmaat niet significant langer of korter waren dan die in de 7 cm potmaat. In figuur 34 zijn de voorspelde vegetatieve lengte voor 'Anatole' uitgezet tegen de gemeten lengtes.

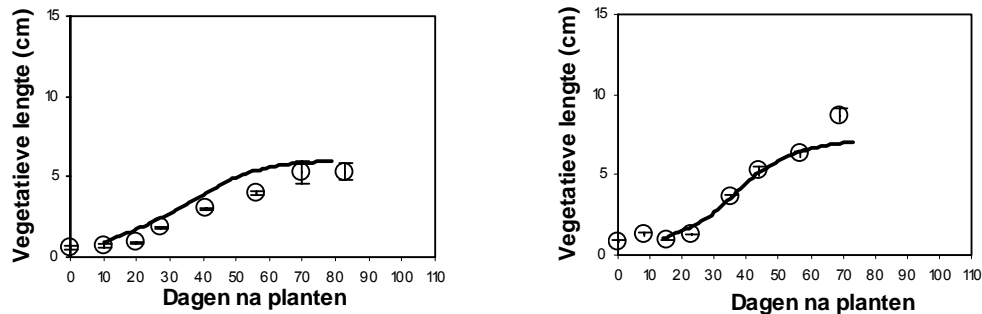


Fig. 34 – Door praktijkmodel voorspelde (lijn) en gemeten (O) vegetatieve lengte voor 'Anatole' in 7 cm potmaat in de winter (links) en zomer (rechts).

In de zomer is de fit voor lengte goed maar in de winter is de ontwikkeling van lengte lijkt overschat hoewel de eindlengte goed voorspeld wordt. Voor de overige cultivars zie bijlage 6. Het beeld van de vegetatieve lengte bij 'Anatole' was ook zichtbaar bij de cultivars 'Debbie', 'Pandora', 'Mie' en 'Tenorio'. De overige waarden van de voorspelde en gemeten lengte zijn in de figuur 35. De vegetatieve lengtes tonen een verschil tussen gemeten en voorspelde waarden van 0 cm in het geval van 'Debbie' en 'Mie' in de zomer, 0.1 cm in 'Delia' in de zomer en winter tot 1.8 cm bij 'Pandora' in de zomer.

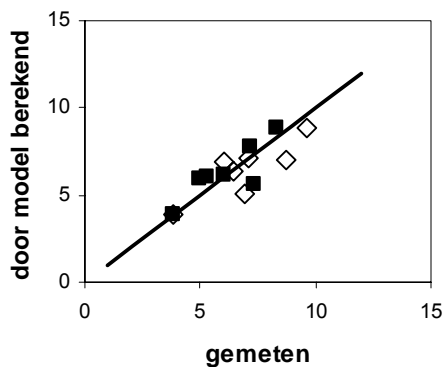


Fig. 35 – Gemeten en door praktijkmodel voorspelde vegetatieve lengte aan het eind van de teelt van alle cultivars in de 7 cm pot in winter (■) en zomer (◇). Lijn is  $x=y$ .

**Generatieve lengte van 'Anatole' in 7 cm.** Tussen de winter en de zomer experimenten is er weinig verschil tussen de generatieve lengte van één cultivar. Hierop lijken de temperatuurschommelingen minder effect te hebben. Voor elke cultivar is één waarde gekozen voor zowel de winter als de zomer experiment. In figuur 36 zijn voor de generatieve lengte de voorspelde waarde uitgezet tegen de gemeten waarde. Over het algemeen zijn de voorspelde waarden lager dan de gemeten waarden. Grote afwijkingen zijn zichtbaar bij 'Debbie' in de zomer en winter, en in de winter bij 'Anatole' en 'Tenorio'. De apart dynamische lengteontwikkeling van de overige cultivars is weergegeven in bijlage 6. In figuur 37 zijn de voorspelde generatieve lengte voor 'Anatole' uitgezet tegen de gemeten lengtes.

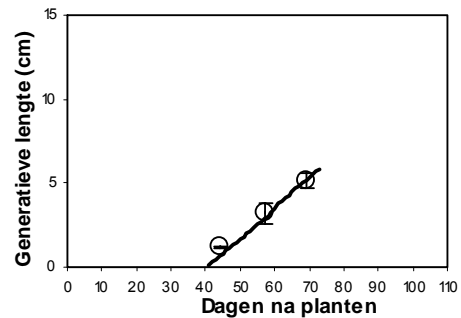
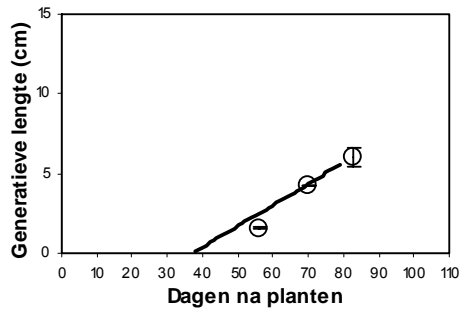


Fig. 36 – Door praktijkmodel voorspelde (lijn) en gemeten (O) generatieve lengte voor ‘Anatole’ in 7 cm potmaat in de winter (links) en zomer (rechts).

De gemeten generatieve lengte van ‘Delia’ was gelijk aan de voorspelde waarde, terwijl het grootste verschil tussen de voorspelde en gemeten generatieve lengte voor ‘Debbie’ in de winter werd waargenomen; de voorspelde waarde bleef 2.1 cm achter bij de gemeten waarde (Fig. 37). Voor de andere cultivars zie bijlage 6.

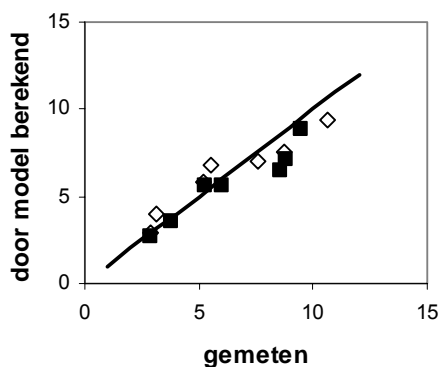


Fig. 37 – De gemeten en door praktijkmodel voorspelde generatieve lengte aan het eind van de teelt van alle cultivars in de 7 cm pot in winter (■) en zomer (◇). Lijn is  $x=y$

**De start van de generatieve strekking.** Hier is geen aanpassing gedaan voor de verschillende cultivars of de potmaat. In de grafieken in bijlage 7 is te zien dat voor de cultivars ‘Debbie’, ‘Delia’, ‘Tenorio’ in beide potmaten de start van de generatieve strekking geen aanpassing nodig heeft omdat de voorspelde dag slechts 1-2 dagen afweek van de gemeten dag. Alleen de cultivars ‘Pandora’ voor de 7 cm potmaat in winter en zomer en ‘Mie’ voor de 7 cm potmaat in de winter hadden een afwijkende startdatum voor de generatieve strekking. Dit werd in de winter op 10 dagen te vroeg voorspeld voor beide cultivars en in de zomer voor ‘Pandora’ was het 5 dagen te vroeg voorspeld.

## 6 Discussie

De lengte van de planten en de reactietijd kan zeer goed voorspeld worden onder constante omstandigheden. Onder praktijkomstandigheden kan de reactietijd ook zeer goed voorspeld worden. De generatieve lengte en het aantal internodia worden goed voorspeld, echter de totale vegetatieve lengte van de plant wordt sterk onderschat door het eerste concept van het model. De 24-uur schommelingen in

temperatuur zoals die in een kas voorkomen, hebben een groot effect op deze strekking, zowel de lengte van de internodia als de periode van strekken van de internodia.

Calibratie van het model voor de overige cultivars heeft goede resultaten opgeleverd. De resultaten van de twee praktijkproeven zijn gebruikt om het model te calibreren. In het model zijn de gemeten waarden van 'Anatole' vervangen door gemeten waarden van de overige cultivars. Voor internodia-afsplitsing, reactietijd en generatieve lengte is één waarde voor de winter en zomer calibratie gebruikt. Voor de maximum internodium lengte zijn er voor de cultivars 'Anatole', 'Debbie', 'Delia' en 'Tenorio' twee waarden gekozen omdat in de praktijkproeven duidelijk was dat de grotere temperatuurschommelingen in de zomer langere internodia veroorzaakten.

Validatie van het praktijkmodel voor een andere potmaat gaf wel goede resultaten voor het aantal internodia en lengte maar de reactie tijd kon zo niet voorspeld worden. Voor de reactietijd is er één waarde per cultivar voor zowel 10.5 als 7 cm gebruikt. Echter in hetzelfde seizoen had de 7 cm potmaat altijd een langere reactietijd dan de 10.5 cm potmaat.

Het model is gebaseerd op 'Anatole' met 12 dagen kortere reactietijd in de zomer dan in de winter voor de 10.5 cm potmaat. Voor de 7 cm potmaat loopt dit verschil op naar 14 dagen tussen de seizoenen. In de zomer is het verschil tussen de 'Anatole' potmaten 2 dagen terwijl het in de winter 4 dagen is.

Alle andere cultivars behalve 'Toleda' geven hetzelfde beeld, het verschil in reactietijd tussen de winter en de zomer én tussen de potmaten 7 cm en 10.5 cm is hetzelfde (+/- 1 dag). Dit maakt het mogelijk de reactietijd wel goed te voorspellen indien de reactietijd van de cultivars ten opzichte van 'Anatole' bekend is.

Het aantal internodia in de 7 cm potmaat is zeer goed tot goed voorspeld door het model met in de meeste cultivars en in beide seizoenen een afwijking van 0 of 1. Alleen bij de cultivar 'Pandora' in de winter is er een onderschatting van het model met 2 internodia.

Het voorspellen van de eindwaarden van de vegetatieve en generatieve lengte van de planten in de 7 cm potmaat is goed. In de praktijkproef is gebleken dat de vegetatieve internodia in de 10.5 cm potmaat niet significant langer of korter waren dan die in de 7 cm potmaat. Dit maakt dat het model ontwikkeld voor de 10.5 cm potmaat ook gebruikt kan worden voor de 7 cm potmaat. In de zomer is de validatie voor lengte in de kleine potmaat goed maar in de winter is de ontwikkeling van lengte licht overschat door het model hoewel het eindlengte goed voorspeld wordt. De lengtetoeename is te hoog aan het begin van de teelt. Dit beeld was zichtbaar bij de cultivars 'Anatole', 'Debbie', 'Pandora', 'Mie' en 'Tenorio'. Dit kan mogelijk verklaard worden door het feit dat in de winter de cultivars in de 7 cm potmaat meteen na beworteling in de korte dag gezet worden. Met lage lichtniveaus is het waarschijnlijk dat de groei aan het begin van de teelt minder snel op gang komt dan bij de 10.5 cm potmaat in de winter. De 10.5 cm potmaten ontvangen meer licht aan het begin van de teelt omdat ze meer lange dagen ondergaan in een periode van lage licht intensiteit.

