

Temperatuuronderzoek bij tomaat

Effect van een tijdelijke temperatuurverlaging (DROP) op groei, ontwikkeling en productie

Anja Dieleman, Elma Raaijmakers & Esther Meinen





Temperatuuronderzoek bij tomaat

Effect van een tijdelijke temperatuurverlaging (DROP) op groei, ontwikkeling en productie

Anja Dieleman, Elma Raaijmakers & Esther Meinen

© 2005 Wageningen, Plant Research International 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 Plant Research International B.V.

Plant Research International B.V.

Adres : Droevendaalsesteeg 1, Wageningen
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen
Tel. : 0317 - 47 70 00
Fax : 0317 - 41 80 94
E-mail : info.plant@wur.nl
Internet : www.plant.wur.nl

Voorwoord

Uit een aantal bijeenkomsten met tomatentelers, georganiseerd door LTO Groeiservice, bleek dat er nog vragen bestonden in de praktijk over wat de gevolgen zijn van het verloop van temperatuur gedurende de dag op groei, ontwikkeling en productie van het gewas. Naar aanleiding van deze vragen is een onderzoeksvoorstel geformuleerd waarin sturing van een tomatengewas met temperatuur centraal staat. Dit onderzoeksvoorstel is in het najaar van 2004 goedgekeurd. Het wordt gefinancierd door Productschap Tuinbouw, en begeleid door de BCO tomaat.

In de periode december 2004 tot en met april 2005 is het eerste gedeelte van dit onderzoeksproject uitgevoerd bij Plant Research International in Wageningen. De resultaten hiervan vindt u in dit rapport.

Tweewekelijks werd het project bezocht door de begeleidingscommissie. De invulling van de proeven, stand van zaken van het gewas, eventuele aanpassingen aan het kasklimaat en de (voorlopige) resultaten werden hierin besproken. Wij willen de leden van deze begeleidingscommissie, Jan Mulder (namens de BCO tomaat), Peter Kamp (Westland Energie Services), Ruud Kaarsemaker (PPO Glas) en Ep Heuvelink (WU leerstoelgroep Tuinbouwproductieketens) hartelijk bedanken voor hun begeleiding, opbouwende kritiek en adviezen gedurende de experimenten. Verder willen wij Joke Klap (Productschap Tuinbouw), Joke Vreugdenhil (LTO Groeiservice) en de overige leden van de BCO tomaat bedanken voor hun inbreng in het project.

Anja Dieleman, Elma Raaijmakers en Esther Meinen
Wageningen, juli 2005

Samenvatting

De experimenten die in dit rapport zijn beschreven, maken deel uit van een onderzoeksproject waarin nagegaan wordt wat de invloed is van het verloop van temperatuur gedurende de dag op groei, ontwikkeling en productie van een tomatengewas.

Om na te gaan op welk moment van de dag de plant het meest gevoelig is voor temperatuur is een experiment uitgevoerd in klimaatkamers. Gedurende 4 weken werden jonge tomatenplanten (Cedrico) blootgesteld aan een 3 uur durende temperatuurdaling (DROP) van 5°C aan het begin van de dag, midden op de dag, aan het einde van de dag of aan het begin van de nacht. Het blijkt dat bij jonge planten een tijdelijke temperatuurdaling aan het begin van de lichtperiode leidt tot een afname in plantlengte van 13%. Wanneer de DROP later op de dag gegeven wordt, is de afname in plantlengte door de DROP minder. Een DROP aan het begin van de lichtperiode leidt tot een verlaging van het plantgewicht, terwijl een DROP op een later moment van de dag het gewicht niet beïnvloedt. De ontwikkeling van de plant (aantal aangelegde bladeren en trossen) wordt niet beïnvloed door de toepassing van een tijdelijke temperatuurdaling. Uit deze resultaten blijkt dat jonge tomatenplanten het meest gevoelig zijn voor een tijdelijke temperatuurdaling (DROP) aan het begin van de lichtperiode. Een DROP van 5°C gedurende 4 weken leidt tot kortere en lichtere planten.

Om na te gaan wat het effect is van een tijdelijke temperatuurverlaging na zonsopkomst op groei en productie van tomaten is een kasexperiment uitgevoerd. Op 8 december 2004 werden tomatenplanten (Cedrico) geplant. Op het moment dat de eerste tros begon te bloeien bleef het temperatuurregime van twee afdelingen volgens de praktijk (controlebehandeling: nacht 17°C, dag in twee stappen tot 21.5°C). In twee andere afdelingen werd de temperatuur na zonsopkomst verlaagd van 17°C naar 14.5°C gedurende een uur (DROP), waarna de temperatuur met 2°C per uur mocht stijgen tot 21.5°C. De compensatie voor de DROP vond dus in de uren direct na de DROP plaats. In beide behandelingen was de gemiddelde etmaaltemperatuur en het verschil tussen dag- en nachttemperatuur (DIF) gelijk. De temperatuurbehandelingen werden twee maanden aangehouden. Het langdurig aanhouden van een DROP van 2.5°C bleek geen effect te hebben op de plantlengte. Ook de lengtes van de internodia en de bladeren en de breedtes van de bladeren waren niet significant verschillend voor de twee temperatuurbehandelingen. De ontwikkelingssnelheid van de plant, uitgedrukt in het aantal gevormde bladeren en trossen verschilde niet tussen de DROP en controle behandeling. Er was geen verschil in gewichten van de totale plant, bladeren, stengel en vruchten. Na twee maanden werd deze kasproef verlengd met één maand, waarbij het temperatuurverloop van de DROP behandeling gedurende de dag zodanig werd aangepast, dat de compensatie voor de tijdelijke temperatuurdaling niet midden op de dag plaatsvond, maar over de rest van het etmaal werd uitgesmeerd. Het effect van deze DROP behandeling week echter niet af van de DROP behandeling waarbij de temperatuurcompensatie direct na de DROP werd gegeven. De lengtegroei en het plantgewicht verschilden niet tussen de controle en DROP behandeling. Ook de productie in kilo's tomaten per plant verschilde niet tussen beide behandelingen. Uit de resultaten van het kasexperiment bleek dat het langdurig aanhouden van een DROP van 2.5°C gedurende 1 uur na zonsopkomst bij een gelijkblijvende etmaaltemperatuur geen effect heeft op de groei en ontwikkeling van vruchtdragende tomatenplanten.

Voor de praktijk betekenen deze resultaten dat een temperatuurdaling (DROP) in de ochtend bij jonge planten beter niet toegepast kan worden, omdat dit ten koste gaat van de opbouw van het bladoppervlak en daarmee ook ten koste van de groei. Bij planten met voldoende bladoppervlak (LAI van 3 of meer) heeft een temperatuurdaling in de ochtend geen (negatieve) effecten op gewasgroei en productie. Daarmee is het goed mogelijk de temperatuur in de ochtend te laten dalen om een lagere etmaaltemperatuur te realiseren. Voor schermende telers geldt dat de temperatuurval die ontstaat wanneer het scherm in de ochtend ineens wordt opengetrokken geen negatieve gevolgen voor het gewas hoeft te hebben, mits de temperatuurval overal in de kas even groot is.

In een vervolgonderzoek zou het de moeite waard zijn na te gaan in hoeverre het verschil tussen dag- en nachttemperatuur (DIF) te gebruiken is als sturingsmogelijkheid voor een tomatengewas. Volgens de teeltstrategie van teeltbegeleider Peter Kamp van Westland Energie Services leidt het aanhouden van een constante DIF tot een

gelijkmatig gewas met regelmatige internodiënlangtes en vruchtgroottes. Of het inderdaad zo is dat een regelmatige DIF leidt tot een gelijkmatiger vruchtgrootte is nog nooit (wetenschappelijk) onderzocht. In een vervolgonderzoek zou een behandeling met een constante DIF vergeleken kunnen worden met een behandeling waarin de DIF elke 2-4 dagen verandert. Veronderstelling hierbij is dat een constante DIF leidt tot een gelijkmatige gewasopbouw (constante internodiënlangte) en daarmee ook tot een gelijkmatige productie (regelmatige vruchtgrootte). Ook moet hierbij nagegaan worden wat het effect is van een constante DIF op de opbouw van het bladpakket en daarmee de lichtonderschepping bij jonge planten.

Inhoudsopgave

	pagina
1. Inleiding	1
2. Temperatuurgevoeligheid gedurende de dag	3
2.1 Inleiding	3
2.2 Materiaal en methoden	3
2.3 Resultaten	5
2.4 Conclusies	12
3. Temperatuurdaling (DROP) na zonsopkomst	13
3.1 Inleiding	13
3.2 Materiaal en methoden	13
3.2.1 Plantmateriaal en teelt	13
3.2.2 Temperatuurbehandelingen	14
3.2.3 Metingen	15
3.2.4 Statistische analyse	17
3.3 Resultaten	17
3.3.1 Klimaat	17
3.3.2 Groei en ontwikkeling	19
3.3.3 Plant- en vruchttemperatuur	24
3.4 Conclusies	27
4. Verlenging temperatuurdaling (DROP) na zonsopkomst	29
4.1 Inleiding	29
4.2 Materiaal en methoden	29
4.2.1 Temperatuurbehandelingen	29
4.2.2 Metingen	30
4.3 Resultaten	30
4.3.1 Klimaat	30
4.3.2 Groei en ontwikkeling	32
4.4 Conclusies	36
5. Discussie en aanbevelingen	37
6. Conclusies	39
7. Literatuur	41
Bijlage I. Voedingsoplossing tomaat	1 p.
Bijlage II. Plantkarakteristieken	1 p.
Bijlage III. Lengtes en breedtes	2 pp.

1. Inleiding

Planten zijn voor hun groei en ontwikkeling onder andere afhankelijk van de kasluchttemperatuur. Uit een aantal bijeenkomsten met tomatentelers, georganiseerd door LTO Groeiservice, bleek dat er in de praktijk nog vragen bestaan over de gevolgen van het verloop van temperatuur gedurende de dag op groei, ontwikkeling en productie van het gewas. Er zijn naar aanleiding van die bijeenkomsten een achttal onderzoeksvragen geformuleerd en verwerkt in een onderzoeksvoorstel. In dit rapport wordt het onderzoek beschreven dat ten behoeve van de eerste twee onderzoeksvragen is uitgevoerd. Deze onderzoeksvragen waren:

1. Op welk moment van de dag is de plant het meest gevoelig voor temperatuur?
2. Wat is het effect van een tijdelijke verlaging van de temperatuur na zonsopkomst (DROP)?

Temperatuur beïnvloedt groei en ontwikkeling bij planten. Over het algemeen verlopen bij een hoge temperatuur stengel- en vruchtgroei sneller, zijn vruchten sneller rijp, zijn er minder bloemen en minder vruchten per tros, zijn de trossen lichter en korter en zijn de stengels en bladeren lichter dan bij een lage temperatuur (Verkerk, 1955). Niet alleen de dag-, nacht- en etmaaltemperatuur beïnvloeden de groei en ontwikkeling, maar ook het verloop van de temperatuur gedurende de dag (Berghage, 1998; Myster & Moe, 1995; Si & Heins, 1996). In dit onderzoek is bepaald wat het effect is van een tijdelijke temperatuurdaling (DROP) op tomaat.

In het algemeen reduceert een DROP de plantlengte en de lengte van de internodia (Myster & Moe, 1995; Runkle & Pearson, 1998; Sysoeva *et al.*, 1999). In veel gewassen is dit effect het grootst als de DROP in het eerste gedeelte van de dag wordt toegepast (Myster & Moe, 1995; Berghage, 1998). Zo vond Grimstad (1993) dat een periode van lage temperaturen gedurende de eerste 2 uur van de dag internodiumlengte van zeer jonge komkommer- en tomatenplanten reduceerde. De grootte van de DROP (tussen 2 en 10°C) bepaalde de afname van de plantlengte. Een DROP op een ander moment van de dag bleek echter minder eenduidige effecten te hebben. Een DROP voor zonsopkomst had in sommige gewassen wel effect, maar in andere gewassen niet. Gertsson (1992) vond bij twee tomatencultivars ook dat een DROP direct na zonsopkomst of enige uren later plantlengte reduceerde. Een DROP aan het begin van de nacht daarentegen had bij de ene cultivar geen effect op plantlengte, en stimuleerde de plantlengte van de andere cultivar. In een aantal kasgewassen bleek de dagelijkse stengelstrekking een patroon te vertonen dat overeenkomsten vertoonde met de respons op een DROP. In die gewassen was de stengelstrekking het grootst aan het einde van de nacht en het begin van de dag en nam deze af gedurende de dag en toe gedurende de nacht (Erwin & Heins, 1995).

Om na te gaan wat de effecten zijn van een tijdelijke temperatuurverlaging op groei, ontwikkeling en productie van tomaat zijn twee experimenten uitgevoerd. Om na te gaan op welk moment van de dag de plant het meest gevoelig is voor temperatuurveranderingen zijn jonge tomatenplanten in klimaatkamers geplaatst waarbij op verschillende momenten van de dag een DROP werd gegeven. In een kasexperiment is bepaald wat het effect is van een tijdelijke temperatuurverlaging na zonsopkomst op groei, ontwikkeling en productie van tomatenplanten. In dit rapport wordt hiervan verslag gedaan.

2. Temperatuurgevoeligheid gedurende de dag

2.1 Inleiding

In het algemeen reduceert een tijdelijke temperatuurdaling (DROP) de plantlengte en de lengte van de internodia (Myster & Moe, 1995; Runkle & Pearson, 1998). Daarnaast bleek dat een DROP gedurende de eerste twee uur van de dag ook het gewicht van jonge tomatenplanten reduceerde (Grimstad, 1993). Het effect van een DROP is in veel gewassen het sterkst als de DROP in de eerste uren van de dag wordt toegepast. Wat het effect van een DROP op een ander moment van de dag is, is voor tomaat niet bekend. In dit experiment wordt nagegaan gedurende welke periode van de dag een jonge tomatenplant het meest gevoelig is voor een tijdelijke temperatuurverlaging (DROP) en op welke wijze de DROP de groei en ontwikkeling van de planten beïnvloedt. Dit onderzoek wordt uitgevoerd in klimaatkamers, omdat daar temperatuur en lichtintensiteit nauwkeurig geregeld kunnen worden.

2.2 Materiaal en methoden

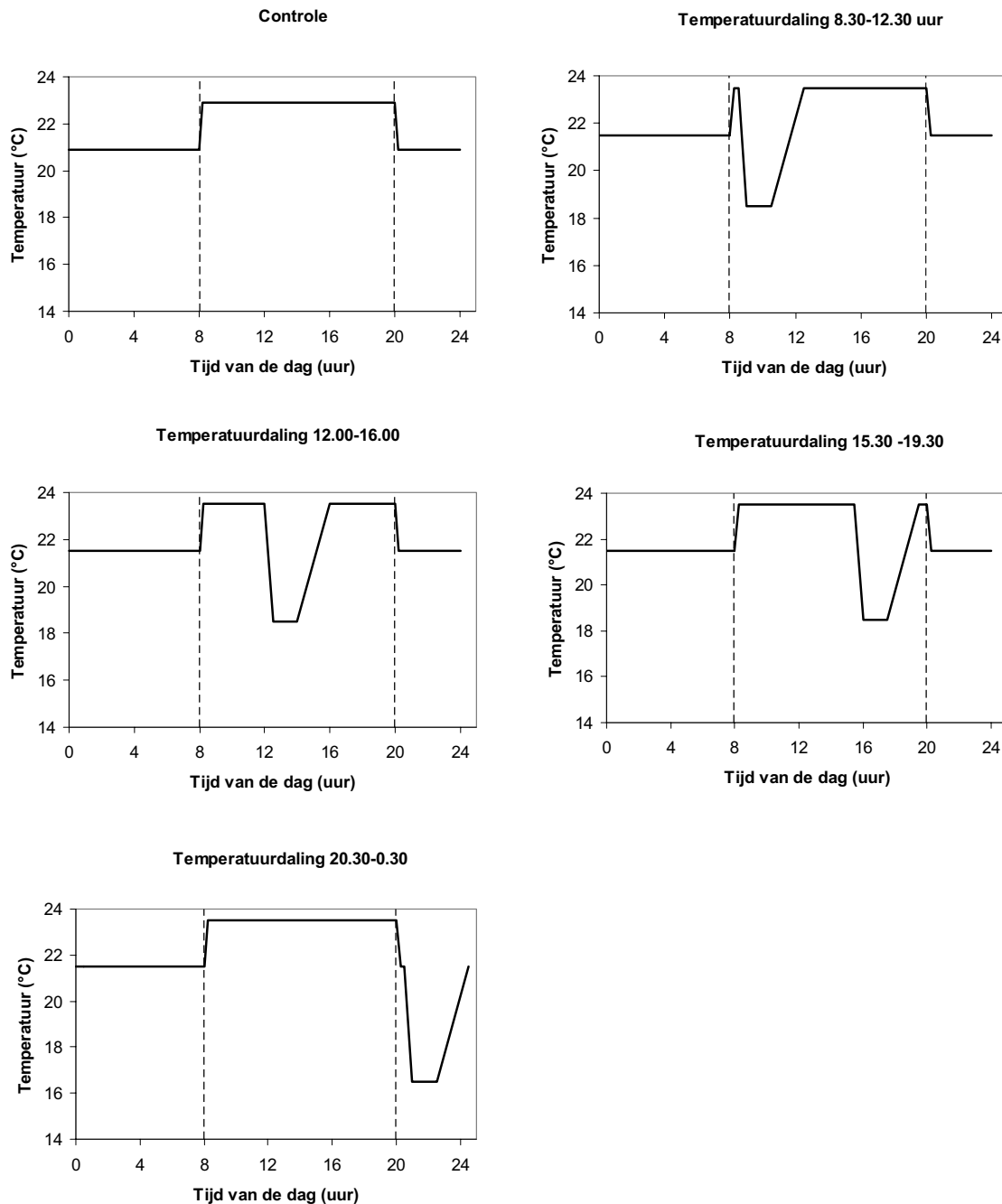
Tomaat cv. Cedrico werd gezaaid in steenwolpluggen in een klimaatkast bij 22°C en een lichtintensiteit van $160 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ gedurende 16 uur bij een hoge relatieve luchtvochtigheid. Na 11 dagen werden de planten in steenwolkblokken (10 x 10 cm) gezet in 5 klimaatkamers. In de klimaatkamers werd 12 uur per dag licht gegeven (8.00 – 20.00 uur) met een lichtintensiteit van $250 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Aan het einde van de dag werd 30 minuten verrood licht gegeven. De planten kregen via druppelaars voedingsoplossing met de volgende samenstelling: 12.4 mM NO_3^- , 3.3 mM SO_4^{2-} , 1.14 mM PO_4^{3-} , 4.09 mM Ca, 7.20 mM K, 1.82 mM Mg en 1.20 mM NH_4^+ en de sporelementen Fe (25 μM), Mn (10 μM), Zn (5 μM), B (30 μM), Cu (0.75 μM) en Mo (0.5 μM) (EC 2 mS cm^{-1}).

In de 5 klimaatkamers werden de volgende temperatuurbehandelingen gegeven:

1. Controle
2. Temperatuurdaling aan het begin van de lichtperiode (8:30-12:30 uur)
3. Temperatuurdaling midden in de lichtperiode (12:00-16:00 uur)
4. Temperatuurdaling aan het einde van de lichtperiode (15:30-19:30 uur)
5. Temperatuurdaling aan het begin van de donkerperiode (20:30-00:30 uur)

De gemiddelde etmaaltemperatuur van alle behandelingen was 21.9°C. Bij de controle behandeling was de temperatuur gedurende de lichtperiode 22.9°C en gedurende de donkerperiode 20.9°C. Bij de andere behandelingen was er een tijdelijke temperatuurverlaging (DROP) van in totaal 4 uur. De temperatuurdaling bedroeg 5°C en was als volgt opgebouwd: gedurende 30 minuten daalde de temperatuur 5°C en werd vervolgens 90 minuten aangehouden. Vervolgens steeg de temperatuur weer 5°C gedurende 2 uur. De temperatuur gedurende de rest van de licht- of donkerperiode bij deze vier behandelingen bedroeg respectievelijk 23.5°C en 21.5°C, zodat de gemiddelde etmaaltemperatuur 21.9°C was. De temperatuurovergangen tijdens de licht- en donkerperiodes waren net als bij de controle behandeling 2°C.

In Figuur 2.1 is voor alle behandelingen het temperatuurverloop gedurende een dag weergegeven.



Figuur 2.1. *Temperatuurverloop van de 5 temperatuurbehandelingen. De verticale stippellijnen geven aan wanneer het licht in de klimaatkamers aan (8:00 uur) en uit (20:00 uur) ging.*

Het experiment werd tweemaal uitgevoerd. Het eerste experiment werd in de klimaatkamers ingezet op 24 januari 2005, het tweede experiment op 8 maart 2005. De behandelingen werden zodanig over de klimaatkamers geloot, dat een behandeling niet twee maal in dezelfde klimaatkamer kwam te staan. Een experiment duurde 4 weken.

In het eerste experiment werd het vochtdeficit (dampdrukverschil) van de lucht in de klimaatkamers op 5.6 mbar (3.6 g water/kg lucht) gehouden. Tijdens de temperatuurovergangen bleef het vochtdeficit constant. Dat betekent dat de RV varieerde tussen 70% (16.5°C) en 81% (23.5°C). Na twee weken bleken er blaasjes aan de onderkanten

van de oudste bladeren te zien te zijn. Hierop is tijdens het experiment de luchtvochtigheid verlaagd om verdere schade aan de planten te voorkomen. Het vochtdeficit bedroeg toen 8.4 mbar (5.4 g water/kg lucht). De RV varieerde tussen 55% (16.5°C) en 71% (23.5°C). In het tweede experiment is deze verlaagde luchtvochtigheid gedurende het hele experiment aangehouden.

Gedurende het experiment werden twee maal per week steeds aan dezelfde 6 planten per behandeling de volgende metingen gedaan:

- Plantlengte;
- Aantal internodia;
- Lengte van het 3^e en 7^e internodium van de plant;
- Lengte van blad en bladsteel van het 3^e, 5^e, 7^e en 9^e blad;
- Breedte van blad 5 (alleen aan het einde van de 2^e serie).

Aan het einde van elk experiment (na 4 weken) werden 6 planten per klimaatkamer destructief geoogst en werd het volgende gemeten:

- Plantlengte;
- Aantal internodia;
- Vers- en drooggewicht bladeren;
- Vers- en drooggewicht stengel;
- Vers- en drooggewicht trossen;
- Bladoppervlakte.

Deze eind oogst werd zowel gedaan aan de planten waaraan de wekelijkse metingen zijn gedaan als aan planten die ongestoord gegroeid zijn.

Statistiek

Voor de statistische analyse werd gebruik gemaakt van een variantieanalyse (ANOVA), waarmee de effecten van de temperatuurbehandelingen werden getoetst met een betrouwbaarheid van 90%. Voor ANOVA werd gebruik gemaakt van het softwareprogramma Genstat versie 7.2 (Lawes Agricultural Trust, Rothamsted Experimental Station, UK, 2004).

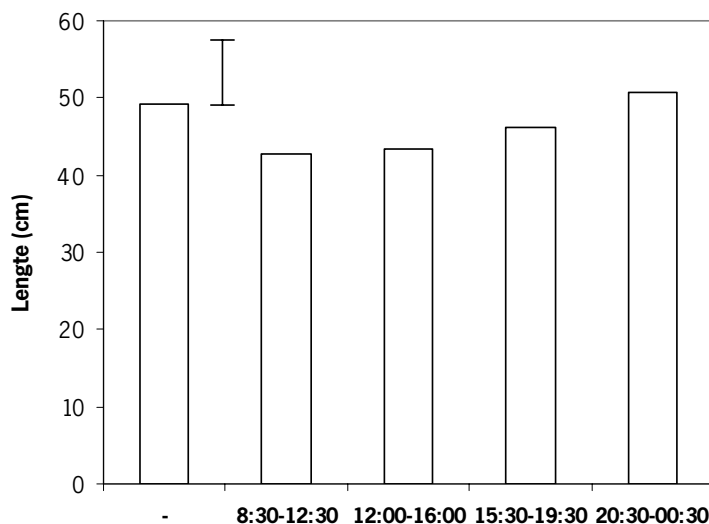
2.3 Resultaten

Klimaat

Dagelijks is het temperatuurverloop in alle klimaatkamers gecontroleerd. Wekelijks werd de lichtintensiteit in de klimaatkamers gemeten en is gecontroleerd of de verrood lampen brandden op het juiste moment. Hierbij zijn geen afwijkingen geconstateerd. De CO₂ concentratie in de klimaatkamers bleef 400 ± 20 ppm te zijn. Van alle klimaatkamers is aan het einde van de proef de windsnelheid gemeten. Deze bleef in alle kamers vergelijkbaar te zijn.

Plantlengte

Een tijdelijke temperatuurverlaging (DROP) leidt tot een afname in plantlengte (Figuur 2.2). Een DROP in de ochtend leidt tot de sterkste afname (13%). Deze daling in lengte is echter statistisch niet significant. Wanneer de DROP later in de lichtperiode gegeven wordt, is de afname in stengellengte door de temperatuurverlaging minder. Een tijdelijke temperatuurverlaging aan het begin van de nacht heeft geen effect op de plantlengte na 4 weken groei.



Figuur 2.2. Lengte van tomatenplanten die gedurende 4 weken bij de volgende temperatuurbehandelingen zijn geteeld: controle (-) en DROP aan het begin (8:30-12:30), in het midden (12:00-16:00) of aan het einde (15:30-19:30) van de lichtperiode of aan het begin van de donkerperiode (20:30-00:30). De verticale staaf geeft het kleinst significante verschil (LSD) aan.

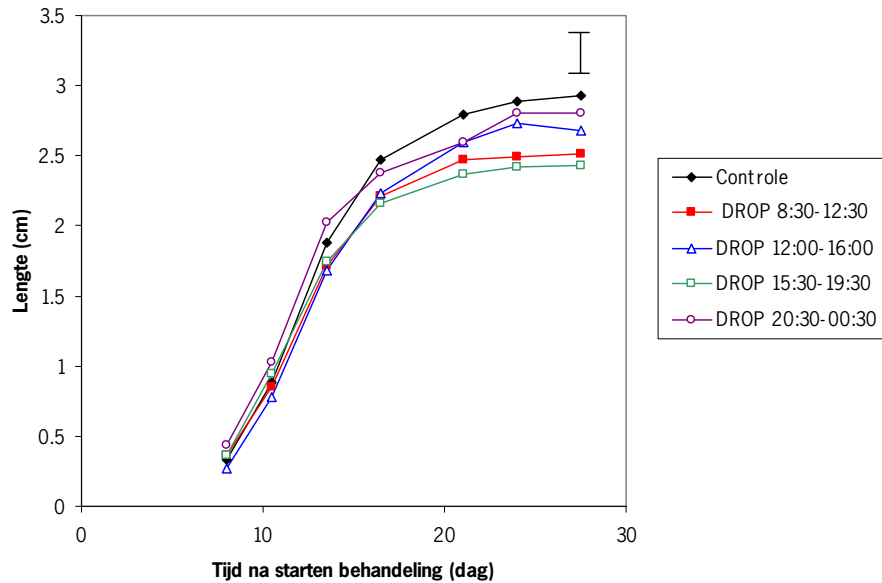
Het verschil in lengte wordt voornamelijk bepaald door verschillen in lengtes van de internodia en maar voor een klein gedeelte door het verschil in aantal internodia. Het aantal internodia varieerde tussen de 14.3 en 14.9 aan het einde van het experiment (Tabel 2.1).

Tabel 2.1. Aantal internodia van tomatenplanten die gedurende 4 weken bij de volgende temperatuurbehandelingen zijn geteeld: controle (-) en DROP aan het begin (8:30-12:30), in het midden (12:00-16:00) of aan het einde (15:30-19:30) van de lichtperiode of aan het begin van de donkerperiode (20:30-00:30).