In het model is geen aanpassing gemaakt voor de start van de generatieve ontwikkeling. Hier weken alleen de cultivars 'Pandora' en 'Mie' af van de 1-2 dagen spreiding die alle andere cultivars toonden.

## 7 Conclusies

Het kan geconcludeerd worden dat het conceptmodel ontwikkeld op basis van een klimaatcelproef (constante temperatuur) voor de cultivar 'Anatole' in 10.5 cm potmaat na een aanpassing voor temperatuurschommelingen zoals die in een kas voorkomen, goed toepasbaar is voor de lengteberekeningen van 'Anatole' onder praktijkomstandigheden. Het modelleren van het aantal internodia en de onafhankelijke groei van deze internodia geeft een goede weergave van de ontwikkeling van de lengte gedurende de teelt.

Voor andere cultivars is een aanpassing van het model op een aantal cultivarspecifieke kenmerken noodzakelijk; maximum gemiddelde vegetatieve internodiumlengte, bladafsplitsingssnelheid, generatieve lengte en reactietijd. Hierna is het model gevalideerd op dezelfde cultivars in een 7 cm potmaat.



In deze validatie is de berekening van de eindlengte en de uiteindelijke vegetatieve en generatieve lengte goed. Vooral de ontwikkeling van het aantal internodia (waarop de lengte is gebaseerd) is goed voorspeld. De dynamische ontwikkeling van de lengte in de zomer in de 7 cm potmaat is ook goed voorspeld. Echter de voorspelde lengteontwikkeling in de winter toont wel een goede snelheid maar start te snel.

Dit model vormt een stevige basis voor een dynamische voorspelling van de lengteontwikkeling en de reactietijd van *Kalanchoe blossfeldiana* omdat de input uit actuele licht- en temperatuurgegevens bestaat. De plantkenmerken die de lengtegroei bepalen (bladafsplitsing en maximum internodium lengte) zijn de basis voor het model. Ook de afzonderlijke effecten van temperatuur en licht op de reactietijd zijn in dit model gebouwd. In een vervolgprouf worden ook de effecten van EC op de lengte en reactietijd onderzocht en indien van toepassing in het model opgenomen.



## 8 Literatuur

Eveleens, B., Carvalho, S., Heuvelink, E., Dijkshoorn, M., Een meet-, sorteer- en regelsysteem voor externe kwaliteit van Kalanchoë. PT verslag september 2004 Projectnummer: 41301848

Fjeld, T. 1990. Effects of temperature and irradiance level on plant quality at marketing stage and the subsequent keeping quality of Christmas begonia (*Begonia x cheimantha* Everett). *Norwegian Journal of Agricultural Sciences*. Vol 4, 3: 217-223.

Grossi, J.A., Pemberton, H.B. and Baker, J.T. 2003. Leaf photosynthesis, flower respiration and flower longevity of pot roses influenced by cultivar and growing environment. *Acta Hort.* 624, ISHS 2003.

Kyalo, T.M., Pemberton, H.B. and Zajicek, J.M. 1996. Seasonal growing environment affects quality characteristics and postproduction longevity of potted miniature roses. *Hort. Science* 31 (1): 120-122

[www.Letsgrow.com](http://www.Letsgrow.com)

Mortensen, L.M. 1994. Effects of day/night temperature variations on growth, morphogenesis and flowering of *Kalanchoe blossfeldiana* v. Poelln. At different CO<sub>2</sub> concentrations, daylengths and photon flux densities. *Sci. Hort.* 59 : 233-241.



## 9 Publicaties en presentaties

September 2003 Acta paper en poster van proeven in Horst en Aalsmeer op congress in Potsdam (Engels maar opgenomen in PT verslag 2003) Eveleens-Clark, B., Carvalho, S.M.P. and Heuvelink, E. 2004. A Conceptual Dynamic Model for External Quality in Kalanchoë. Acta Hort. 654:263-270

**Eind 2003 PT verslaglegging van proeven uitgevoerd in Aalsmeer en Horst.**

Mei 2004 presentatie van data van PT verslag 2003 aan BCO in Aalsmeer.

September 2004 een Acta paper in Leuven (Engels maar opgenomen in dit verslag 2006) . Carvalho, S.M.P., Eveleens-Clark, B., Heuvelink, E., 2005. Plant height formation in different cultivars of Kalanchoe. Acta Horticulturae 691: 83-89 .

September 2004 Lezing Jaap Bij de Vaate LTO bijeenkomst Arcen over modellen.

Bezichtiging van proef in klimaatcellen in oktober 2004 door gewasce. Kalanchoë in Wageningen

Eind 2004 verslaglegging van houdbaarheidsproef uitgevoerd in Aalsmeer (in Engels en Nederlands)

Maart 2005 presentatie van resultaten van klimaatcelproef aan gewasce. Kalanchoë in Rijswijk bij LTO.

Juni 2005 Acta paper over klimaatcelproeven. (Engels maar opgenomen in dit verslag). Carvalho, S.M.P., Wuillai, S.E., Heuvelink, E., 2006. Combined Effects of Light and Temperature on Product Quality of *Kalanchoë blossfeldiana*. Acta Horticulturae 711: 121-126

Artikel in Vakblad week 10 2005. Teeltmaatregelen proefdraaien met groeimodel. Florentine Jagers.

Artikel in Onderglas april 2004. Kalanchoë beter te sturen met groeimodel. S. Carvalho, E. Heuvelink (Wageningen Universiteit) en Thijs Kierkels.

LTO nieuwsletter 'Gewasnieuws Kalanchoë' in april 2004. Groeimodel als 'Ijzeren adviseur'. Jaap bij de Vaate. Substratus Horticultural Consultancy.

Artikel in Flower Tech (Engels) Vol. 8 No. 5 2005. Beter insight into the Control of Kalanchoë. S.M.P. Carvalho en E. Heuvelink (Wageningen University, Horticultural Production Chains)

April 2006 presentatie modelbouw bij LTO bijeenkomst Kalanchoë, Kwintshuil.

Juni 2006 Acta paper over model op symposium Hortimodel2006 in Wageningen. (Engels maar opgenomen in dit verslag) Carvalho, S.M.P., Eveleens-Clark, B., Bakker, M.J., Heuvelink, E., 2006

Improving product quality and timing of Kalanchoë: model development and validation.

Acta Horticulturae 718: 655-662.



## Bijlage 1 – Analyse van de historische gegevens uit de praktijk

Lengte was bijna wekelijks gemeten aan de hand van een meetlat in de pot. Het bloeistadium werd wekelijks genoteerd volgens Tabel 1. De gehanteerde indeling in bloeistadia wordt 'Stadium Praktijk' genoemd. Deze wijkt iets af van de indeling die in LetsGrow wordt gehanteerd.

**Eerste reeks plantmetingen** - Data van begin 2000 tot aan week 30 in 2003 zijn ontvangen in maart 2004 en aansluitend tot april 2004 geanalyseerd. Alleen de gegevens vanaf juli 2001 konden worden gebruikt, omdat er geen belichtingsgegevens beschikbaar waren over de periode voorafgaande aan week 27 van 2001. Er waren data van vier cultivars in de 7 cm potmaat ('Delia', 'Mie', 'Anatole' en 'Debbie') en twee cultivars in de 10.5 cm potmaat ('Anatole' en 'Debbie'). De data was niet compleet omdat de locaties bij start van de korte dag niet altijd duidelijk waren.

**Tweede reeks plantmetingen** - Data van week 30 2003 tot week 17 2004 waren ontvangen in augustus 2004 en geanalyseerd van oktober tot november 2004. Deze dataset was uitgebreid met 'Ridge' en 'Pandora' in a 7 cm potmaat en 'Mie', 'Parcival' en 'Pandora' in de 10.5 cm potmaat. Deze data waren nauwkeuriger dan die in de eerste serie, omdat de locatie van de gemeten planten naast de metingen genoteerd was. Maar in deze reeks ontbraken ook locaties van de planten, gegevens over de bloeistadia en/of de lengte van de planten.

**Extra data van 'Anatole' in 10.5 potmaat** - In weken 36, 42 en (2004) zijn van de cultivar 'Anatole' in 10.5 cm potmaat planten naar Aalsmeer gestuurd en daar destructief gemeten. De lengte en reactiesnelheid (bloeistadia per dag) konden worden gecorreleerd met licht- en temperatuurgegevens tijdens de groeifase.

Tabel 1- Bloeistadia zoals gebuikt in de experimenten in de klimaatcellen en op het praktijkbedrijf

| Stadium Praktijk | Lets Grow | Omschrijving   | Veiling sortering | Omschrijving        |
|------------------|-----------|--|-------------------|---------------------|
| 0                | 0         | Geen bloemknop. Plant is vegetatief  |                   |                     |
|                  | 1         | Bloemknop met blote oog niet te zien   |                   |                     |
|                  | 2         | Jongste blad omvat knopjes. Bij wegbuigen klein bloemtrosje van 1 mm te zien             |                   |                     |
| 3                | 3         | 1 bovenste knop te zien  |                   |                     |
| ?                | 4         | Hoofdknop zichtbaar  |                   |                     |
| ?                | 5         | Hoofdknop boven de 2 secundaire knoppen uit  |                   |                     |
| ?                | 6         | Hoofdknop boven schutblaadjes. Rode puntjes Bloemtrossen uit bladoksels omhoog. Draadjes |                   |                     |
| ?                | 7         | Kelkblaadjes hoofdknop wijken. Bovenste puntje bloemblaadjes te zien. Rode puntjes.      |                   |                     |
| 6                | 8         | Kelkblaadjes wijken en bloem komt omhoog   |                   |                     |
| 6½               | 9         | Gekleurde bloemknop komt boven de kelkblad   | (0)               | 0 bloemen per plant |
| 7                | 10        | Hoofdknop open. Plant 1 tot 3 bloemen  | 1                 | 1-3 bloemen         |
| 8                | 11        | Per plant zijn 4 tot 8 bloemen geopend   | 2                 | 4-8 bloemen         |
|                  | 12        | Per plant zijn 9 tot 15 bloemen geopend  | 3                 | 9-15 bloemen        |
|                  | 13        | Per plant zijn meer dan 15 bloemen geopend   | 4                 | Meer dan 15 bloemen |

## Resultaten

**De effecten van licht en temperatuur op de strekkingsnelheid en de reactiesnelheid van de verschillende cultivars en potmaten** - Met de plantmetingen en klimaatdata van het praktijkbedrijf is getracht een overzicht te maken van de effecten van licht (berekend zoals beschikbaar voor de planten) en temperatuur (gemiddelde 24-uur) op de strekkingsgroei en reactiesnelheid (bloeistadia per dag) van de verschillende cultivars en potmaten (Tabel 2). Dit is gedaan door van verschillende partijen de strekkingsnelheid en de reactietijd uit te rekenen en te correleren aan het klimaat in de korte dag.

Tabel 2 – Effect van licht en temperatuur op de strekkingsgroei en reactietijd per cultivar en potmaat

| Cultivar / pot | Remmen Keren | Lengte_temp<br>(x = temp in graden)   | Lengte_licht<br>(x = licht in mol)    | Reactiesnelheid_temp<br>(x = temp in graden) | Reactiesnelheid_licht<br>(x = licht in mol) |
|----------------|--------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--|---|
| Delia_7        | 0            | 0.34x - 6.11<br>R <sup>2</sup> = 0.67 | 0.04x + 0.68<br>R <sup>2</sup> = 0.63 | 0.02x - 0.3<br>R <sup>2</sup> = 0.58         | 0.003x + 0.09<br>R <sup>2</sup> = 0.65      |
| Anatole_7      | 4-7          | 0.11x - 1.16<br>R <sup>2</sup> = 0.09 | 0.04x + 0.76<br>R <sup>2</sup> = 0.54 | 0.04x - 0.68<br>R <sup>2</sup> = 0.80        | 0.004x + 0.09<br>R <sup>2</sup> = 0.63      |
| Debbie_7       | 3-6          | 0.32x - 5.52<br>R <sup>2</sup> = 0.59 | 0.03x + 1.01<br>R <sup>2</sup> = 0.30 | 0.01x - 0.12<br>R <sup>2</sup> = 0.62        | 0.001x + 0.09<br>R <sup>2</sup> = 0.29      |
| Anatole_10.5   | 0-3          | 0.34x - 5.34<br>R <sup>2</sup> = 0.36 | 0.06x + 1.15<br>R <sup>2</sup> = 0.64 | 0.02x - 0.33<br>R <sup>2</sup> = 0.42        | 0.003x + 0.09<br>R <sup>2</sup> = 0.23      |
| Debbie_10.5    | 2-3          | 0.25x - 3.13<br>R <sup>2</sup> = 0.47 | 0.03x + 1.76<br>R <sup>2</sup> = 0.63 | 0.03x - 0.42<br>R <sup>2</sup> = 0.39        | 0.003x + 0.08<br>R <sup>2</sup> = 0.55      |

Hoe meer groeiremmer gebruikt in de 7 cm potmaat hoe lager de correlatie (lager R waarde) van licht en temperatuur op strekkingsgroei.

De temperatuur heeft het meeste effect op deze plantkenmerken (Tabel 2). Als voorbeeld zijn er grafieken (Figs. 1,2 en 3) gemaakt van de reactie van de cultivar 'Delia' in een 7 cm potmaat. Dit is de enige cultivar zonder remmiddel.

De seizoensafhankelijke strekkingsgroei tijdens de korte dag in deze cultivar is gepresenteerd in figuur 1. De strekkingsgroei is grotendeels beïnvloed door plantdatum. De strekkingsgroei van partijen geplant in mei was rond 1.7 mm per dag terwijl de strekkingsgroei van planten geplant aan het eind van de zomer en in het najaar was erg laag tot 0.8 mm per dag in oktober. Deze seizoensinvloed is te wijten aan licht en temperatuur verschillen tijdens het jaar. In figuren 2 en 3 is de gemiddelde dagelijkse lichtsom tijdens de dagen van de korte dag periode en de gemiddelde dagelijkse temperatuur tijdens de korte dag periode uitgezet tegen de strekkingsgroei.

In beide gevallen is er een positieve lineaire relatie tussen deze factoren en strekkingsgroei. Een variatie in gemiddelde temperatuur van minder dan 2.5°C verklaart 67% van de variatie in strekkingsgroei. Het gemiddelde dagelijks som was zeer variabel gedurende het jaar (factor van 4 verschil) en in dit voorbeeld was 63% van de variatie in de strekkingsgroei verklaard door lichtniveau in de kas.

De effecten van licht en temperatuur op bloeistadia konden niet verder worden uitgewerkt omdat de data vaak niet volledig waren. Deze relatie met licht en temperatuur is over een korte periode; laatste stadium dat gemeten werd was 7. Als wij de temperatuur formule nemen voor 'Delia' is het aantal stadia per dag bij 21 °C = 0.12 (21 \* 0.02-0.3). Als 7 stadia uit moeten groeien, betekent dit dat de reactietijd voor 'Delia' bij 21 °C = 58 dagen. Bij dezelfde berekening voor licht geeft bij 12.5 Mol m<sup>-2</sup> per dag een reactietijd van 55 dagen.



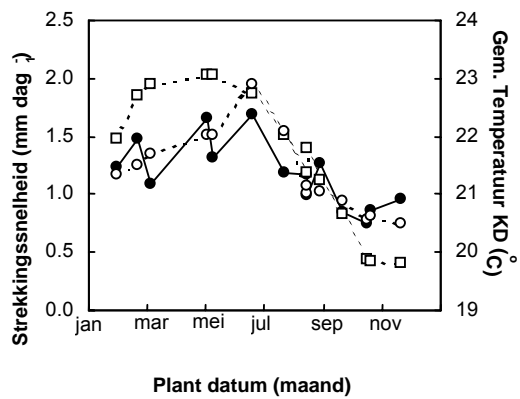


Fig. 1 – Streckingsnelheid van de hoofdscheut (●) uitgezet tegen gemiddelde dagelijkse temperatuur (○) en gemiddelde PAR (□, mol m<sup>2</sup>day<sup>-1</sup>) in *Kalanchoe blossfeldiana* 'Delia'. Waardes voor PAR-licht af te lezen op linkse y-as vermenigvuldigd met 10.

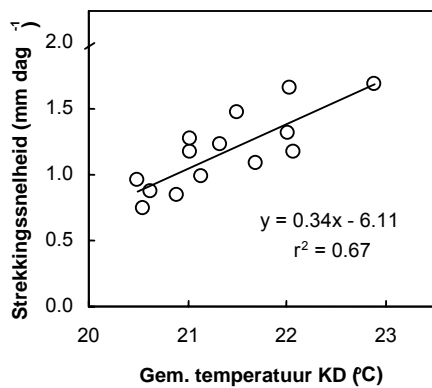


Fig. 2 – Streckingsnelheid van de hoofdscheut (●) uitgezet tegen gemiddelde dagelijkse temperatuur (○) in *Kalanchoe blossfeldiana* 'Delia'.

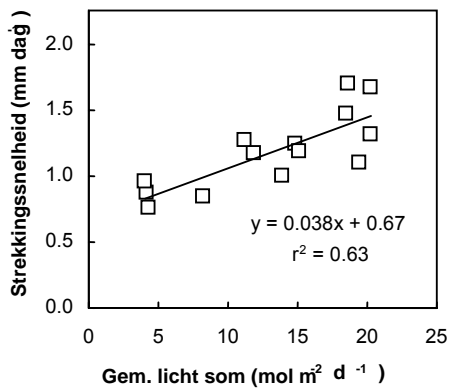


Fig. 3 – Streckingsnelheid van de hoofdscheut uitgezet tegen gemiddelde dagelijkse PAR-licht niveau in *Kalanchoe blossfeldiana* 'Delia'.

### Combinatie van alle data van 'Anatole' in 10.5 cm potmaat.

In figuur 4 is de strekkingsgroei van alle bruikbare data van 'Anatole' zowel van de praktijkdata als van de destructieve data uitgezet tegen de gemiddelde temperatuur tijdens de korte dag periode. Er lijkt een maximum strekkingsgroei te zijn dat bepaald wordt door het aantal remapplicaties (Fig. 5). Hoe hoger de gemiddelde temperatuur tijdens de korte dag hoe hoger het aantal remmiddelapplicaties.

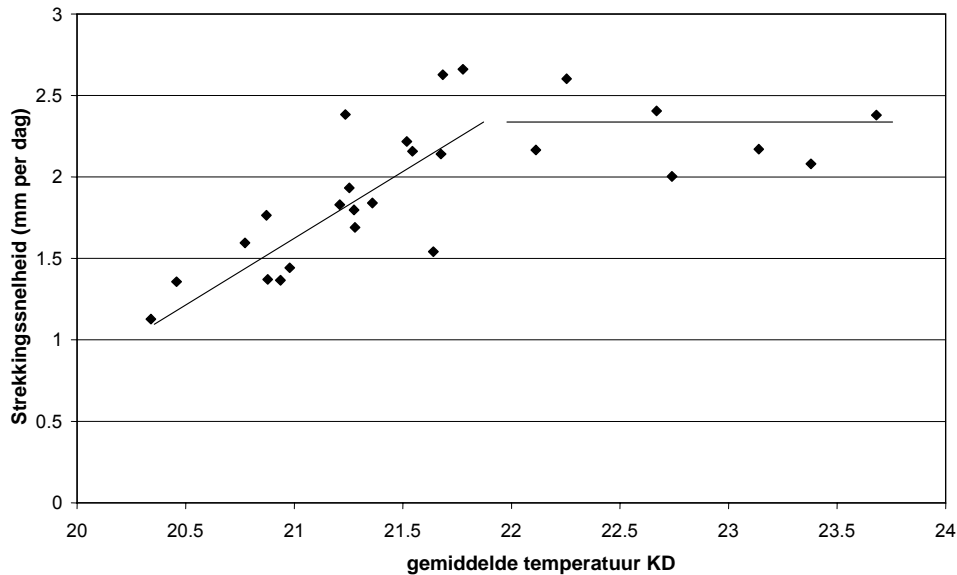


Fig. 4 – Streckingsnelheid en gemiddelde temperatuur tijdens korte dag

De twee afwijkende punten in figuur 5 waar 6 en 7 remmiddel applicaties zijn geweest terwijl de temperatuur tijdens de korte dag laag is (21.2 °C) kunnen verklaard worden door het feit dat deze partijen gestart zijn in week 28 waar de lange dag periode een zeer hoog gemiddelde temperatuur had. Partijen gestart rond week 28 in de jaren 2002, 2003 en 2004 hadden steeds hoge gemiddelde temperaturen tijdens de lange dag periode.