Temperatuurbehandeling	Aantal internodia
Controle	14.9
DROP 8:30 – 12:30 uur	14.6
DROP 12:00 – 16:00 uur	14.3
DROP 15:30 – 19:30 uur	14.8
DROP 20:30 – 00:30	14.8
LSD (P=0.90)	1.1

Lengtes van de internodia

In onderstaande figuur staat de lengte ontwikkeling van het derde internodium van onderaf geteld (internodium 3) in de tijd uitgezet. Dit internodium is na 4 weken significant korter wanneer de planten een DROP gehad hebben aan het begin of aan het einde van de lichtperiode dan wanneer de planten geen DROP hebben gehad (controle) of de DROP aan het begin van de nacht hebben gehad.

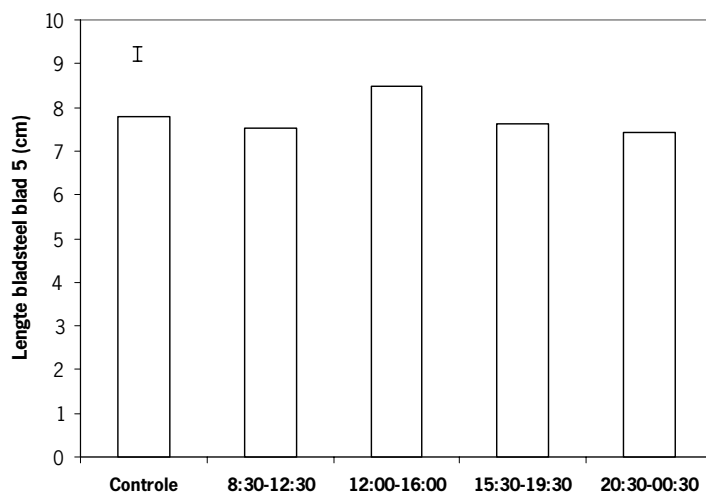


Figuur 2.3. Verloop van de lengte van internodium 3 gedurende 4 weken bij de volgende temperatuur-behandelingen: controle (-) en DROP aan het begin (8:30-12:30), in het midden (12:00-16:00) of aan het einde (15:30-19:30) van de lichtperiode of aan het begin van de donkerperiode (20:30-00:30). De verticale staaf geeft het kleinst significante verschil (LSD) aan.

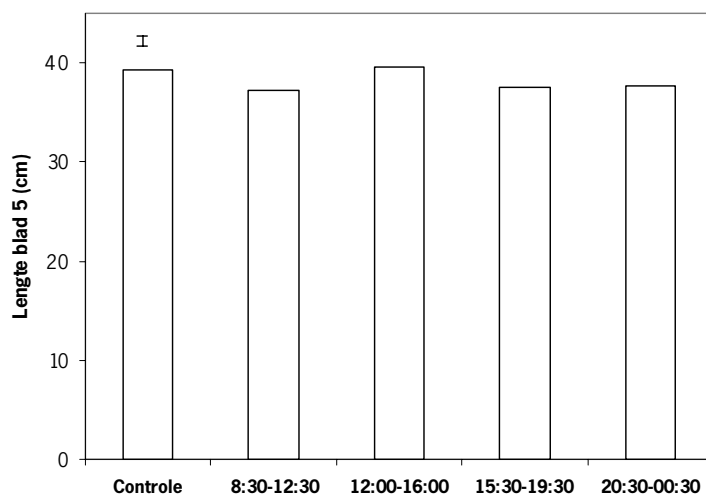
Gedurende het experiment is ook de lengteontwikkeling van internodium 7 gevolgd. Het verloop van de lengte van dat internodium in de tijd was vergelijkbaar met het lengteverloop van internodium 3. Omdat internodium 7 aan het einde van het experiment nog niet volledig uitgestrekt was, zijn hier de resultaten van internodium 3 getoond.

Bladlengte en -breedte

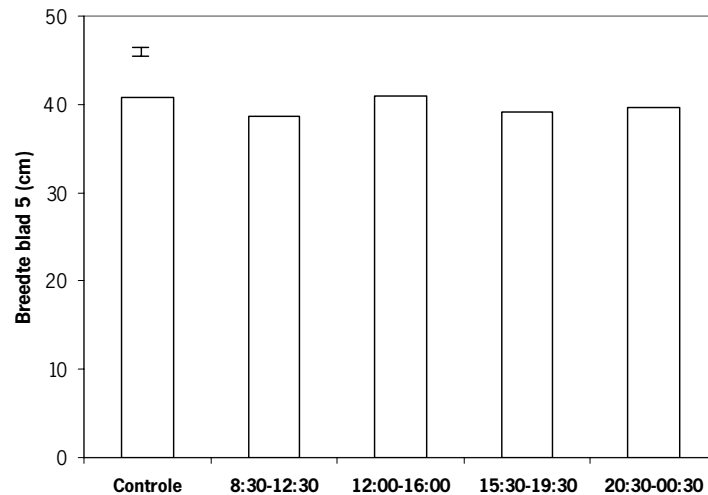
Naast de lengtes van de internodia is ook de bladontwikkeling in de loop van de tijd nauwkeurig gevolgd. Van de bladeren 3, 5, 7 en 9 werden lengtes van bladsteel en totale blad en de breedte van het blad in de tijd gevolgd. De gegevens van blad 5 worden hieronder weergegeven (Figuren 2.4 – 2.6). Het verloop van de bladontwikkeling in de andere bladeren was hiermee vergelijkbaar. De lengte van de bladsteel is significant groter voor de planten die een DROP hebben gehad midden in de lichtperiode (12:00-16:00 uur). De lengte van het totale blad is het grootst voor de controle behandeling en de behandeling die de DROP midden in de lichtperiode heeft gehad. De bladlengtes van de overige 3 behandelingen zijn significant korter (Figuur 2.5). Ook voor de breedte van het blad geldt dat de planten die bij de controlebehandeling hebben gestaan of een DROP hebben gehad van 12:00 tot 16:00 significant bredere bladeren hebben dan de andere 3 behandelingen (DROP aan het begin of einde van de dag of begin van de nacht; Figuur 2.6).



Figuur 2.4. Lengte van de bladsteel van blad 5 van tomatenplanten die gedurende 4 weken bij de volgende temperatuurbehandelingen zijn geteeld: controle (-) en DROP aan het begin (8:30-12:30), in het midden (12:00-16:00) of aan het einde (15:30-19:30) van de lichtperiode of aan het begin van de donkerperiode (20:30-00:30). De verticale staaf geeft het kleinst significante verschil (LSD) aan.



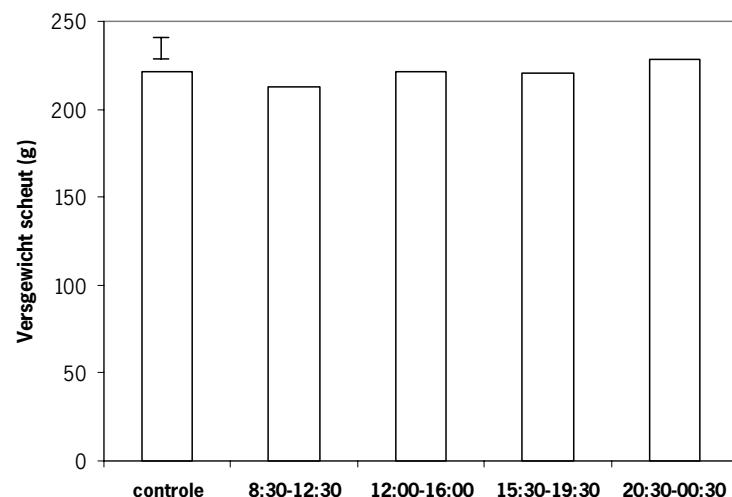
Figuur 2.5. Lengte van blad 5 van tomatenplanten die gedurende 4 weken bij de volgende temperatuurbehandelingen zijn geteeld: controle (-) en DROP aan het begin (8:30-12:30), in het midden (12:00-16:00) of aan het einde (15:30-19:30) van de lichtperiode of aan het begin van de donkerperiode (20:30-00:30). De verticale staaf geeft het kleinst significante verschil (LSD) aan.



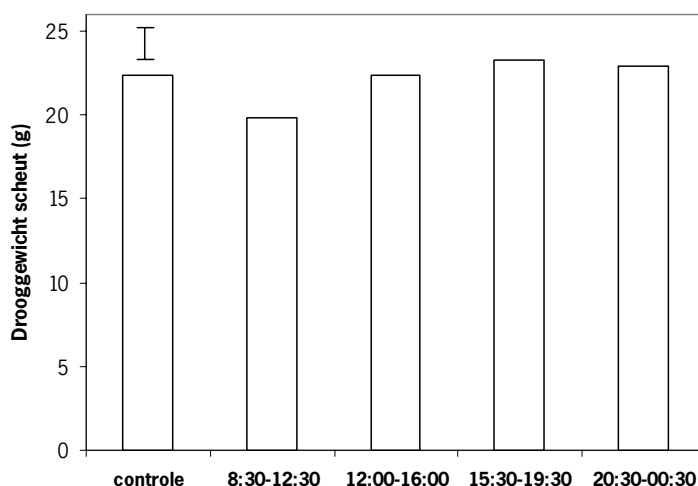
Figuur 2.6. Breedte van blad 5 van tomatenplanten die gedurende 4 weken bij de volgende temperatuurbehandelingen zijn geteeld: controle (-) en DROP aan het begin (8:30-12:30), in het midden (12:00-16:00) of aan het einde (15:30-19:30) van de lichtperiode of aan het begin van de donkerperiode (20:30-00:30). De verticale staaf geeft het kleinste significante verschil (LSD) aan.

Gewichten

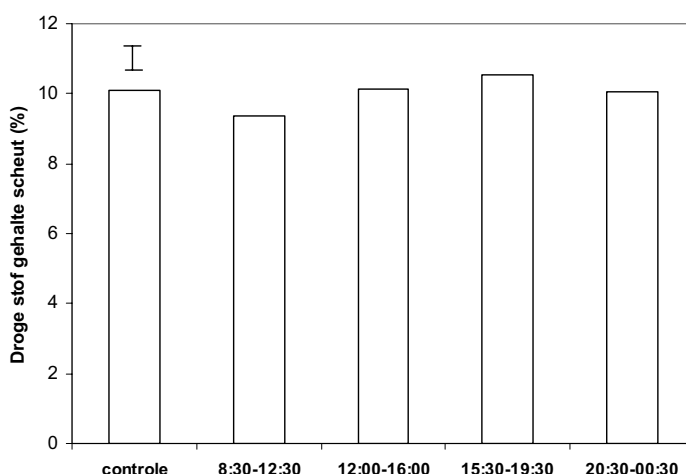
De temperatuurdalingen blijken weinig effect te hebben op het versgewicht van de scheut (stengel, bladeren, trossen) (Figuur 2.7). Het drooggewicht van de scheut is bij een temperatuurdaling in de ochtend wel significant lager dan wanneer geen DROP wordt toegepast (Figuur 2.8). Een DROP later op de dag heeft geen significant effect meer op het drooggewicht van de scheut. Het droge stof gehalte vertoont een duidelijk verloop over de behandelingen. Bij de controlebehandeling is het droge stof percentage van de scheut 10.1% (Figuur 2.9). Wanneer de planten aan het begin van de lichtperiode een temperatuurdaling hebben gehad, is het droge stof percentage 9.4%.



Figuur 2.7. Versgewichten van tomatenplanten die gedurende 4 weken bij de volgende temperatuurbehandelingen zijn geteeld: controle (-) en DROP aan het begin (8:30-12:30), in het midden (12:00-16:00) of aan het einde (15:30-19:30) van de lichtperiode of aan het begin van de donkerperiode (20:30-00:30). De verticale staaf geeft het kleinste significante verschil (LSD) aan.

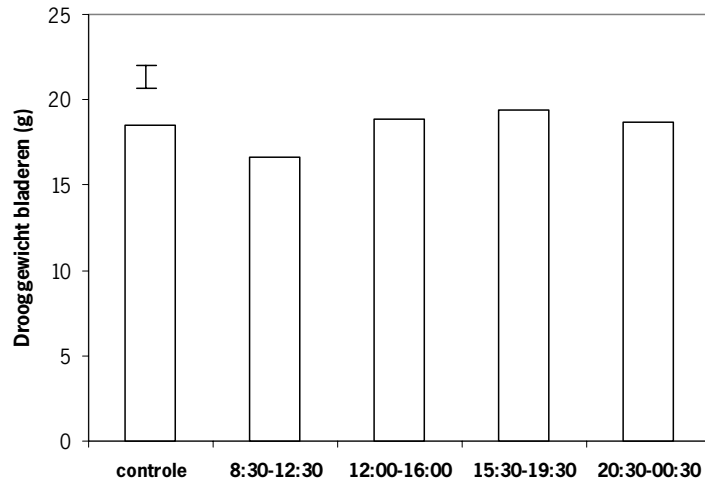


Figuur 2.8. Drooggewichten van tomatenplanten die gedurende 4 weken bij de volgende temperatuurbehandelingen zijn geteeld: controle (-) en DROP aan het begin (8:30-12:30), in het midden (12:00-16:00) of aan het einde (15:30-19:30) van de lichtperiode of aan het begin van de donkerperiode (20:30-00:30). De verticale staaf geeft het kleinst significante verschil (LSD) aan.



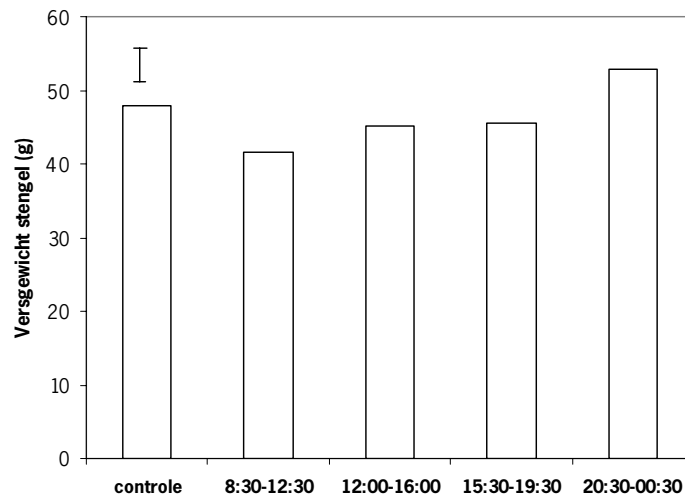
Figuur 2.9. Percentages droge stof van tomatenplanten die gedurende 4 weken bij de volgende temperatuurbehandelingen zijn geteeld: controle (-) en DROP aan het begin (8:30-12:30), in het midden (12:00-16:00) of aan het einde (15:30-19:30) van de lichtperiode of aan het begin van de donkerperiode (20:30-00:30). De verticale staaf geeft het kleinst significante verschil (LSD) aan.