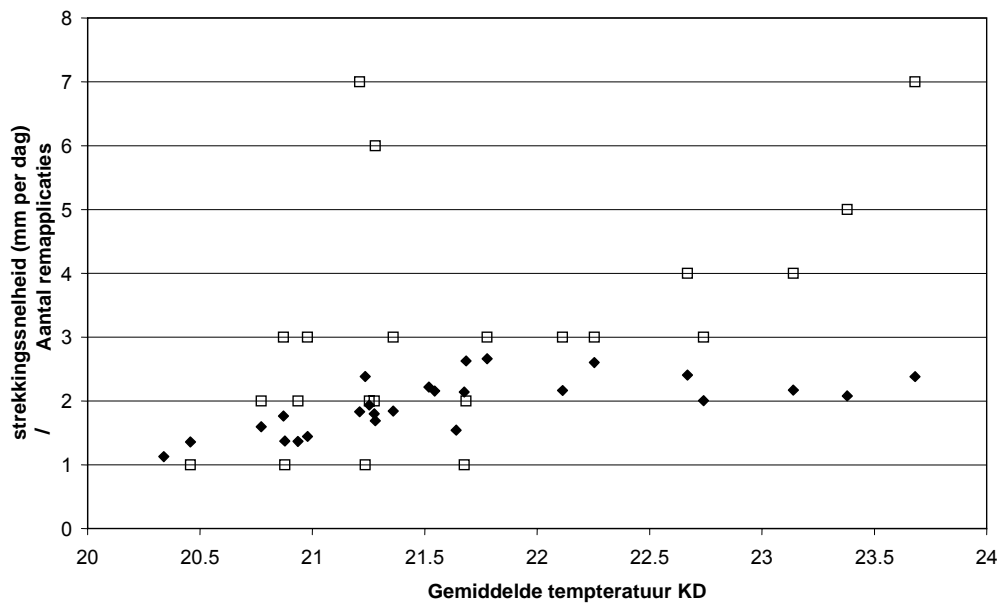


Fig. 5 – Streckingsnelheid (♦), gelijk aan figuur 24 en aantal remmiddelapplicaties (□) uitgezet tegen gemiddelde temperatuur tijdens de korte dag.

## Conclusies

- De strekkingsgroei is gevoeliger voor gemiddelde temperatuur tijdens de korte dag periode dan het gemiddelde lichtniveau. Maar doordat er remmiddelen zijn gebruikt, is deze relatie moeilijk te kwantificeren.
- In het voorbeeld van 'Delia' waar geen remmiddel toegediend wordt, zijn redelijk nauwkeurige relaties gevonden. Hier is een maximale strekkingsgroei waargenomen voor de planten geplant in mei.
- In een cultivar met een rembehoefte zoals 'Anatole' wordt een maximum strekkingsgroei (2.5 mm per dag) bereikt tijdens de korte dag periode omdat groeiremmers gebruikt zijn.
- Tijdens de weken 28-32 gedurende de jaren 2002, 2003 en 2004 maken de hoger gemiddelde temperaturen tijdens lange en korte dagen extra rembeurten nodig.
- Wat betreft de reactietijd kloppen de berekende waardes wel met de planning opgegeven door de teler maar deze zijn berekend over een beperkte reeks temperatuurniveaus en tonen alleen een positieve lineair verband.
- In sectie 2.2.2 over de klimaatcelproeven is duidelijk dat een temperatuur van boven de 24 °C een negatief effect heeft op de reactietijd van 'Anatole'. In de historische data is dit niet zichtbaar omdat het niet mogelijk is de temperatuureffecten en lichteffecten apart te onderzoeken en ze daarna te combineren in een model.
- De eindconclusie is dat er wel veel gegevens beschikbaar waren op het bedrijf, maar dat deze te onvolledig waren om betrouwbare conclusies uit te trekken.

## Bijlage 2 – EC en pH van praktijkexperimenten hoofdstuk 3

Tabel EC en pH gemeten aan het eind van de winter proef (Experiment 1 omschreven in hoofdstuk 3)

| potmaat (cm) | cultivar  | EC (dS/m) | pH  |
|--------------|-----------|-----------|-----|
| 7            | Alexandra | 0.6       | 4.9 |
| 7            | Anatole   | 0.9       | 4.7 |
| 7            | Debbie    | 1.2       | 5.2 |
| 7            | Delia     | 0.8       | 4.6 |
| 7            | Mie       | 0.8       | 4.9 |
| 7            | Pandora   | 0.8       | 4.4 |
| 7            | Tenorio   | 0.9       | 4.2 |
| 7            | Toleda    | 0.8       | 4.3 |
| 10           | Alexandra | 0.8       | 4.8 |
| 10           | Debbie    | 1.2       | 5.2 |
| 10           | Delia     | 1         | 4.9 |
| 10           | Mie       | 0.9       | 5.1 |
| 10           | Pandora   | 0.8       | 4.5 |
| 10           | Tenorio   | 1         | 4.8 |
| 10           | Toleda    | 0.9       | 4.4 |
| 10           | Anatole   | 0.8       | 5.2 |
| 10           | Anatole   | 0.6       | 5.1 |

Tabel EC en pH gemeten aan het eind van de zomer proef (Experiment 2 omschreven in hoofdstuk 3)

| potmaat (cm) | cultivar  | EC (mS/cm) | pH  |
|--------------|-----------|------------|-----|
| 7            | Alexandra | 1          | 4.9 |
| 7            | Anatole   | 0.8        | 5.1 |
| 7            | Debbie    | 1          | 4.9 |
| 7            | Delia     | 0.7        | 5   |
| 7            | Mie       | 1.2        | 5.3 |
| 7            | Pandora   | 1.2        | 4.7 |
| 7            | Tenorio   | 1          | 5.1 |
| 7            | Toleda    | 1          | 4.4 |
| 10           | Alexandra | 0.9        | 5.3 |
| 10           | Debbie    | 1.1        | 5.2 |
| 10           | Delia     | 1.2        | 4.7 |
| 10           | Mie       | 1.2        | 5.2 |
| 10           | Pandora   | 0.9        | 5.2 |
| 10           | Tenorio   | 1.2        | 4.9 |
| 10           | Toleda    | 1.1        | 4.5 |
| 10           | Anatole   | 0.9        | 5.5 |
| 10           | Anatole   | 0.8        | 5.7 |
| 10           | Anatole   | 0.7        | 5.6 |
| 10           | Anatole   | 0.8        | 5.5 |
| 10           | Anatole   | 0.8        | 5.6 |
| 10           | Anatole   | 0.8        | 5.4 |
| 10           | Anatole   | 0.9        | 5.4 |
| 10           | Anatole   | 1          | 5.4 |

## Bijlage 3 – Klimaatmetingen; historische data uit de praktijk

### Opzet

Klimaatdata ontvangen van een commerciële kwekerij zijn gebruikt vanaf week 27 2001 eerst voor analyse van de historische gegevens en daarna voor analyse van de validatieproeven uitgevoerd vanaf december 2004 tot augustus 2005. De klimaatdata zijn gebaseerd op een astrologische klok systeem zodat de nacht periode als donker beschouwd werd en de dagperiode als licht. De lengte van de dag en nacht variëren gedurende het jaar. De geregistreerde klimaatfactoren zijn; gemiddelde temperatuur (dag, nacht en 24-uur), percentage sluiting van energiescherm (dag, nacht en 24-uur), percentage sluiting van verduisteringsscherm (dag, nacht en 24-uur), CO2 concentratie (dag, nacht en 24-uur), vocht deficit (dag, nacht en 24-uur), aantal minuten assimilatiebelichting.

Gebruikte weerdata was instralingssom  $\text{J cm}^{-2} \text{d}^{-1}$  (day, night and 24-hour average). De waardes voor de nacht waren 0.

De gemiddelde 24-uur temperatuur per dag was gebruikt voor de berekeningen. Licht ontvangen door de planten in  $\text{Mol m}^{-2}$  per dag was berekend aan de hand van de volgende inputs;

- Instralingssom  $\text{J cm}^{-2} \text{d}^{-1}$
- Transmissie kasdek
- % scherm (energie-1) per dag
- Transmissie scherm 1
- % scherm (zwarte-2) per dag
- Transmissie scherm 2
- Aantal minuten per dag assimilatie belichting
- Intensiteit assimilatie belichting

### Resultaten

Berekenen van de hoeveelheid PAR licht in  $\text{Mol m}^{-2}$  per dag dat bij de planten terechtkwam was ingewikkeld. Vooral het effect van het sluiten van de schermen was moeilijk te berekenen omdat de schermsluiting aangegeven werd als een percentage van een dag (Fig. 1).

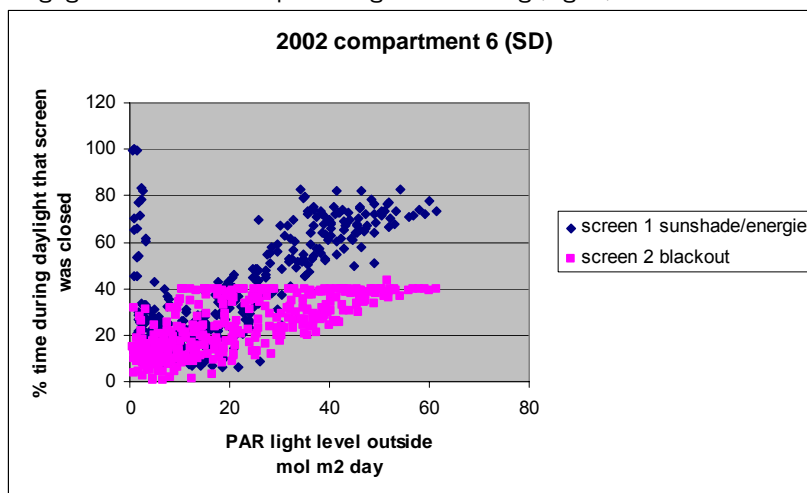


Fig. 1 – Percentage sluiting van de schermen bij verschillende lichtniveaus. Scherm 1 is energiescherm/zonnescherm en scherm 2 is zwarte scherm.

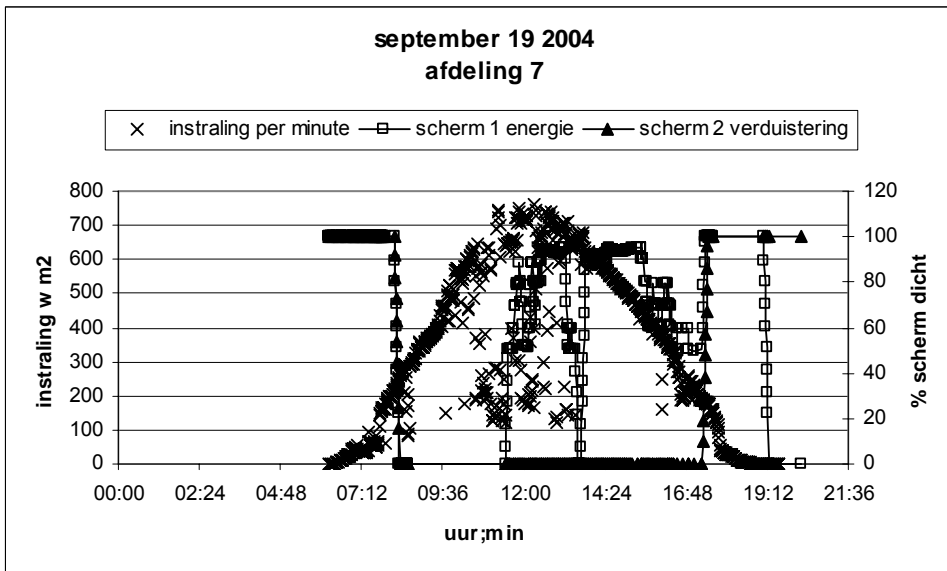


Fig 2 – De sluiting van het energiescherm tijdens zeer lage lichtniveaus (in de winter) geeft een zeer hoog percentage schermsluiting en daardoor (te) lage berekende lichtniveaus (zie Fig. 2). Bij hoge instraling is het zonnescherm ook tussen de 60 en 80% dicht terwijl het zwarte scherm ook 40% van de dag dicht is. Dit veroorzaakt ook een (te) laag berekende straling die terecht komt bij de planten.

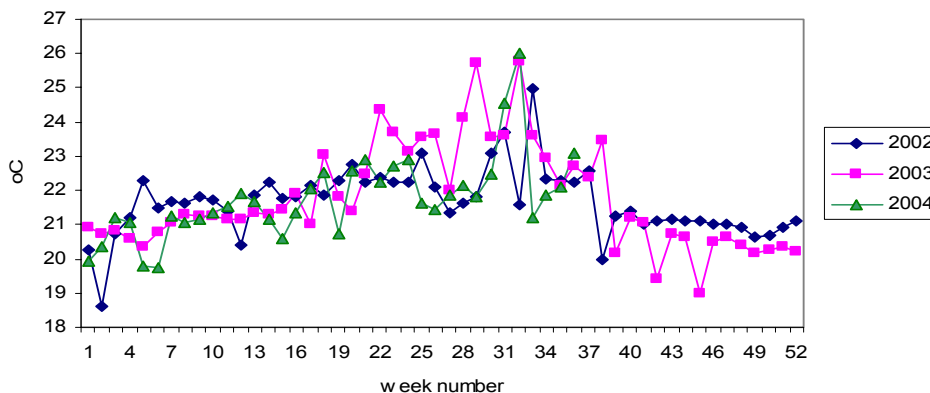


Fig. 3 – Gemiddelde 24-uur temperatuur tijdens de korte dag periode gedurende drie jaren.

In figuur 3 is het gemiddelde 24-uur temperatuur in een korte dag afdeling uitgezet tegen het weeknummer voor de jaren 2002, 2003 en 2004. In de weken 28-32 is er in 2003 en 2004 zeer hoge gemiddelde temperaturen geregistreerd. Dit is ook een periode met extreme strekking.

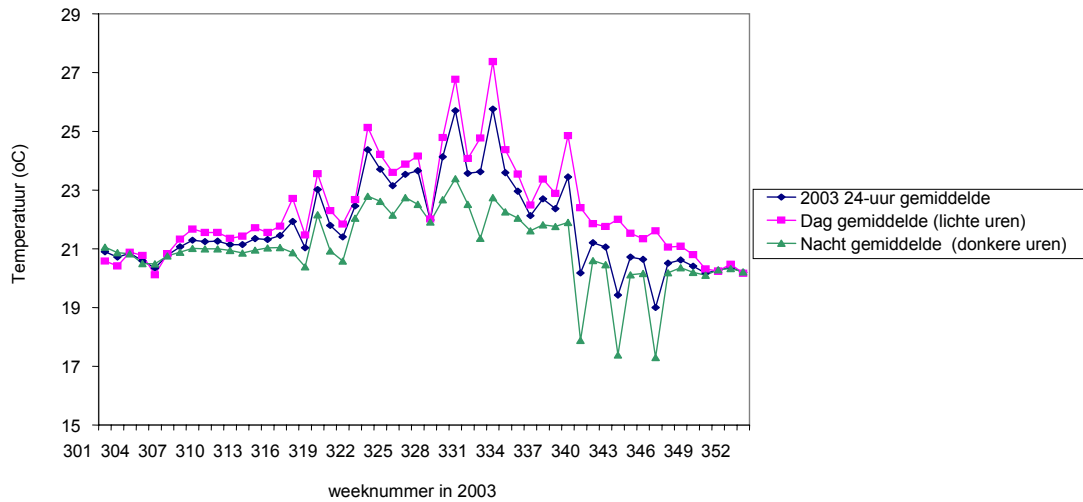


Fig. 4 – Gemiddelde 24-uur, gemiddelde dag, gemiddelde nacht temperatuur gedurende 2003.

In figuur 4 is voor het jaar 2003 de 24-uur gemiddelde vergeleken met het daggemiddelde (zon op tot zon onder) en het nachtgemiddelde (donkere uren). Het 24-uur gemiddelde geeft een goed beeld van de temperatuur en is gebruikt in de modelberekeningen.

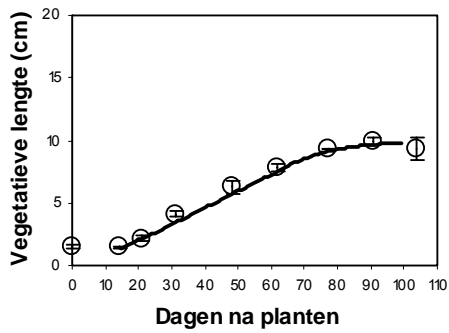
## Conclusies

- Het berekenen van de PAR-lichtsom die bij de planten terecht komt is ingewikkeld vanwege diverse schermen. Daarom is een lichtmeting op plantniveau noodzakelijk. Dit is onontbeerlijk bij het maken van een model, het valideren van een model en het maken van prognoses voor de teelt. De lichtmetingen van het bedrijf waren dus niet optimaal bruikbaar voor het maken van een model. In de tweede proef is een lichtmeter op plantniveau gebruikt.
- De temperatuurmetingen waren wel bruikbaar voor het maken van een model.

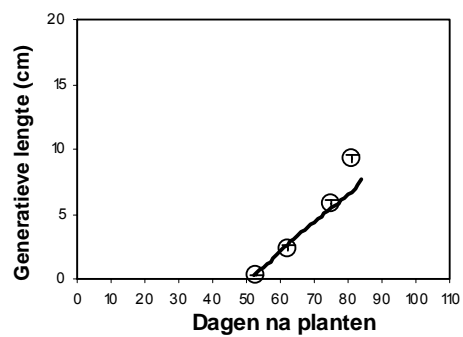
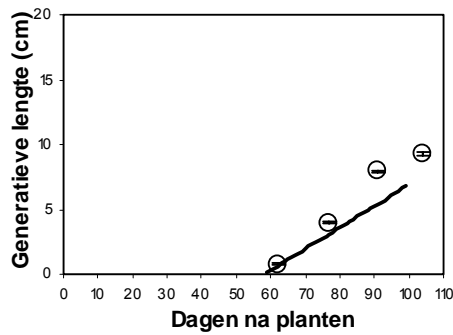
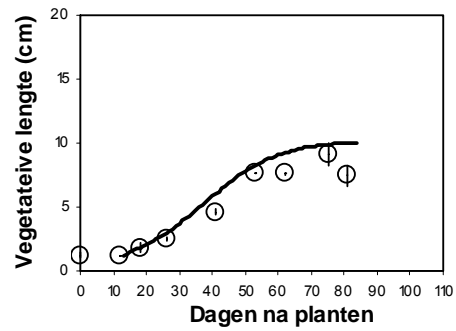
# Bijlage 4 – dynamische lengte metingen – 10.5 cm

(symbolen zijn metingen (O) en lijnen zijn simulaties door het praktijkmodel)

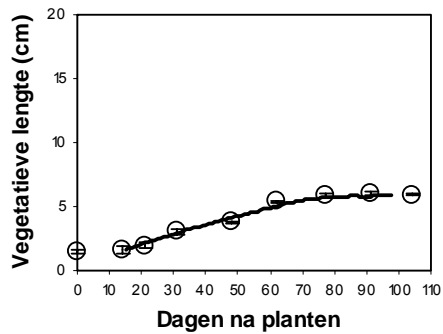
Winter – 'Debbie'



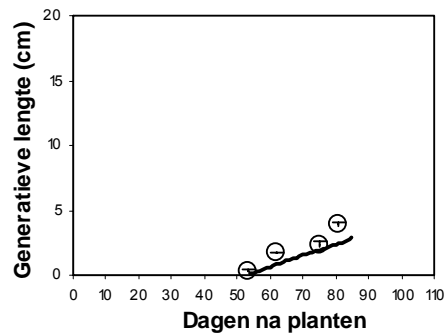
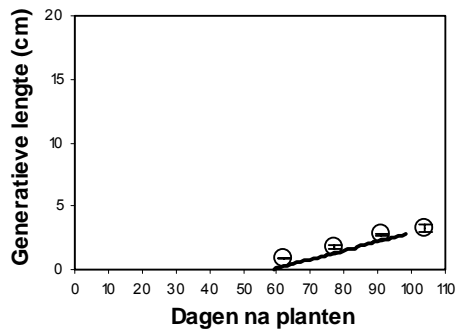
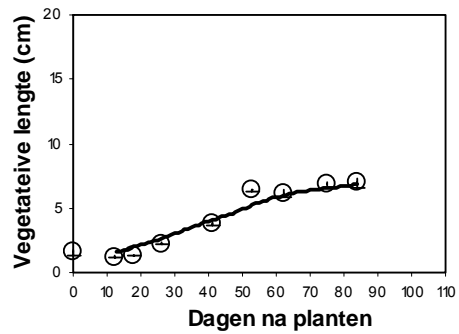
Zomer – 'Debbie'



Winter – 'Delia'

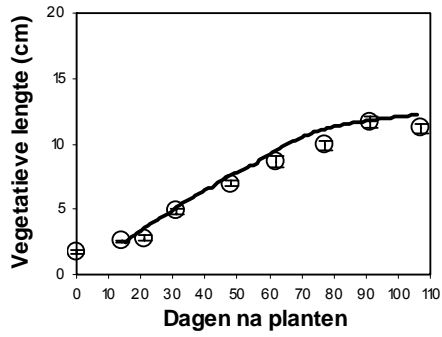


Zomer – 'Delia'