Het gewicht van de scheut is opgebouwd uit de gewichten van de bladeren, de stengel en de tros. Het versgewicht van de bladeren wordt niet significant beïnvloed door de temperatuurbehandelingen. Het drooggewicht van het blad is echter wel aantoonbaar lager voor de planten die aan het begin van de lichtperiode (8.30 – 12.30 uur) een temperatuurdaling gehad hebben (Figuur 2.10). Dat betekent dat ook het droge stof gehalte van de bladeren van deze planten lager is dan van de controleplanten of de planten die de temperatuurdaling op een later moment van de dag gehad hebben. Het bladoppervlak verloopt vergelijkbaar aan het bladgewicht; bij de DROP in de ochtend is het bladoppervlakte het kleinst.



Figuur 2.10. Drooggewichten van de bladeren van tomatenplanten die gedurende 4 weken bij de volgende temperatuurbehandelingen zijn geteeld: controle (-) en DROP aan het begin (8:30-12:30), in het midden (12:00-16:00) of aan het einde (15:30-19:30) van de lichtperiode of aan het begin van de donkerperiode (20:30-00:30). De verticale staaf geeft het kleinste significante verschil (LSD) aan.

Het versgewicht van de stengel van planten die een temperatuurdaling hebben gehad aan het begin van de lichtperiode is significant lager dan van de planten die geen DROP hebben gehad (controle). Het versgewicht is het hoogste bij de planten die aan het begin van de nacht een temperatuurdaling hebben gehad. Het stengeldrooggewicht vertoont hetzelfde verloop over de temperatuurbehandelingen als het versgewicht.



Figuur 2.11. Versgewicht van de stengel van tomatenplanten die gedurende 4 weken bij de volgende temperatuurbehandelingen zijn geteeld: controle (-) en DROP aan het begin (8:30-12:30), in het midden (12:00-16:00) of aan het einde (15:30-19:30) van de lichtperiode of aan het begin van de donkerperiode (20:30-00:30). De verticale staaf geeft het kleinste significante verschil (LSD) aan.

Aan het einde van het experiment waren in de planten de eerste twee trossen zichtbaar. Van de eerste tros waren gemiddeld 2-3 bloemetjes geopend. In de eerste serie waren bij 2 van de 30 planten vlaggetjes te zien aan de tros (blaadje voor of na het eerste bloemetje). In de tweede serie werden geen vlaggetjes waargenomen. In beide series kwam het voor dat de tros niet eindigde met een bloemetje, maar vegetatief uit leek te groeien ('dief') (Tabel 2.3).

Tabel 2.3. Gemiddeld aantal dieven aan de tros van tomatenplanten die gedurende 4 weken bij de volgende temperatuurbehandelingen zijn geteeld: controle (-) en DROP aan het begin (8:30-12:30), in het midden (12:00-16:00) of aan het einde (15:30-19:30) van de lichtperiode of aan het begin van de donkerperiode (20:30-00:30).

Temperatuurbehandeling	Aantal dieven
Controle	0.25
DROP 8:30 – 12:30 uur	0.08
DROP 12:00 – 16:00 uur	0.08
DROP 15:30 – 19:30 uur	0.33
DROP 20:30 – 00:30	0.50
LSD (P=0.90)	0.46

2.4 Conclusies

Dit experiment is uitgevoerd met als doel na te gaan op welk moment van de dag de plant het meest gevoelig is voor een daling van de temperatuur. Hiervoor zijn jonge tomatenplanten gedurende vier weken blootgesteld aan een temperatuurdaling aan het begin van de dag, midden op de dag, aan het einde van de dag en aan het begin van de nacht. Het blijkt dat deze planten het meest gevoelig zijn voor een DROP wanneer die aan het begin van de lichtperiode wordt gegeven. Deze DROP leidt tot kortere planten met een lager gewicht. Een DROP op een later moment van de dag heeft minder effect op de stengelstrekking en het plantgewicht. De ontwikkeling van de plant (aantal bladeren, internodia en trossen) wordt niet beïnvloed door de toepassing van een DROP.

3. Temperatuurdaling (DROP) na zonsopkomst

3.1 Inleiding

Uit een aantal studies bleek dat een tijdelijke temperatuurdaling (DROP) de lengte en het gewicht van jonge tomatenplanten reduceerde. Dit effect is in veel gevallen het sterkst als de DROP aan het begin van de dag wordt toegepast (Myster & Moe, 1995; Berghage, 1998). Het effect van een DROP is echter voornamelijk aan (zeer) jonge tomatenplanten onderzocht (Gertsson, 1992; Grimstad, 1993), maar nauwelijks aan volwassen vruchtdragende planten. Over het algemeen reageren jonge planten sterker op veranderingen in het temperatuurverloop dan vruchtdragende planten (De Koning, 1990; Heuvelink, 1989). In hoeverre een DROP de gewasontwikkeling van een vruchtdragend tomatengewas beïnvloed is nog niet bekend. In dit experiment wordt nagegaan wat de effecten zijn van een DROP na zonsopkomst op groei, ontwikkeling en productie van een tomatengewas.

3.2 Materiaal en methoden

3.2.1 Plantmateriaal en teelt

Tomatenplanten Cedrico verkregen van een plantenkweker werden op 8 december 2004 geplant in 4 kascompartimenten van 144 m² elk in een Venlo-kas in het kassencomplex 'De Haaff' in Wageningen. Transmissie van het kasdek en de kasconstructie was 55-60%. De planten werden naast het plantgat geplaatst op hangende goten op steenwol (Grodan Expert) in een plantdichtheid van 2.7 planten per m². Per plant werd één stengel aangehouden. De 4 kascompartimenten waren de middelste compartimenten van een rij van 6 compartimenten. Ze grensden met de voorkanten aan een corridor (noordzijde) en met achter- en zijkanten aan buurcompartimenten. De rijen waren noord-zuid georiënteerd. Aan de randen van de kascompartimenten werden enkele rijen als randrijen geplaatst. Binnen de rijen dienden de buitenste twee planten als randplanten.



Figuur 3.1. Overzicht van de tomatenplanten en het teeltsysteem.

Op 29 december 2004 werd uit alle planten de eerste tros verwijderd, omdat bij een aantal planten deze tros geaborteerd was. Op 14 januari 2005, op het moment dat alle planten een bloeiende tweede tros hadden, werden de planten op het plantgat in de steenwolmat geplaatst. Om een goede vruchtzetting te krijgen werden hommels ingezet. Per tros werden 5 vruchten aangehouden. Onder de afrijpende trossen werd blad geplukt conform de praktijk. De planten kregen een standaard voedingsoplossing voor tomaat (Bijlage I). Het aantal druppelbeurten was afhankelijk van de straling. Voor de (preventieve) bestrijding van ziekten en plagen werd gebruik gemaakt van biologische bestrijding. Gedurende de proef werden geen ziekten en plagen waargenomen.

Om na te gaan of het knikken van een trossteel effecten heeft op het trossgewicht zijn de 2^e, 3^e en 4^e trossen van zes planten per kascompartiment gebeugeld.

Op advies van de begeleidingsgroep werden tijdens het begin van de teelt de volgende klimaatinstellingen aangehouden:

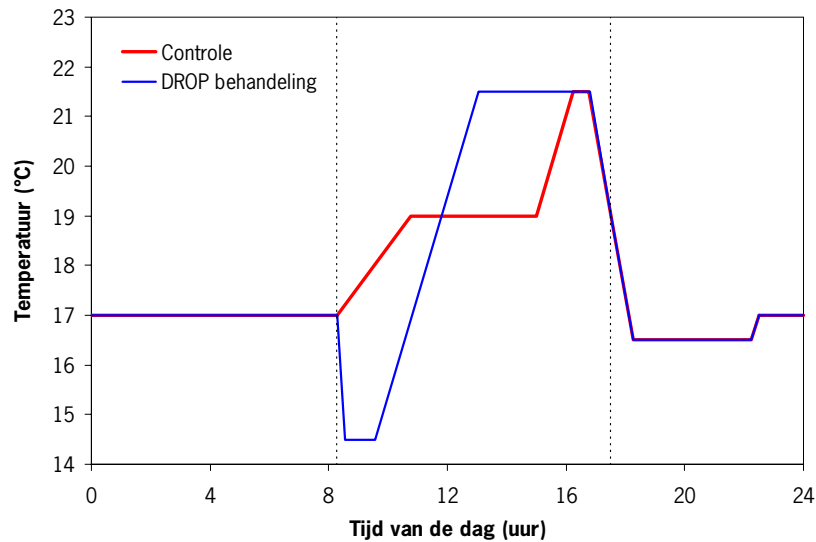
Tabel 3.1. *Klimaatinstelling van de vier kascompartimenten voor de start van de behandelingen.*

Begindatum	Einddatum	Dagtemperatuur (°C)	Nachttemperatuur (°C)	CO ₂ dosering overdag (ppm)	Lichtverhoging met 1°C
08-12-04	15-12-04	20.0	20.0	600	-
16-12-04	28-12-04	20.0	18.0	600	13.00-14.00 uur
29-12-04	31-12-04	19.5	17.0	800	13.00-15.00 uur
01-01-04	04-01-05	19.5	16.5	800	13.00-15.00 uur
05-01-05	20-01-05	18.0	16.5	800	13.00-15.00 uur
21-01-05	27-01-05	18.0	16.0	800	13.00-15.00 uur
28-01-05	01-02-05	18.5	16.5	800	13.00-15.00 uur

De CO₂ in dit experiment was afkomstig van zuivere CO₂ uit flessen. De CO₂ concentratie in de kaslucht werd ingesteld volgens bovenstaande tabel. Als de ramen geopend werden, werd de instelling verlaagd naar 400 ppm. Voor de klimaatinstellingen en –metingen is gebruik gemaakt van het in de kas aanwezige meetsysteem van de Hoogendoorn klimaatcomputer die elke 5 minuten setpoints en gerealiseerde waarden in bestanden opslaat.

3.2.2 Temperatuurbehandelingen

Op 2 februari 2005, op het moment dat bij alle planten de diameter van de grootste vrucht 0.5 cm was, zijn de temperatuurbehandelingen gestart. De LAI van de planten (m² bladoppervlak per m² grondoppervlak) was op dat moment 2.9. In twee kascompartimenten (nummers 10.6 en 10.10) werd een temperatuurregime aangehouden zoals in de praktijk voor Cedrico gebruikt wordt (controle). Hierin is de voornachttemperatuur 16.5°C, de nachtemperatuur 17°C en loopt de dagtemperatuur in twee stappen op naar 21.5°C (Figuur 3.2). In de andere twee compartimenten (nummers 10.4 en 10.8) werd de DROP behandeling toegepast. Bij deze behandeling werd de temperatuur na zonsopkomst verlaagd van 17 naar 14.5°C door de verwarmingsbuizen uit te zetten en de ramen te openen. Na één uur werd de temperatuur geleidelijk verhoogd tot 21.5°C. De gemiddelde etmaaltemperatuur, gemiddelde dagtemperatuur en gemiddelde nachttemperatuur van de beide behandelingen waren volgens deze setpoints gelijk. Om zeker te stellen dat de gerealiseerde etmaaltemperaturen ook onder sterk wisselende buitenomstandigheden niet zouden verschillen tussen de beide temperatuurbehandelingen werd gebruik gemaakt van de Hoogendoorn Econaut temperatuurintegratiemodule. Deze kreeg tussen 11:00 en 15:00 uur beperkte ruimte om de temperatuur zodanig te realiseren dat de gemiddelde etmaaltemperaturen tussen de behandelingen gelijk bleven.



Figuur 3.2. Verloop van de temperatuur gedurende de dag van de controle en de DROP behandelingen tijdens de start van de behandelingen op 2 februari 2005. De gestippelde verticale lijnen geven zonsopkomst en zonsondergang aan.

Naarmate de dag langer werden (verschuiven van zonsopkomst en zonsondergang), werd de periode van de dag waarin de temperatuur 21.5°C was langer. Het temperatuurverloop tot het bereiken van 21.5°C werd bij beide behandelingen niet aangepast. Dit hield in dat de gemiddelde etmaaltemperatuur steeg van 17.8°C op 2 februari naar 18.5°C op 31 maart.

Het experiment met bovenstaande temperatuurbehandelingen werd op 31 maart 2005 beëindigd. Het experiment werd daarna verlengd op de wijze zoals staat beschreven in hoofdstuk 4 van dit rapport.

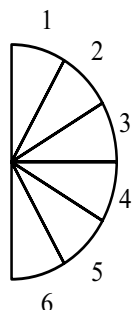
3.2.3 Metingen

In dit experiment werd een aantal metingen gedaan aan verschillende segmenten van de tomatenplanten. Een segment wordt hier gedefinieerd als één tros, het blad boven deze tros en de twee bladeren onder deze tros. De segmenten worden geteld van onder naar boven.