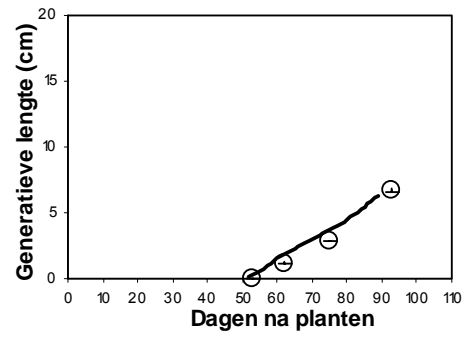
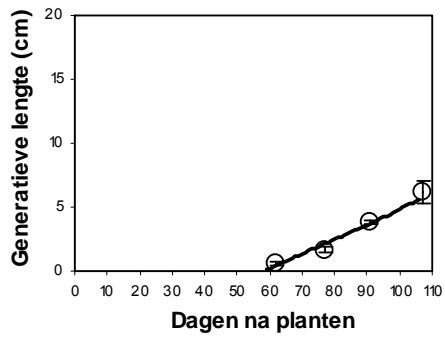
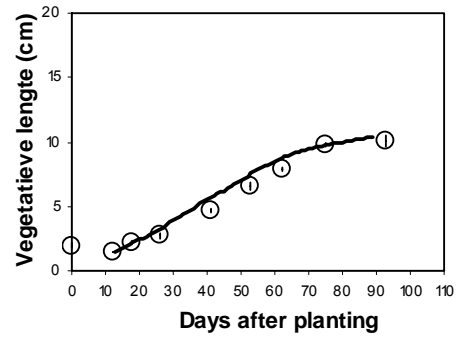




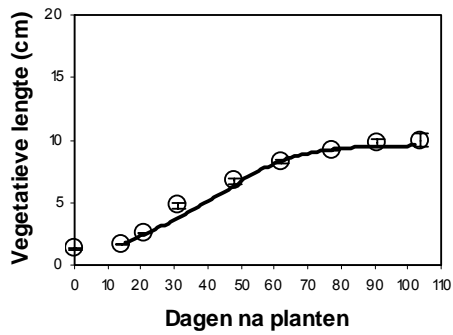
Winter - 'Mie'



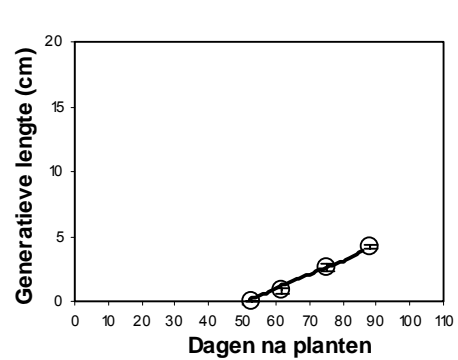
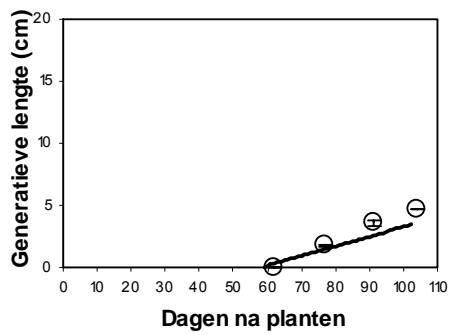
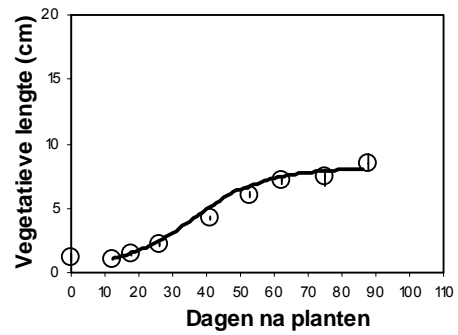
Zomer - 'Mie'



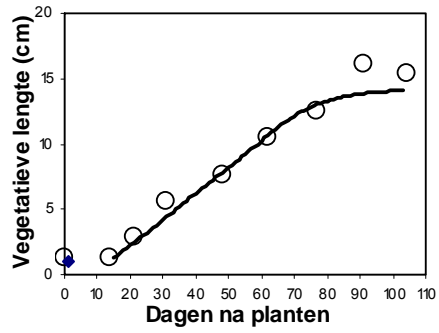
Winter - 'Pandora'



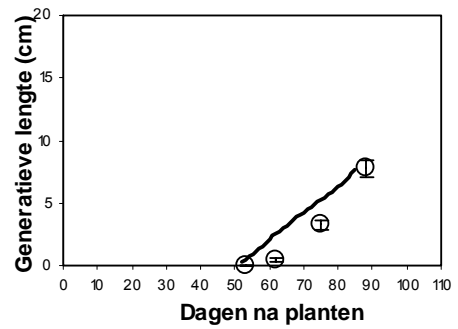
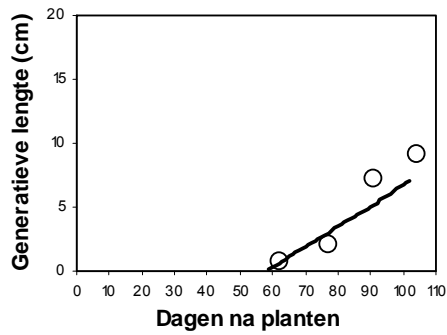
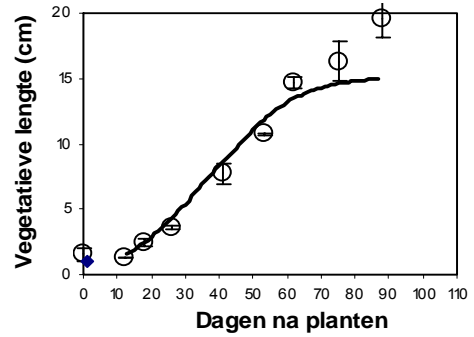
Zomer - 'Pandora'



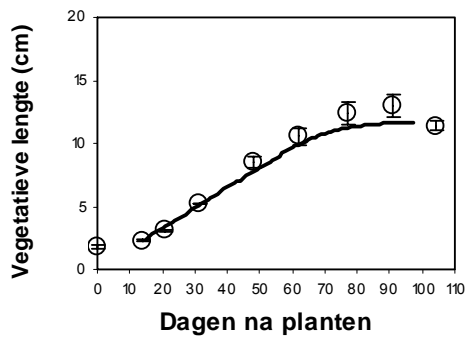
Winter - 'Tenorio'



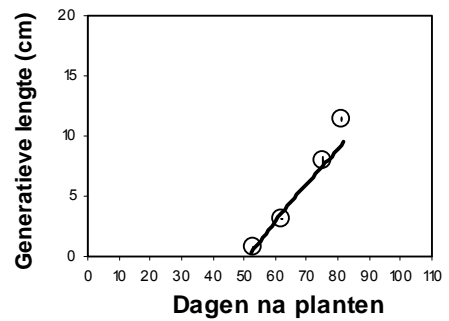
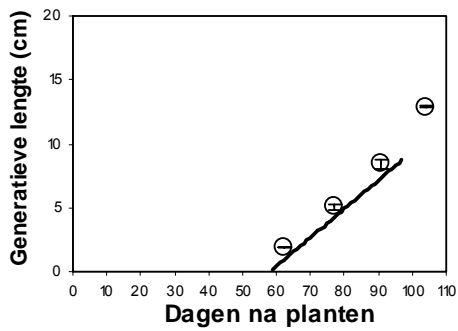
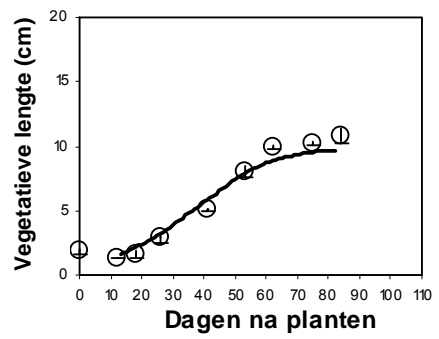
Zomer - 'Tenorio'



Winter - 'Toleda'



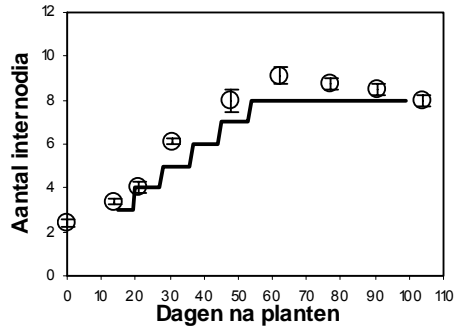
Zomer - 'Toleda'



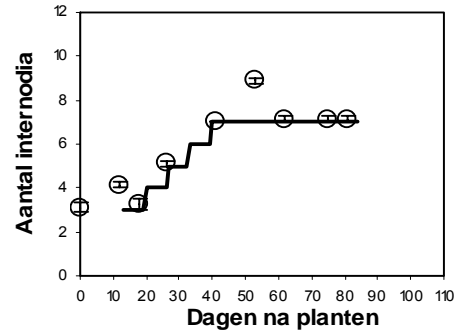
# Bijlage 5 – dynamische aantal internodia – 10.5 cm

(symbolen zijn metingen (O) en lijnen zijn simulaties door het praktijkmodel)

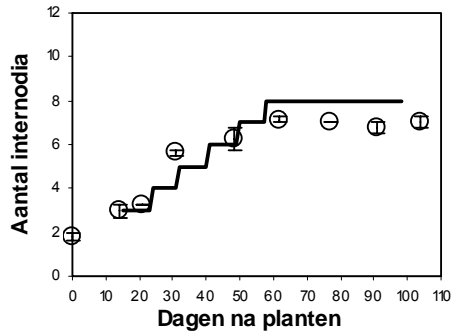
Winter - 'Debbie'



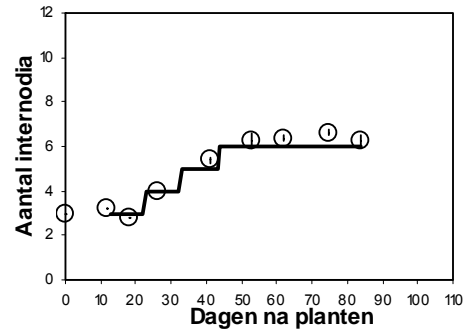
Zomer - 'Debbie'



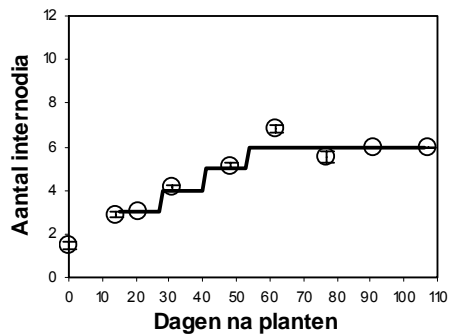
Winter - 'Delia'



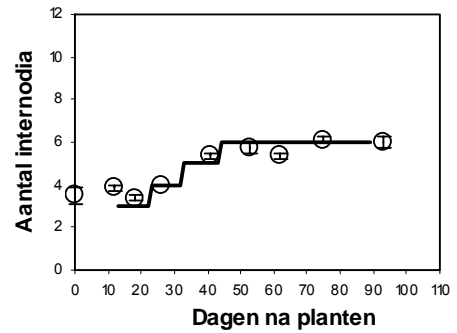
Zomer - 'Delia'