Wekelijks werden aan vijf planten per kascompartiment de volgende niet-destructieve metingen gedaan:

- Aantal trossen per plant;
- Aantal bloemen en vruchten per tros. Er werden maximaal 5 bloemen en vruchten geteld, omdat de tros op 5 vruchten werd gesnoeid. Een bloem werd geteld als deze volledig open stond en een vrucht werd geteld als deze groter dan 2 mm was;
- Aantal kniktrossen per plant;
- Aantal bladeren (vanaf 2.0 cm) per plant;
- Lengtes van de drie internodia (cm) van segmenten 4, 7 en 8 (vanaf 0.5 cm). Er is gekozen voor segment 4, om het effect van de temperatuurbehandelingen te bekijken op een segment dat aanwezig was voor de start van de behandelingen, en segmenten 7 en 8, om het effect van de temperatuurbehandelingen te bekijken op segmenten die nog niet aanwezig waren voor de start van de behandelingen, maar op het eind van het experiment wel volledig volgroeid en gestrekt waren
- Lengtetoeename van de plant (cm) door op het touwtje wekelijks de hoogte van de plant aan te geven;
- Lengte en breedte van de bladeren (cm) van segmenten 4, 7 en 8 (vanaf 2.0 cm lengte). De lengte van het blad werd gemeten vanaf de aanhechting aan de stengel en de breedte op het breedste punt van het blad;

- Lengte bladstelen (cm) van de bladeren van segmenten 4, 7 en 8 (vanaf 2.0 cm lengte). De lengte van de bladsteel werd gemeten vanaf de stengel tot aan het eerste blaadje van het samengestelde blad;
- Lengte en breedte (cm) van trossen 4, 7 en 8 (vanaf 2.0 cm). De lengte van de tros werd gemeten vanaf de stengel tot en met de laatste bloem en de breedte op het breedste punt van de tros;
- Lengte trosstelen (cm) van trossen 4, 7 en 8 (vanaf 0.5 cm). De lengte van de trossteel werd gemeten vanaf de stengel tot aan de eerste bloem van de tros;
- Vruchtdiameters (cm) van de vruchten van trossen 3 en 4 (vanaf 0.5 cm);
- Stand van de bladeren van segmenten 4, 7 en 8. Voor de stand werd een indeling in categorieën gemaakt (Figuur 3.3);
- Stand van de trossen 4, 7 en 8 (Figuur 3.3);
- Lengte jongste twee bladeren (vanaf 2.0 cm);
- Aantal geplukte bladeren;
- Vers- en drooggewichten (g) van de geplukte bladeren;
- Bladoppervlakte (cm²) van de geplukte bladeren. Bladoppervlakte werd bepaald met een bladoppervlaktemeter (LI-COR Model 3100 Area Meter).



Figuur 3.3. Schaal om de stand van de tros of het blad mee weer te geven. Een segment komt overeen met 30°.

Periodiek werden planten destructief geoogst. Deze oogsten vonden plaats op het moment van planten (8 december 2004), bij de start van de temperatuurbehandelingen (2 februari 2005), halverwege de temperatuurbehandelingen en aan het einde van het experiment (31 maart). Bij de destructieve oogsten werd plantlengte, aantallen trossen en bladeren, bladoppervlakte en vers- en drooggewichten van bladeren, stengels en vruchten gemeten. Bij de beginoogst werden 10 planten destructief geoogst. Bij de volgende oogsten werden 6 planten per compartiment geoogst. Bij deze oogsten werden de planten opgedeeld in drie delen:

- Segmenten 1 - 6 (oude deel). Deze segmenten waren aanwezig op het moment dat de temperatuurbehandelingen startten;
- Segmenten 7 tot en met top (nieuwe deel). Deze segmenten waren nog niet zichtbaar op het moment dat de temperatuurbehandelingen startten;
- Segment 8. Dit segment was nog niet zichtbaar op het moment dat de temperatuurbehandelingen startten. Dit segment wordt afzonderlijk gevolgd om het effect van de behandelingen te meten op een segment dat nog niet aanwezig was bij de start van de temperatuurbehandelingen, maar dat 2 maanden later wel volgroeid was.

Bij de vruchten van tros 2 en 3 werd gekeken naar de aanwezigheid van zwarte zaden in de vruchten en werd genoteerd of en in welke mate het vruchtvlees los was van de vruchtwand (Tabel 3.2). Verder werden aan het einde van het experiment de vers- en drooggewichten van de gebeugelde trossen bepaald en vergeleken met de gewichten van de niet-gebeugelde trossen.

Tabel 3.2. *Schaal om aan te geven hoe los het vruchtvlees van de vruchtwand is.*

Score	Omschrijving
0	Vruchtvlees niet los
1	Vruchtvlees los tot maximaal de helft
2	Vruchtvlees los van half tot geheel

Vanaf 4 maart 2005 werden in 2 kascompartimenten (één DROP behandeling, één controle) elke 10 minuten de planttemperatuur geregistreerd. In beide compartimenten waren twee planttemperatuurmeters (Brinkman Tuinbouw Techniek BV, 's-Gravenzande) geïnstalleerd. De planttemperatuurmeters hingen 50 tot 75 cm boven het gewas in een hoek van 79° om de temperatuur van het bovenste gedeelte van het gewas te meten. De meetoppervlakte was 1.60 tot 3.53 m².

In deze kascompartimenten werden verder vruchtgroei en vruchttemperatuur geregistreerd. Met behulp van verplaatsingsopnemers werd van 22 tot 31 maart de toename van de vruchtdiameter van een aantal vruchten tussen 2.0 en 2.5 cm gemeten. Vruchten van deze grootte groeien het snelst. Per kascompartiment werden drie verplaatsingsopnemers gebruikt voor vruchten. Eén verplaatsingsopnemer diende als referentie en werd gebruikt om indien nodig te corrigeren voor temperatuurgevoeligheid. De inwendige vruchttemperatuur werd gemeten met thermokoppels. Per kascompartiment werden drie thermokoppels in de vruchten geplaatst en één thermokoppel werd in de lucht gehangen als referentie. De thermokoppels en een mes werden ontsmet met alcohol. Met het mes werd een snee aan de zijkant van de vrucht gemaakt tot ongeveer het midden van de vrucht. Daarna werd de thermokoppel in de vrucht gestoken. Er werd gemeten van 29 tot en met 31 maart.

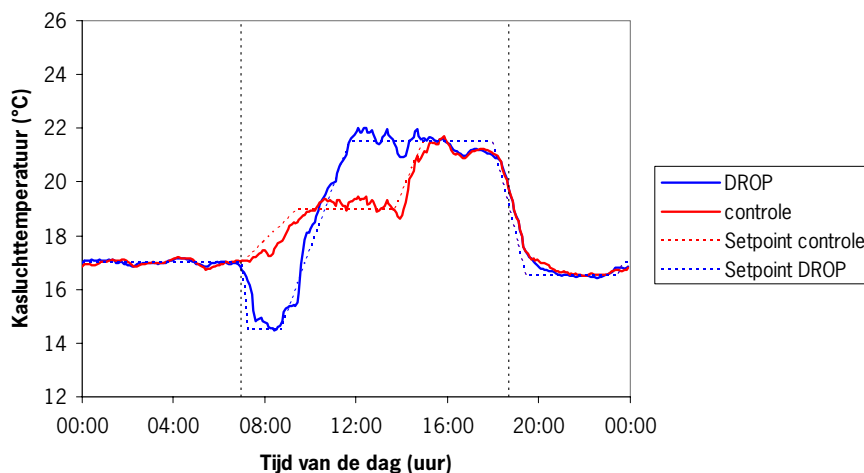
3.2.4 Statistische analyse

Voor de statistische analyse werd gebruik gemaakt van een variantieanalyse (ANOVA). ANOVA werd toegepast om de significantie van de effecten van de temperatuurbehandelingen en het effect van beugelen en niet beugelen te toetsen (90 % betrouwbaarheid). Voor ANOVA werd gebruikt gemaakt van het softwareprogramma Genstat versie 7.2 (Lawes Agricultural Trust, Rothamsted Experimental Station, UK, 2004).

3.3 Resultaten

3.3.1 Klimaat

Over het algemeen volgden de temperaturen in het experiment de setpoints goed. In onderstaande figuur staan de setpoints en gerealiseerde temperaturen in de periode 11 tot en met 15 maart weergegeven.

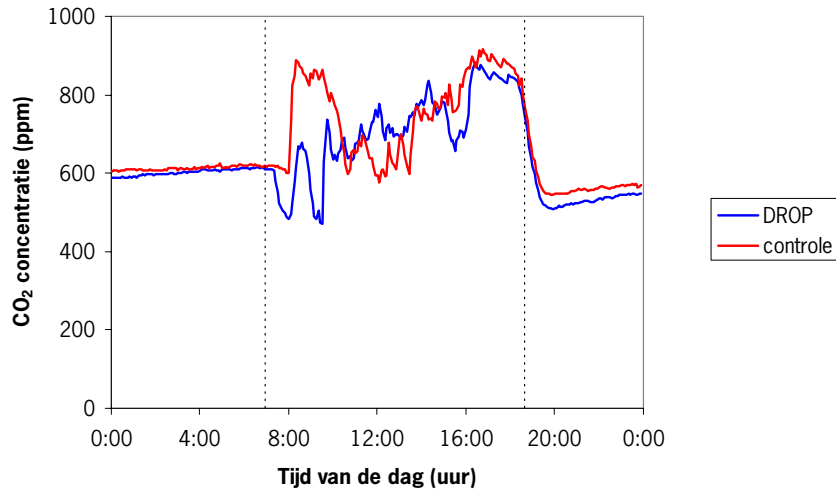


Figuur 3.4. Verloop van de temperaturen gedurende de dag van de controle en DROP behandelingen gemiddeld over de periode 11 tot en met 15 maart 2005. De gestippelde lijnen geven de setpoints aan, de doorgetrokken lijnen de gerealiseerde temperaturen. De verticale stippellijnen geven de tijdstippen van zonsopkomst en zonsondergang op 13 maart aan.

Het gemiddelde gerealiseerde klimaat over de hele proefperiode weergegeven is niet mogelijk, omdat in deze periode de tijdstippen van zonsopkomst en zonsondergang verschuiven, en daarmee ook de setpoints voor beide temperatuurbehandelingen. Als we de DROP gerealiseerd noemen als de temperatuur na zonsopkomst tenminste een uur tussen 14.5 en 15.0°C is geweest, blijkt dat de DROP gedurende de twee proefmaanden 12 keer niet gerealiseerd is. Op deze dagen lag de buitentemperatuur tijdens de DROP beneden het vriespunt, waardoor de ramen vanwege de begrenzing niet geopend konden worden. Van deze 12 dagen werd 9 keer een temperatuurdaling tussen 15.0 en 15.5°C gerealiseerd en 3 keer een temperatuurdaling tussen 15.5 en 16.0°C.

De gemiddelde gerealiseerde etmaaltemperaturen bij beide behandelingen was 18.3°C. De gemiddelde dagtemperatuur bij beide behandelingen was 19.7°C en de nachttemperatuur 17.0°C. Effecten van de temperatuurbehandelingen kunnen daarmee toegeschreven worden aan het verschil in verloop van de temperatuur gedurende de dag en niet aan verschillen in gerealiseerde etmaaltemperaturen.

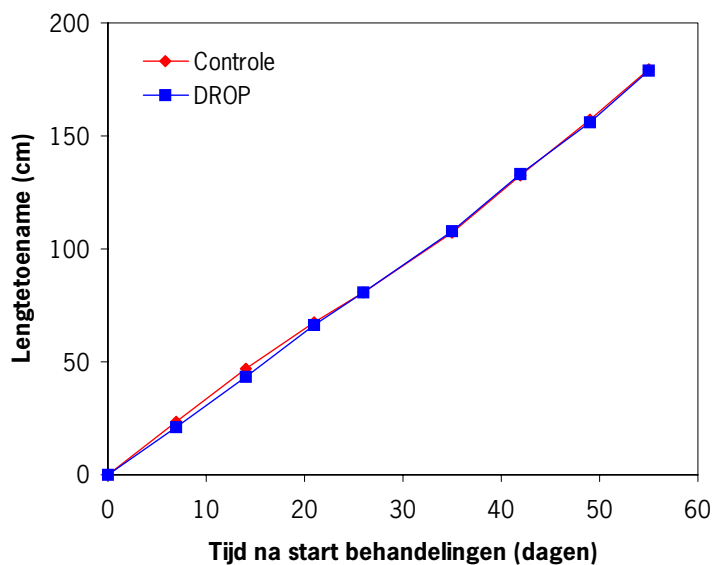
De DROP werd onder andere gerealiseerd door de ramen te openen. Daardoor was de CO₂ concentratie gedurende de tijd dat de DROP werd gegeven lager in de DROP behandeling dan in de controlebehandeling (Figuur 3.5). Tussen 7:00 uur (zonsopkomst) en 10:30 uur (moment waarop temperaturen in DROP en controlebehandeling weer het zelfde setpoint hebben) is de CO₂ concentratie in de DROP behandeling gemiddeld 593 ppm en in de controle behandeling 754 ppm in de periode 11 tot en met 15 maart 2005. De hoeveelheid licht was vlak na zonsopkomst nog beperkt, maar liep op tot ongeveer 500 W/m² buiten de kas om 10:30 uur. In de uren na de DROP, tussen 10:30 uur en 18:40 uur (zonsondergang) waren de CO₂ concentraties in de controle en DROP behandeling bijna hetzelfde, namelijk 756 respectievelijk 761 ppm.



Figuur 3.5. Verloop van de CO₂ concentraties gedurende de dag van de controle en DROP behandelingen gemiddeld over de periode 11 tot en met 15 maart 2005. De verticale stippellijnen geven de tijdstippen van zonsopkomst en zonsondergang op 13 maart aan.

3.3.2 Groei en ontwikkeling

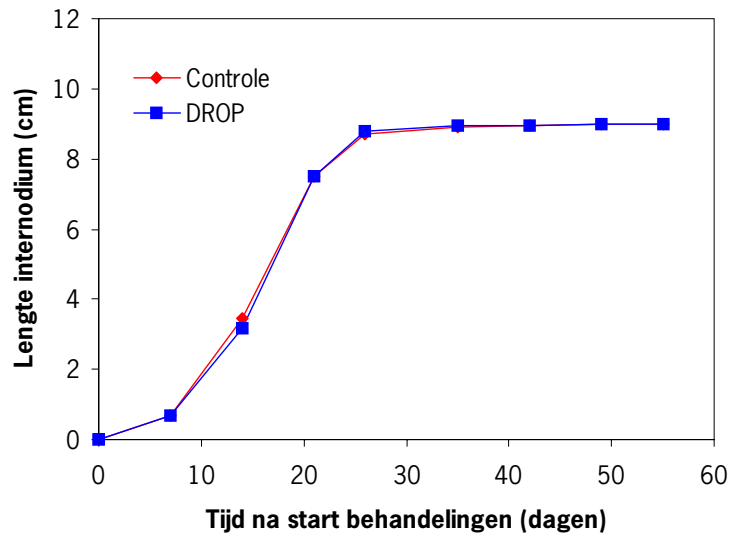
Op het moment dat de tomatenplanten in de 4 kascompartimenten geplant werden (8 december 2004) waren ze gemiddeld 36.8 cm lang (Bijlage II). Op het moment dat de temperatuurbehandelingen werden gestart (2 februari 2005) was de plantlengte gemiddeld 197 cm. Aan het einde van het experiment (31 maart 2005) bleek dat de toename in plantlengte gedurende de temperatuurbehandelingen niet significant verschilde tussen controle en DROP behandeling (Figuur 3.6). De eerste twee weken na de start van de behandelingen leek de toename in plantlengte bij de DROP behandeling minder dan bij de controle behandeling, maar na dit verschil was een week later weer verdwenen.



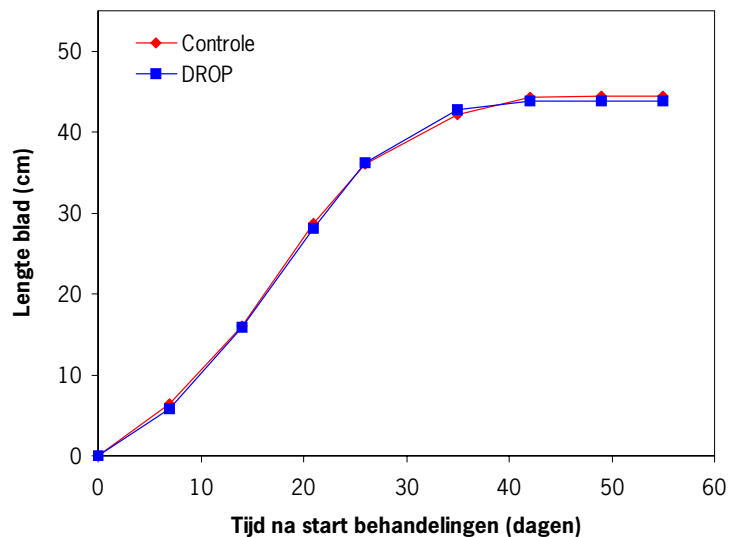
Figuur 3.6. Effect van controle en DROP behandelingen op de lengtetoeename van de plant (cm) van de start van de temperatuurbehandelingen tot het einde van het experiment (2 februari – 31 maart 2005).

De bladafsplittingsnelheid verschilde niet tussen de beide temperatuurbehandelingen. Aan het einde van het experiment hadden de planten gemiddeld voor beide behandelingen 44.3 internodia.

Lengtes van internodia, bladeren en bladstelen en breedtes van bladeren bleken niet significant verschillen tussen de temperatuurbehandelingen (Bijlage III). Een internodium blijkt bijna 4 weken nodig te hebben om volledig uit te groeien (Figuur 3.7), terwijl een blad ruim 5 weken nodig heeft om zijn volledige lengte te bereiken (Figuur 3.8).



Figuur 3.7. Effect van controle en DROP behandelingen op de lengte (cm) van het middelste internodium van segment 7 van de start van de temperatuurbehandelingen tot het einde van het experiment (2 februari – 31 maart 2005). Segment 7 was nog niet zichtbaar bij de start van de temperatuurbehandeling.



Figuur 3.8. Effect van controle en DROP behandelingen op de lengte (cm) van het middelste blad van segment 7 van de start van de temperatuurbehandelingen tot het einde van het experiment (2 februari – 31 maart 2005). Segment 7 was nog niet zichtbaar bij de start van de temperatuurbehandeling.

Er bleek geen verschil te zijn in de bladstand tussen de beide temperatuurbehandelingen. De stand van de bladeren was gemiddeld 3.1 (Figuur 3.3). De verhouding in bladlengtes tussen het jongste blad en het daarop volgende blad was bij de controlebehandeling 0.63 en bij de DROP behandeling 0.65 en verschilden daarmee niet aantoonbaar tussen de temperatuurbehandelingen.

Het cumulatieve vers- en drooggewicht van de plant en van de afzonderlijke onderdelen, zowel voor de hele plant als van het nieuw uitgegroeide stuk (segment 7 en hoger) verschilde niet significant tussen de controle en de DROP behandelingen (Tabel 3.3). Het droge stof gehalte van de plant en van de afzonderlijke delen (Tabel 3.3) verschilde niet significant tussen de controle en de DROP behandelingen. Dit gold zowel voor de totale plant als voor dat deel van de plant dat tijdens de temperatuurbehandelingen is uitgegroeid (segment 7 en hoger).

Tabel 3.3. Effect van de controle en DROP behandelingen op gewichten, bladoppervlaktes en droge stof percentages van organen van de totale plant en het deel van de plant dat is uitgegroeid na de start van de temperatuurbehandelingen (Segmenten 7 en hoger). LSD = het kleinst significante verschil. De bepalingen zijn gedaan aan het einde van de twee maanden dat de temperatuurbehandeling is gegeven (31 maart 2005).

	Temperatuurbehandeling			Significantie ^a
	Controle	DROP	LSD	
Totale plant				
Cumulatief versgewicht plant (g)	3573	3660	279	ns
Cumulatief versgewicht bladeren (g)	1219	1186	78	ns
Versgewicht stengel (g)	505	490	71	ns
Versgewicht trossen (g)	1849	1984	178	ns
Bladoppervlakte (cm ²)	33871	32837	1704	ns
Droge stof gehalte bladeren (%)	8.0	7.9	0.3	ns
Droge stof gehalte stengel (%)	8.2	8.2	0.3	ns
Droge stof gehalte trossen (%)	4.9	4.9	0.2	ns
Segmenten 7 en hoger				
Versgewicht plant (g)	1035	1009	234	ns
Versgewicht bladeren (g)	506	478	67	ns
Versgewicht stengel (g)	217	207	5	ns
Versgewicht trossen (g)	312	324	144	ns
Bladoppervlakte (cm ²)	14149	13135	1564	ns

^a ns = niet significant

Het bladoppervlak (inclusief reeds geplukte bladeren) verschilde niet tussen de controle behandeling en DROP behandeling (Tabel 3.3).

Het versgewicht van de vruchten aan de plant verschilde niet significant tussen de beide temperatuurbehandelingen (Tabel 3.3). Wanneer we kijken naar de gewichten van de afzonderlijke trossen blijkt dat het gewicht van tros 2 bij de DROP behandeling zwaarder is dan bij de controlebehandeling (Tabel 3.4). De vruchtgewichten van de 3^e en 4^e tros zijn niet significant verschillend tussen beide behandelingen.

Tabel 3.4. Effect van controle en DROP behandelingen op de vers- en drooggewichten (g) van trossen 2, 3 en 4 aan het einde van de temperatuurbehandelingen (31 maart 2005). LSD = het kleinst significante verschil.

	Behandelingen		LSD	Significantie ^a
	Controle	DROP		
Versgewicht vruchten tros 2 (g)	314.4	364.6	20.3	**
Versgewicht vruchten tros 3 (g)	326.0	353.4	100.3	ns
Versgewicht vruchten tros 4 (g)	354.9	386.4	102.7	ns
Drooggewicht vruchten tros 2 (g)	12.4	14.3	1.6	*
Drooggewicht vruchten tros 3 (g)	13.8	15.3	5.7	ns
Drooggewicht vruchten tros 4 (g)	17.1	19.1	6.2	ns
Gehalte drogestof vruchten tros 2 (%)	3.94	3.91	0.44	ns
Gehalte drogestof vruchten tros 3 (%)	4.22	4.30	0.42	ns
Gehalte drogestof vruchten tros 4 (%)	4.79	4.88	0.21	ns

^a ns = niet significant; * = significant voor $P \leq 0.10$; ** = significant voor $P \leq 0.05$

Ook het drooggewicht van tros 2 is groter voor de DROP behandeling dan voor de controlebehandeling. Het drooggewicht van trossen 3 en 4 verschilt niet significant tussen de temperatuurbehandelingen.

Er is geen verschil in drogestof gehalte van de vruchten tussen de controlebehandeling en de DROP behandeling (Tabel 3.4). Bij een aantal planten was tros 2 bij het beëindigen van de proef oogstrijp, trossen 3 en 4 waren nog niet zo ver.

Zowel bij de controle behandeling als bij de DROP behandeling hadden de planten 12 trossen gevormd op het moment dat het experiment beëindigd werd (31 maart). Hiervan waren er gemiddeld 4 geknikt. Deze kwamen verspreid voor bij de 2^e tot en met de 8^e tros. De posities waarop de kniktrossen voorkwamen verschilde niet tussen de behandelingen.

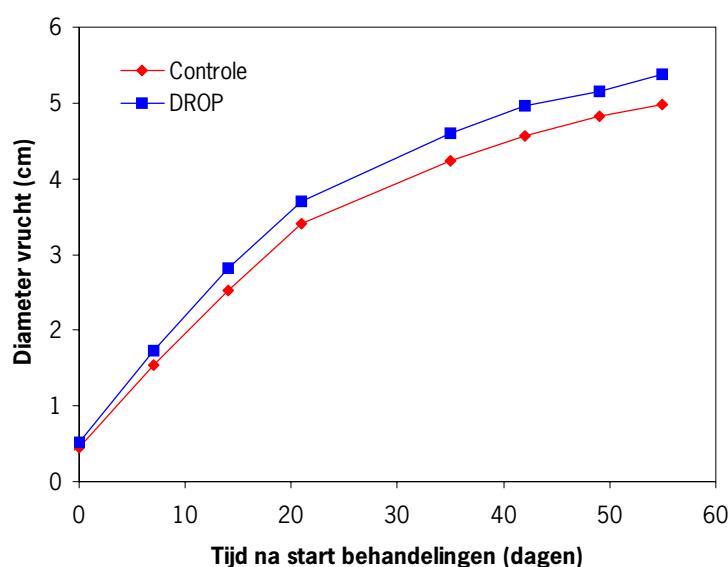
Het aantal bloemen dat per tros gevormd werd verschilde niet tussen de controle behandeling en de DROP behandeling. Alle trossen werden teruggesnoeid op 5 vruchten.

Gedurende het experiment is de ontwikkeling van de diameters van de afzonderlijke vruchten van de 3^e en 4^e tros gevolgd. In Tabel 3.5 staan de diameters van deze vruchten weergegeven zoals ze waren aan het einde van het experiment. Bij enkele vruchten geldt dat ze in de DROP behandeling groter zijn dan in de controlebehandeling, maar voor de meeste vruchten geldt dat er geen verschil is in vruchtdiameter tussen de controle- en de DROP behandeling. Uit Figuur 3.9 blijkt dat ook na 8 weken de vruchten nog niet hun uiteindelijke omvang hebben bereikt.

Tabel 3.5. Effecten van controle en DROP behandelingen op de diameters (cm) van de vruchten van tros 3 en 4 aan het einde van het experiment (31 maart). LSD = het kleinst significante verschil.

	Behandelingen		LSD	Significantie ^a
	Controle	DROP		
Diameter 1e vrucht 3e tros (cm)	4.98	5.38	0.23	**
Diameter 2e vrucht 3e tros (cm)	5.31	5.45	0.52	ns
Diameter 3e vrucht 3e tros (cm)	5.27	5.59	0.39	ns
Diameter 4e vrucht 3e tros (cm)	5.07	5.47	1.08	ns
Diameter 5e vrucht 3e tros (cm)	4.71	5.20	0.97	ns
Diameter 1e vrucht 4e tros (cm)	5.50	5.70	0.21	*
Diameter 2e vrucht 4e tros (cm)	5.35	5.63	0.47	ns
Diameter 3e vrucht 4e tros (cm)	5.24	5.48	0.35	ns
Diameter 4e vrucht 4e tros (cm)	5.05	5.37	0.62	ns
Diameter 5e vrucht 4e tros (cm)	4.59	5.14	0.82	ns

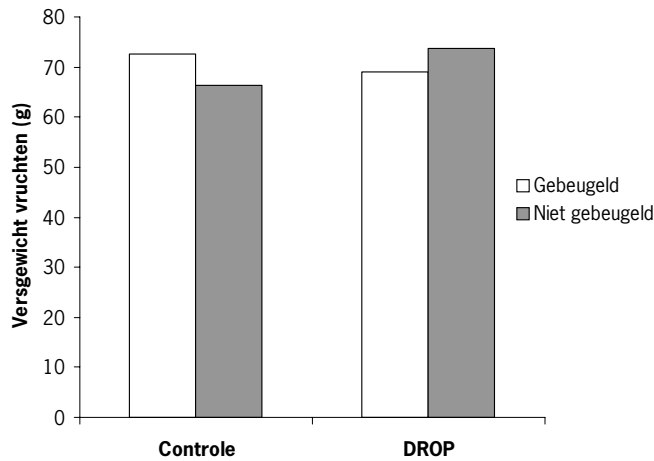
^a ns = niet significant; * significant voor $P \leq 0.10$; ** significant voor $P \leq 0.05$



Figuur 3.9. Effect van controle en DROP behandelingen op de diameter (cm) van vrucht 1 van tros 3. Dag 55 is 31 maart 2005 (einde van het experiment).

Gedurende het experiment is beoordeeld of het voorkwam dat het vruchtvlees los zat van de vruchtwand. Dit bleek inderdaad voor te komen, met name in de vruchten van de tweede tros. Bij de vruchten van de derde tros kwam het bij ongeveer de helft van de vruchten voor. Het voorkomen van losse vruchtwanden werd niet beïnvloed door de temperatuurbehandeling. Bij beide temperatuurbehandelingen werden geen zwarte zaden in de vruchten aangetroffen.

De effecten van het beugelen van de trossen op het trossgewicht zijn niet eenduidig. Bij de controlebehandeling bleken de gebeugelde trossen significant zwaarder te zijn dan de niet-begeugelde trossen, terwijl dat bij de DROP behandeling andersom was (Figuur 3.10). Bij beide behandelingen was het droge stof gehalte van de vruchten van de gebeugelde trossen (4.6%) hoger dan van de niet-begeugelde trossen (4.3%).