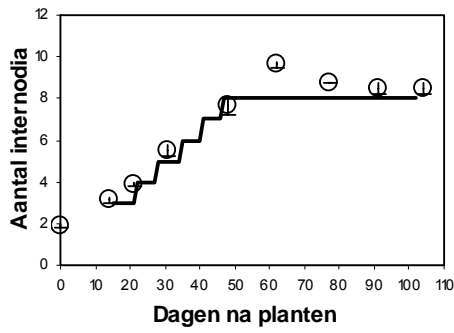
Winter - 'Mie'



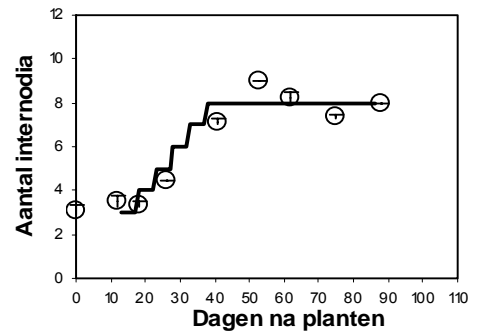
Zomer - 'Mie'



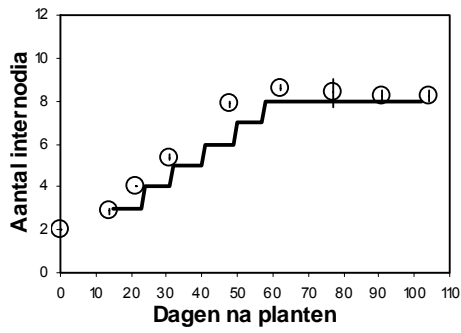
Winter - 'Pandora'



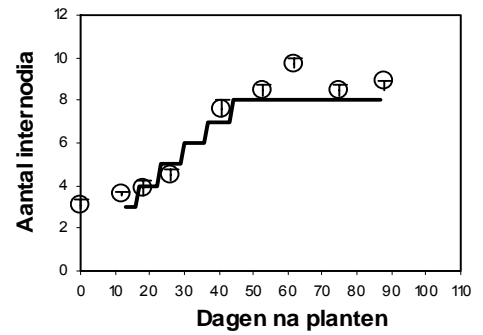
Zomer - 'Pandora'



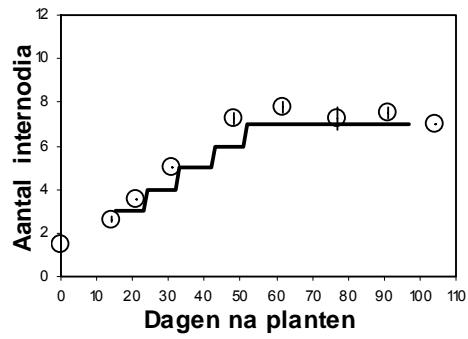
Winter - 'Tenorio'



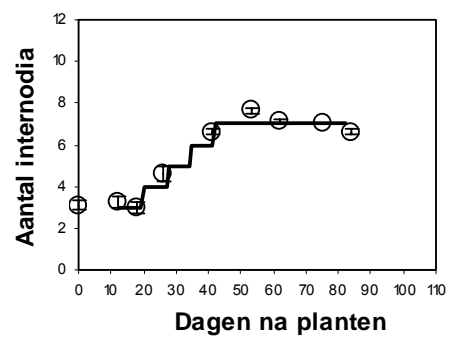
Zomer - 'Tenorio'



Winter - 'Toleda'



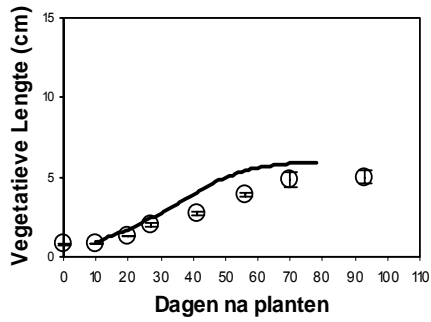
Zomer - 'Toleda'



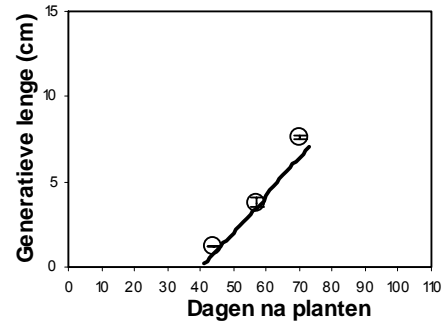
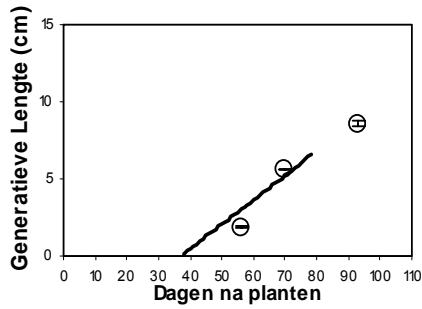
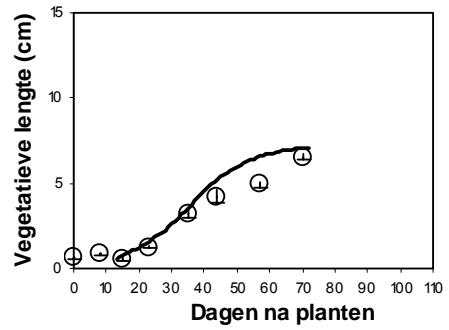
## Bijlage 6 – dynamische lengte metingen – 7 cm

(symbolen zijn metingen (O) en lijnen zijn simulaties door het praktijkmodel)

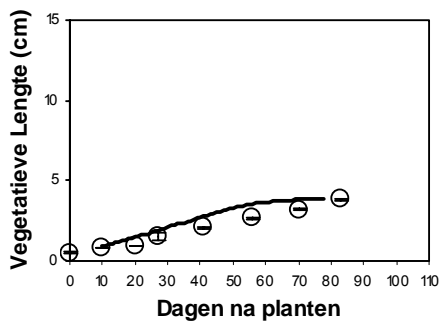
'Debbie' - winter



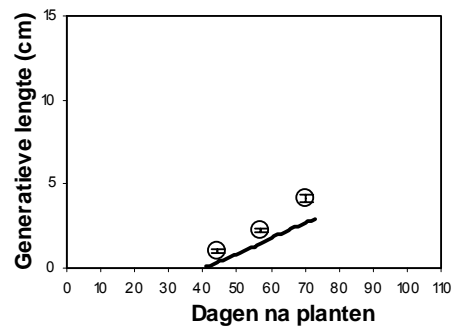
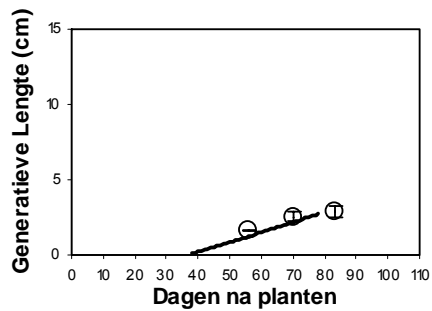
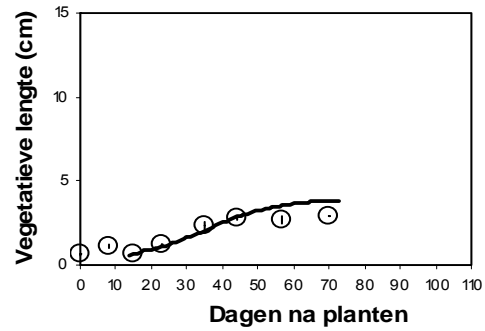
'Debbie' - zomer



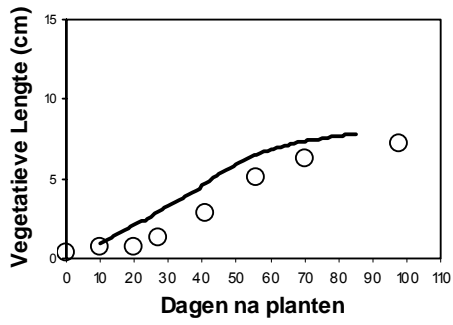
'Delia' - winter



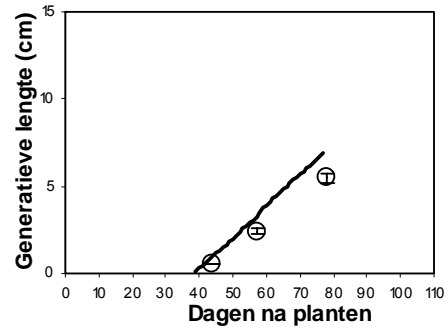
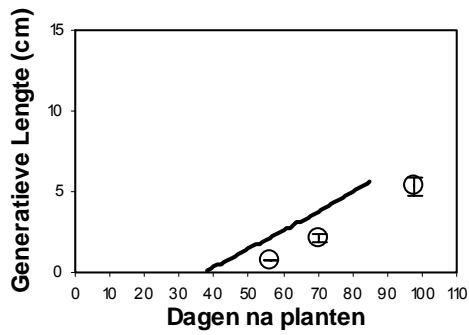
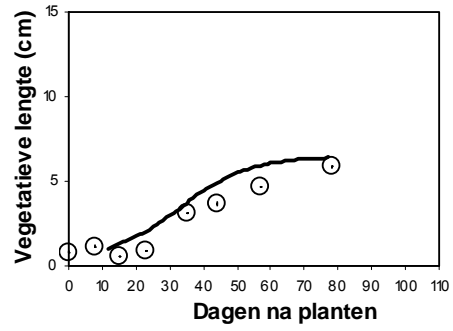
'Delia' - zomer



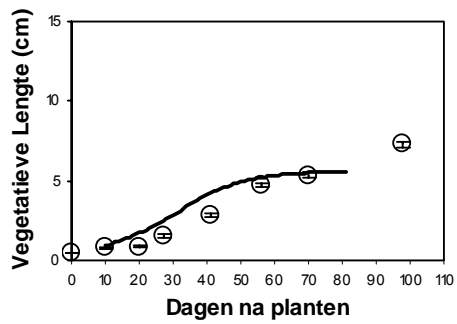
'Mie' - winter



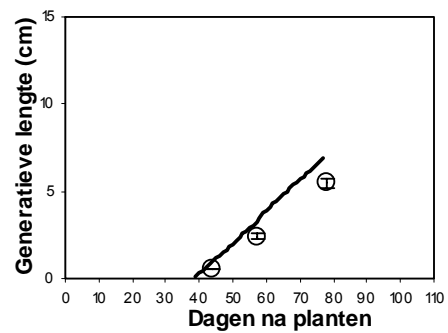
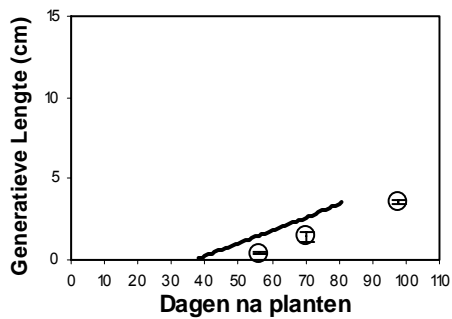
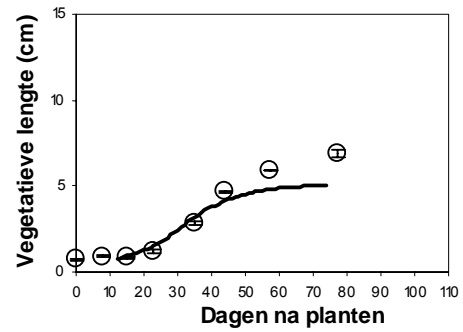
'Mie' - zomer