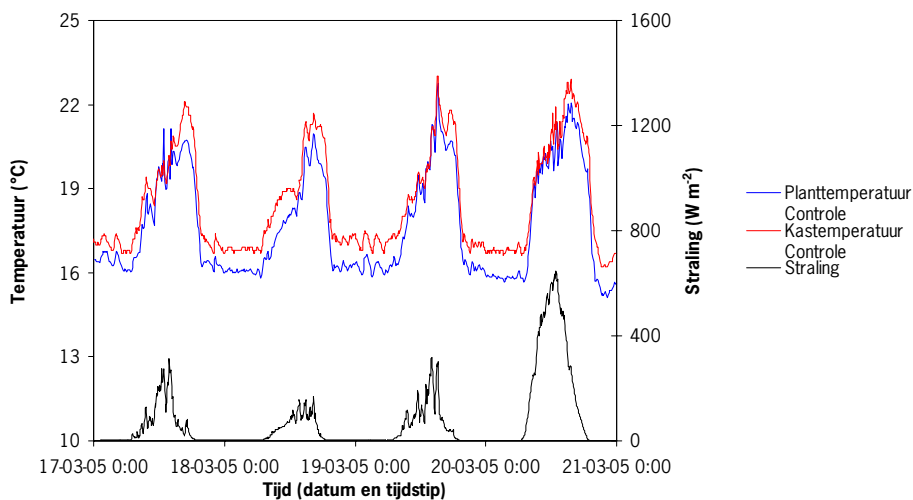


Figuur 3.10. Effect van het beugelen van de trossen en de temperatuurbehandelingen op het vergewicht van de vruchten van tros 2, 3 en 4 aan het einde van de temperatuurbehandelingen (31 maart).

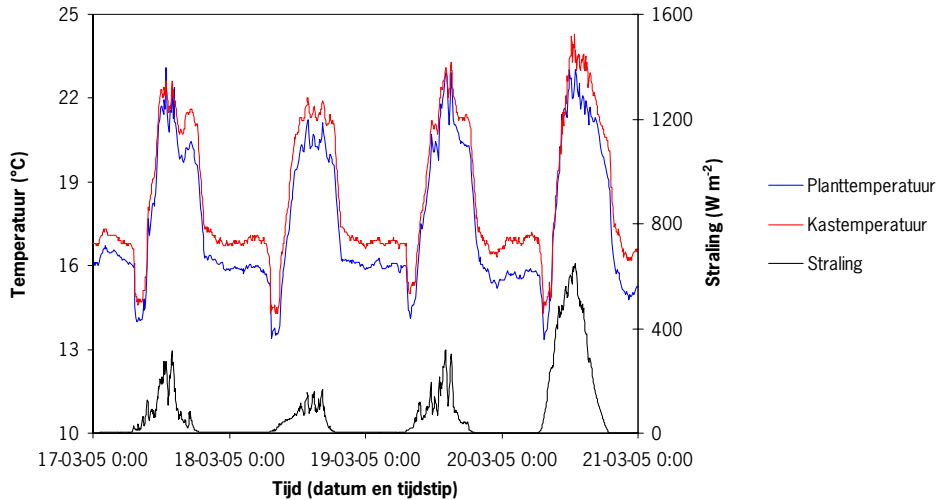
3.3.3 Plant- en vruchttemperatuur

Planttemperatuur

Uit de metingen van plant- en kasluchttemperaturen blijkt dat de planttemperatuur gemiddeld 1°C lager is dan de kasluchttemperatuur (Figuren 3.11 en 3.12). Alleen op momenten dat de straling snel verandert, ijlt de planttemperatuur na op de kasluchttemperatuur en is de planttemperatuur even hoger dan de kasluchttemperatuur. De planttemperatuur blijkt het verloop van de veranderingen in de kasluchttemperatuur goed te volgen. Gedurende de DROP daalt de planttemperatuur ook met 2.5°C (Figuur 3.12).



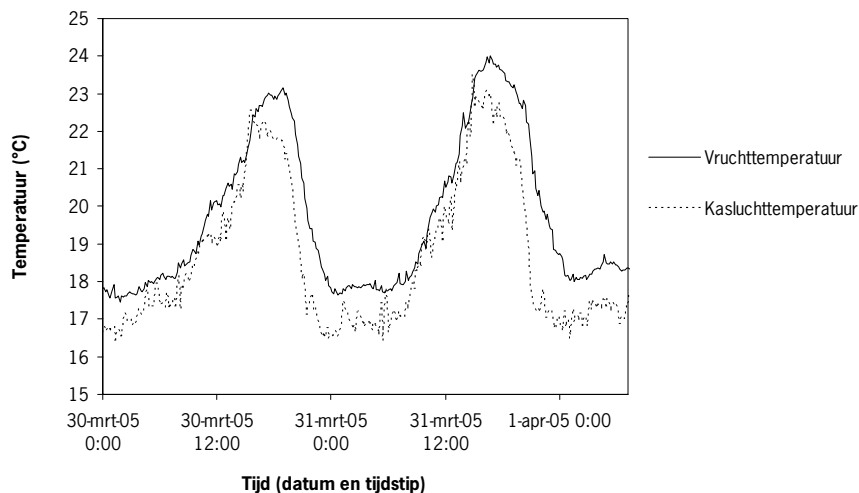
Figuur 3.11. Verloop van de planttemperatuur (°C), kastemperatuur (°C) en straling (W/m²) bij de controle behandeling op 4 representatieve dagen.



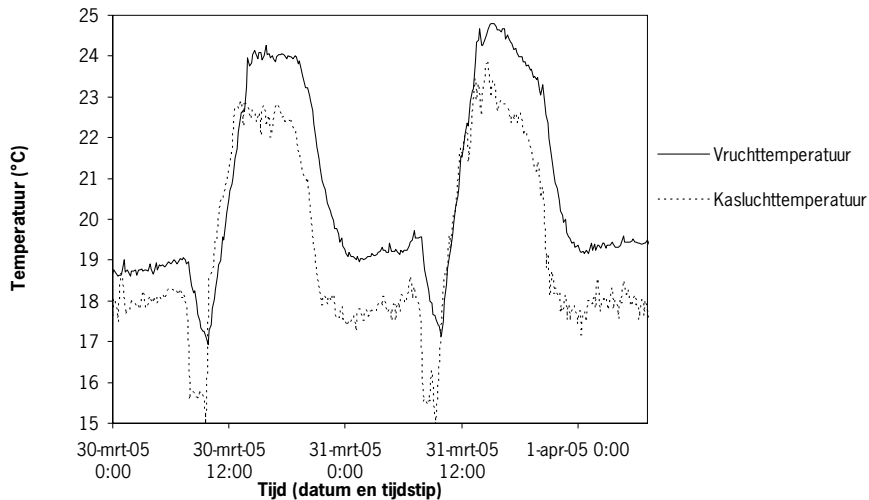
Figuur 3.12. Verloop van de planttemperatuur (°C), kastemperatuur (°C) en straling (W/m²) bij de DROP behandeling op 4 representatieve dagen.

Vruchttemperatuur

Het verloop van de inwendige vruchttemperatuur is gelijk aan het verloop van de kasluchttemperatuur gemeten op maximaal 10 cm afstand van de vrucht (Figuren 3.13 en 3.14). Bij de controlebehandeling is de inwendige vruchttemperatuur bijna altijd iets hoger dan de kasluchttemperatuur. Bij de DROP behandeling zakt naast de kasluchttemperatuur ook de inwendige vruchttemperatuur 2 tot 2.5°C na zonsopkomst, maar hierbij ijlt de vruchttemperatuur sterk na bij de kasluchttemperatuur. Ook bij het opwarmen van de kasluchttemperatuur na de DROP is het najilen van de vruchttemperatuur te zien. Tijdens die stijging is de vruchttemperatuur lager dan de kasluchttemperatuur. De inwendige vruchttemperatuur vertoont bij beide behandelingen minder schommelingen dan de kastemperatuur.



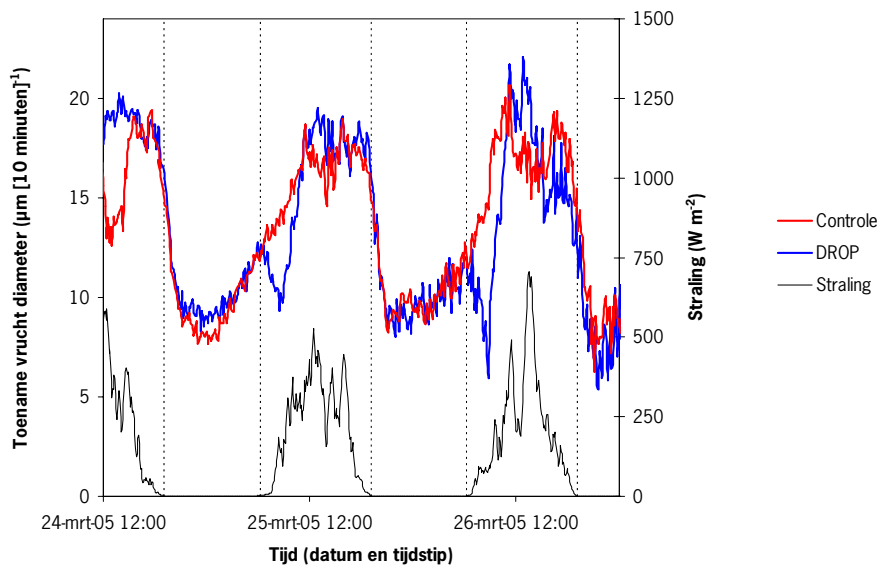
Figuur 3.13. Verloop van de inwendige vruchttemperatuur (°C) en de kasluchttemperatuur (°C) bij de controlebehandeling op 2 representatieve dagen.



Figuur 3.14. Verloop van de inwendige vruchttemperatuur ($^{\circ}\text{C}$) en de kasluchttemperatuur ($^{\circ}\text{C}$) bij de DROP behandeling op 2 representatieve dagen.

Vruchtdiameter

De diametertoename van de vruchten varieert gedurende de dag tussen 8 en 22 μm per 10 minuten voor beide behandelingen. Het patroon van de diametertoename van de vruchten van de controle en DROP behandelingen gedurende de dag loopt gelijk, behalve tijdens de DROP (Figuur 3.15). Als de temperatuur in de DROP behandeling daalt, neemt ook de diametertoename af. Dit wordt gecompenseerd midden op de dag, wanneer de temperatuur in de DROP behandeling hoger is dan bij de controlebehandeling. De diametertoename is het grootste gedurende de lichtperiode. Als het donker wordt, neemt de diametertoename af en blijft dan gedurende de nacht op een lager niveau.



Figuur 3.15. Effect van controle en DROP behandelingen op de diametertoename (μm) van de vruchten per 10 minuten bij een vrucht met een grootte tussen 2 en 2.5 cm op 3 representatieve dagen.

3.4 Conclusies

In dit experiment is nagegaan wat het effect is van een temperatuurdaling (DROP) van 2.5°C na zonsopkomst op de groei en ontwikkeling van tomaat. De behandelingen startten op moment van de eerste vruchtzetting en werden gedurende twee maanden aangehouden. Langdurig hetzelfde temperatuursregime met een DROP in de ochtend bleek geen effect te hebben op de lengte van de totale plant. Ook de lengtes van de internodia en de bladeren en de breedtes van de bladeren waren niet significant verschillend voor de temperatuurbehandelingen. De ontwikkelingssnelheid van de plant, uitgedrukt als het aantal gevormde bladeren en trossen gedurende het experiment verschilde niet tussen de DROP en controle behandeling. Er was geen verschil in totaal plantgewicht. Ook de gewichten van de onderdelen, namelijk bladeren, stengel en vruchten verschilden niet aantoonbaar tussen de DROP en controlebehandeling.

4. Verlenging temperatuurdaling (DROP) na zonsopkomst

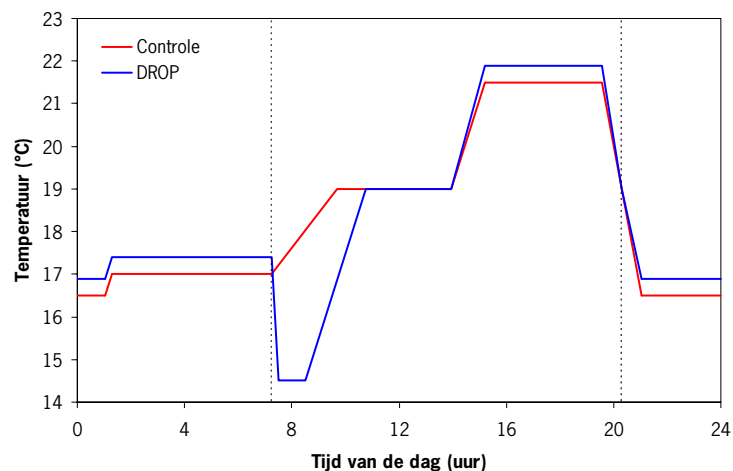
4.1 Inleiding

In het experiment zoals is beschreven in hoofdstuk 3 werd om de etmaaltemperatuur tussen de controlebehandeling en de DROP behandeling gelijk te houden de temperatuurdaling tijdens de DROP gecompenseerd door een hogere temperatuur in de uren direct volgend op de DROP. Uit het experiment zoals is beschreven in hoofdstuk 2 bleek echter dat planten dan ook gevoelig zijn voor temperatuur, hetgeen mogelijk het effect van een DROP op een tomatengewas (gedeeltelijk) compenseert. Om deze compensatie te voorkomen, is de kasproef beschreven in hoofdstuk 3 voortgezet, waarbij de temperatuurcompensatie voor de DROP werd gedaan in de namiddag en in de nacht.

4.2 Materiaal en methoden

4.2.1 Temperatuurbehandelingen

Het experiment dat staat beschreven in hoofdstuk 3 werd op 1 april 2005 voortgezet met een gewijzigd temperatuurverloop van de DROP behandeling. Het temperatuurverloop van de controlebehandeling bleef in de verlenging gelijk aan het eerste gedeelte van het experiment (Figuur 4.1). In de verlenging werd de DROP niet gecompenseerd in de uren direct volgend op de DROP, maar later op de middag en gedurende de nacht (Figuur 4.1). De controlebehandeling en DROP behandeling hadden dezelfde etmaaltemperatuur, maar de DIF (het verschil tussen de gemiddelde dagtemperatuur en de gemiddelde nachttemperatuur) was verschillend. Op 1 april was de DIF 3.1°C bij de controlebehandeling en 2.1°C bij de DROP behandeling. Dit verschil is echter niet zodanig dat hiervan effecten te verwachten zijn (Heuvelink, 1989).



Figuur 4.1 Verloop van de temperatuur gedurende de dag van de controle en de DROP behandeling tijdens de start van de behandelingen op 1 april 2005. De gestippelde verticale lijnen geven zonsopkomst en zonsondergang aan.