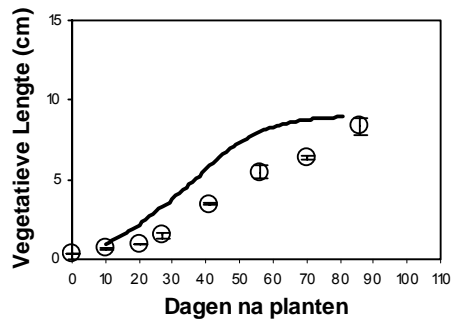
'Pandora' - winter



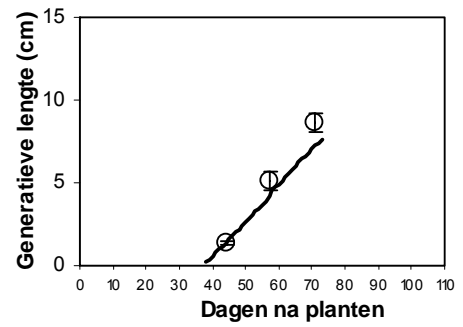
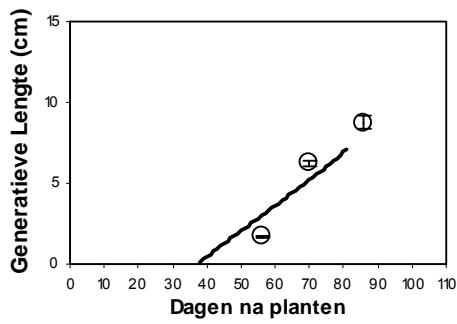
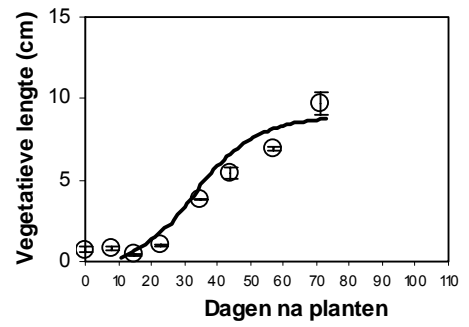
'Pandora' - zomer



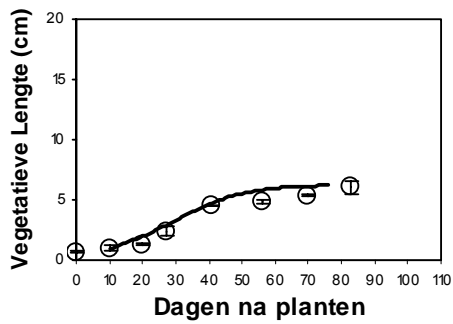
'Tenorio' - winter



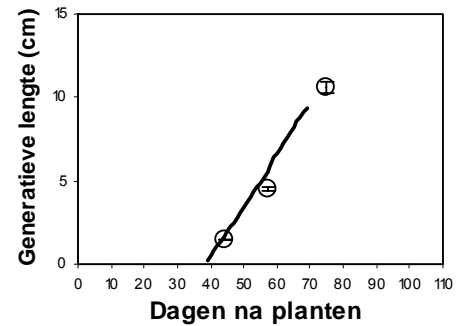
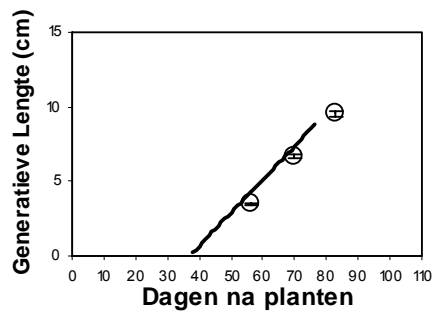
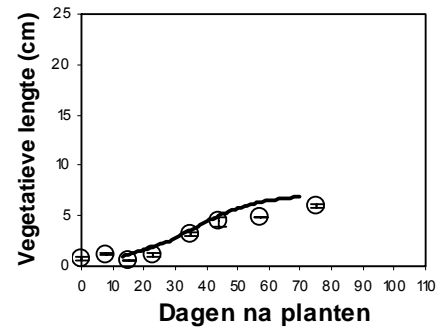
'Tenorio' - zomer



'Toleda' - winter



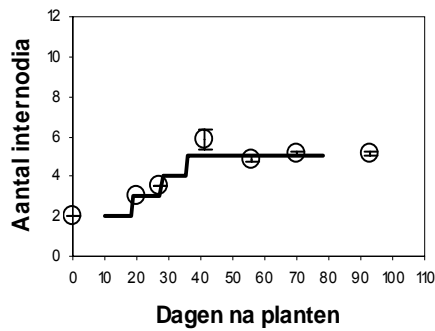
'Toleda' - zomer



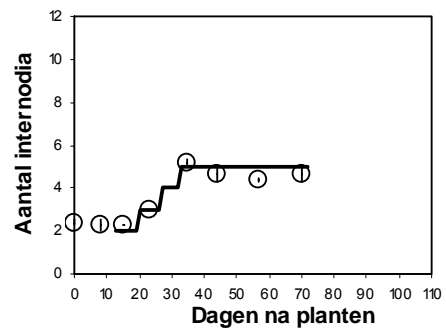
## Bijlage 7 – dynamische aantal internodia – 7 cm

(symbolen zijn metingen (O) en lijnen zijn simulaties door het praktijkmodel)

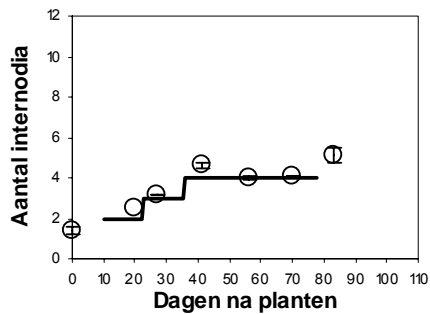
'Debbie' - winter



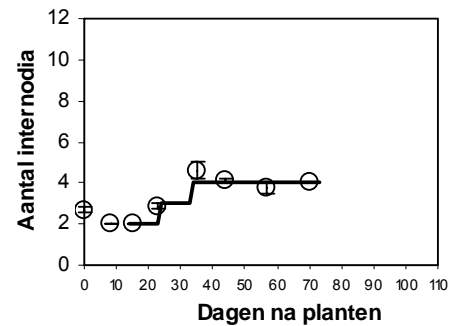
'Debbie' - zomer



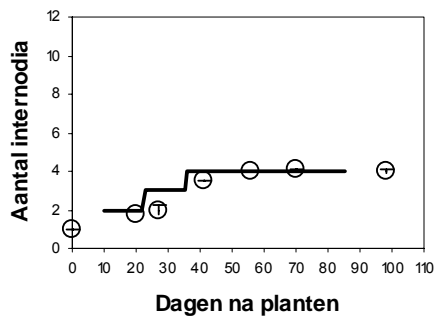
'Delia' - winter



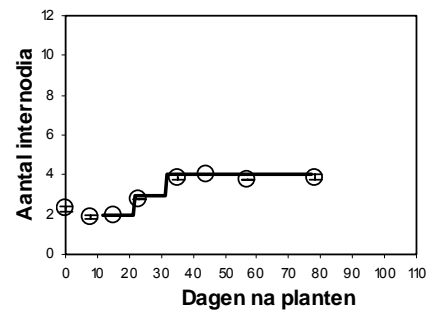
'Delia' - zomer



'Mie' - winter

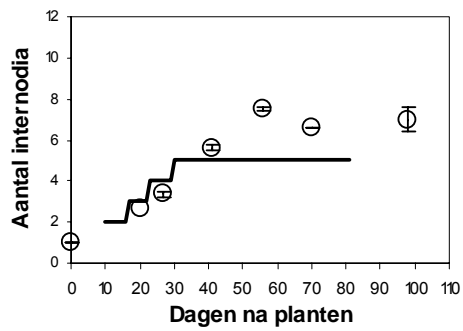


'Mie' - zomer

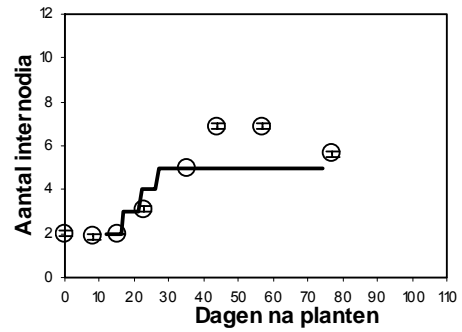




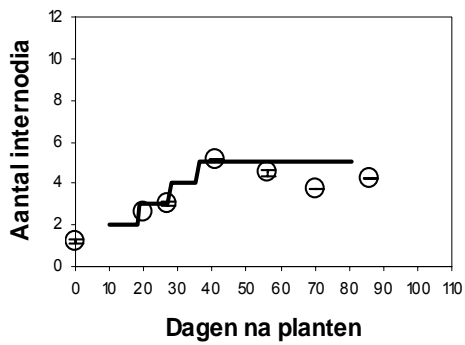
'Pandora' - winter



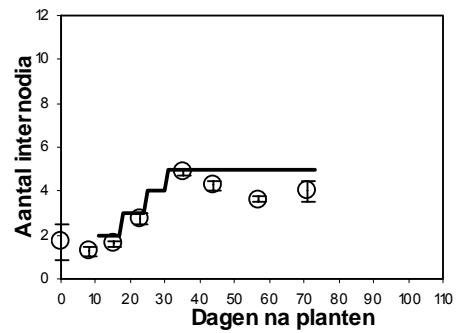
'Pandora' - zomer



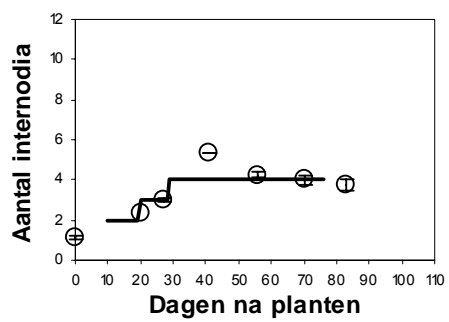
'Tenorio' - winter



'Tenorio' - zomer



'Toleda' - winter



'Toleda' - zomer