De temperatuurbehandelingen werden aangelegd in de periode 1 – 28 april 2005, waarna het experiment beëindigd werd.

4.2.2 Metingen

Tweewekelijks werden aan vijf planten per kascompartiment de volgende niet-destructieve metingen gedaan:

- Aantal trossen per plant;
- Aantal geplukte trossen per plant;
- Aantal bloemen en vruchten per tros;
- Aantal kniktrossen per plant;
- Aantal bladeren (vanaf 2.0 cm) per plant;
- Lengtes van de drie internodia (cm) van segment 12 (vanaf 0.5 cm);
- Lengtetoeename van de plant (cm) door op het touwtje wekelijks de hoogte van de plant aan te geven;
- Lengte en breedte van de bladeren (cm) van segment 12 (vanaf 2.0 cm lengte). De lengte van het blad werd gemeten vanaf de aanhechting aan de stengel en de breedte op het breedste punt van het blad;
- Lengte van de jongste 2 bladeren (> 2 cm)
- Lengte bladstelen (cm) van de bladeren van segment 12 (vanaf 2.0 cm lengte). De lengte van de bladsteel werd gemeten vanaf de stengel tot aan het eerste blaadje van het samengestelde blad;
- Lengte en breedte (cm) van tros 12 (vanaf 2.0 cm). De lengte van de tros werd gemeten vanaf de stengel tot en met de laatste bloem en de breedte op het breedste punt van de tros;
- Lengte trossteel (cm) van tros 12 (vanaf 0.5 cm). De lengte van de trossteel werd gemeten vanaf de stengel tot aan de eerste bloem van de tros;
- Vruuchtdiameters (cm) van de vruchten van tros 10 (vanaf 0.5 cm).

Vrucht oogsten

Per dubbele rij (28 planten exclusief de waarnemingsplanten) werden wekelijks de rijpe trossen geoogst. Aantal en vers- en drooggewicht van de geoogste vruchten werd geregistreerd. Van de planten waaraan wekelijks werd waargenomen is het versgewicht van de geoogste trossen per plant bepaald. Van deze planten werden van de trossen 2 en 3 versgewichten en diameters van alle vruchten gemeten.

Aan het einde van dit experiment (28 april 2005) werden 6 planten per compartiment destructief geoogst. De planten werden opgedeeld in twee delen:

- Segmenten 1 - 12 (oude deel). Deze segmenten waren aanwezig op het moment dat de temperatuurbehandelingen startten. Van dit deel is de totale lengte gemeten, het aantal trossen en de versgewichten van trossen en van de vegetatieve delen (bladeren en stengels);
- Segmenten 13 tot en met top (nieuwe deel). De tros van segment 13 was zo groot als een speldenknop op het moment dat de temperatuurbehandelingen op 1 april startten. Van dit deel is de lengte gemeten, het aantal trossen, bladoppervlakte en vers- en drooggewichten van bladeren, stengels en vruchten.

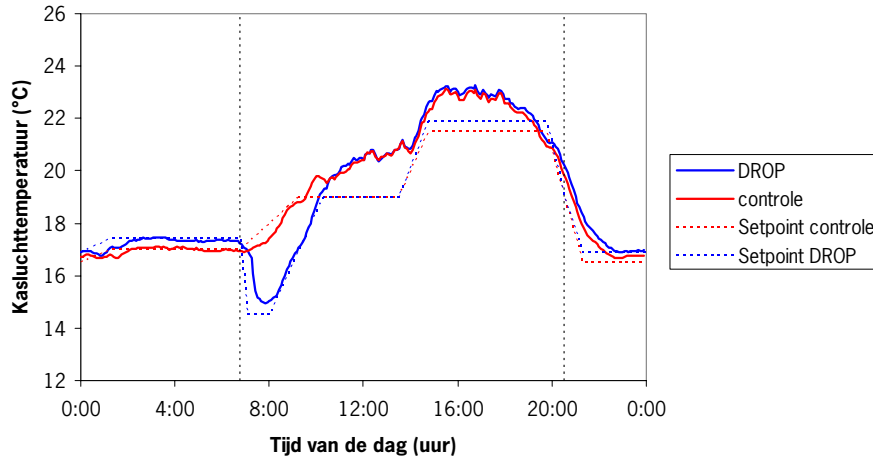
Statistiek

Voor de statistische analyse werd gebruik gemaakt van een variantieanalyse (ANOVA). ANOVA werd toegepast om de significantie van de effecten van de temperatuurbehandelingen te toetsen (90 % betrouwbaarheid). Voor ANOVA werd gebruikt gemaakt van het softwareprogramma Genstat versie 7.2 (Lawes Agricultural Trust, Rothamsted Experimental Station, UK, 2004).

4.3 Resultaten

4.3.1 Klimaat

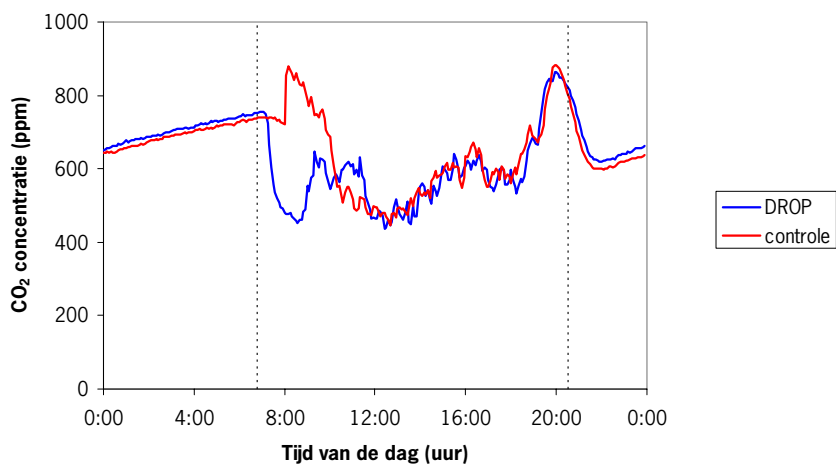
Over het algemeen volgden de temperaturen in het experiment de setpoints goed. In onderstaande figuur staan de setpoints en gerealiseerde temperaturen in de periode 10 tot en met 14 april weergegeven.



Figuur 4.2. Verloop van de temperaturen gedurende de dag van de controle en DROP behandeling in de periode 10 tot en met 14 april 2005. De gestippelde lijnen geven de setpoints aan, de doorgetrokken lijnen de gerealiseerde temperaturen. De verticale stippellijnen geven de tijdstippen van zonsopkomst en zonsondergang op 12 april aan.

De ingestelde etmaaltemperatuur was voor beide behandelingen 18.6°C. De gerealiseerde etmaaltemperatuur lag iets hoger, en was voor beide behandelingen 19.1°C. Effecten van de temperatuurbehandelingen kunnen daarmee toegeschreven worden aan het verschil in verloop van de temperatuur gedurende de dag en niet aan verschillen in gerealiseerde etmaaltemperaturen.

De DROP werd in deze periode (april) gerealiseerd door de ramen te openen. Daardoor was de CO₂ concentratie gedurende de tijd dat de DROP werd gegeven lager in de DROP behandeling dan in de controlebehandeling (Figuur 4.3). Tussen 6:48 uur (zonsopkomst) en 11:00 uur (moment waarop temperaturen in DROP en controlebehandeling weer het zelfde setpoint hebben) is de CO₂ concentratie in de DROP behandeling gemiddeld 575 ppm en in de controle behandeling 720 ppm in de periode 10 tot en met 14 april 2005. In de uren na de DROP, tussen 11:00 uur en 20:30 uur (zonsondergang) waren de CO₂ concentraties in de controle en DROP behandeling bijna hetzelfde, namelijk 599 respectievelijk 593 ppm.



Figuur 4.3. Verloop van de CO₂ concentraties gedurende de dag van de controle en DROP behandelingen gemiddeld over de periode 10 tot en met 14 april 2005. De verticale stippellijnen geven de tijdstippen van zonsopkomst en zonsondergang op 12 april aan.

4.3.2 Groei en ontwikkeling

Eindoogst

Aan het einde van het experiment (28 april 2005) werden 6 planten per compartiment destructief geoogst (12 planten per behandeling). Er bleken geen aantoonbare verschillen te zijn in lengtes en gewichten tussen de planten die een DROP hadden gehad en planten die de controle temperatuurbehandeling hadden gehad (Tabel 4.1).

Tabel 4.1. *Effect van de controlebehandeling en de DROP behandeling op de lengte en versgewichten van de planten bij de eindooft van het experiment (28 april 2005). LSD = het kleinst significante verschil.*

	Behandelingen		LSD	Significantie ^a
	Controle	DROP		
Lengte (cm)	497	494	15	ns
Versgewicht plant (g/plant)	4037	3980	270	ns
Versgewicht bladeren en stengel (g/plant)	1386	1371	133	ns
Versgewicht trossen (g/plant)	2651	2609	140	ns

^a ns = niet significant

Bij de eindooft waren de planten opgedeeld in de segmenten 1 tot en met 12, het gedeelte dat al aanwezig was op het moment dat de nieuwe temperatuurbehandelingen startten en de segmenten 13 tot en met de top, het nieuw gevormde deel. De versgewichten van de bladeren, stengel en trossen van de segmenten 1 tot en met 12 verschilden niet aantoonbaar tussen de controle en DROP behandeling. Ook de lengtes en gewichten van het nieuw gevormde deel van de plant verschilden niet tussen de controle behandeling en de DROP behandeling (Tabel 4.2).

Tabel 4.2 *Effect van de controlebehandeling en de DROP behandeling op de lengte en versgewichten van de segmenten 13 en hoger van de planten. LSD = het kleinst significante verschil.*

	Behandelingen		LSD	Significantie ^a
	Controle	DROP		
Lengte (cm)	60.7	59.3	20.3	ns
Versgewicht plant (g/plant)	198	175	142	ns
Versgewicht stengel (g/plant)	64.2	58.6	33.6	ns
Versgewicht bladeren (g/plant)	126.7	109.6	97.5	ns
Versgewicht trossen (g/plant)	7.6	7.2	13.1	ns

^a ns = niet significant

Gedurende het experiment zijn de lengtes en breedtes van bladeren 1, 2 en 3 van segment 12 gemeten. De lengte van blad 3 was significant kleiner voor de DROP behandeling dan voor de controlebehandeling. De lengtes van bladeren 1 en 2 verschilden niet significant. De breedtes van de bladeren en de lengtes van internodia 1, 2 en 3 van segment 12 verschilden niet significant tussen de temperatuurbehandelingen (Tabel 4.3).

Tabel 4.3. Effect van de controlebehandeling en de DROP behandeling op de bladlengtes en – breedtes en lengtes van de internodia van segment 12. LSD = het kleinst significante verschil.

	Behandelingen		LSD	Significantie ^a
	Controle	DROP		
Lengte blad 1	44.9	44.5	5.0	ns
Lengte blad 2	46.2	44.8	3.7	ns
Lengte blad 3	43.8	41.7	1.7	*
Breedte blad 1	53.7	53.9	4.7	ns
Breedte blad 2	57.0	54.3	7.0	ns
Breedte blad 3	47.8	43.5	4.7	ns
Lengte internodium 1	8.2	8.3	3.4	ns
Lengte internodium 2	9.4	8.8	2.2	ns
Lengte internodium 3	13.8	14.2	1.7	ns

^a ns = niet significant; * significant voor $P \leq 0.10$

Tijdens het experiment zijn de lengtes van de tros en de trossteel en de breedte van tros 12 gemeten. De trossen gevormd tijdens de DROP behandeling bleken niet significant in lengte of breedte te verschillen van de trossen gevormd tijdens de controlebehandeling. De diameters van de 5 vruchten van tros 10 zijn tijdens het experiment bepaald. Er bleek geen verschil te zijn in vruchtdiameter tussen de controle behandeling en de DROP behandeling (Tabel 4.4).

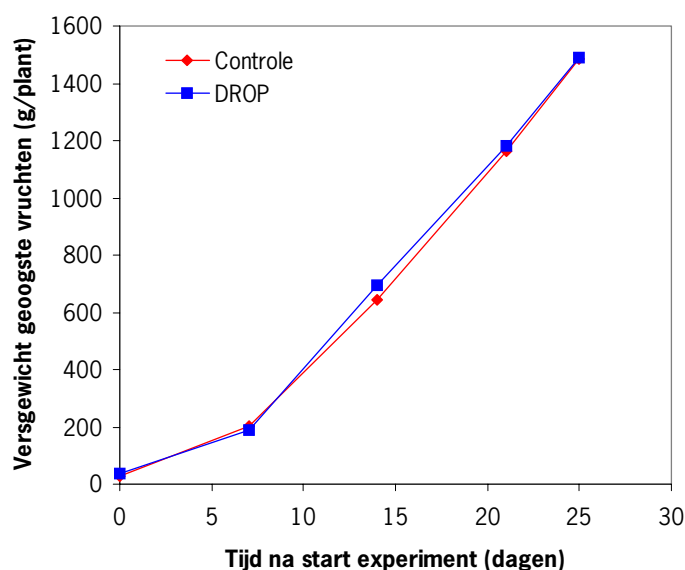
Tabel 4.4 Effecten van controle en DROP behandeling op de diameters van de vruchten van de 10^e tros aan het einde van het experiment (28 april 2005). LSD = het kleinst significante verschil.

	Behandelingen		LSD	Significantie ^a
	Controle	DROP		
Diameter 1e vrucht (cm)	4.88	5.15	0.27	ns
Diameter 2e vrucht (cm)	4.60	4.94	0.39	ns
Diameter 3e vrucht (cm)	4.41	4.82	0.75	ns
Diameter 4e vrucht (cm)	4.38	4.61	0.33	ns
Diameter 5e vrucht (cm)	3.83	4.26	0.62	ns

^a ns = niet significant; * significant voor $P \leq 0.10$

Vruchttoogsten

Vanaf de start van de verlenging (1 april) werden wekelijks rijpe trossen geoogst. In de periode tot 25 april werden trossen 2, 3, 4 en 5 (gedeeltelijk) geplukt. Het aantal geoogste trossen en de productie per plant (kg/plant) bleek gedurende het experiment niet significant te verschillen tussen de DROP behandeling en de controlebehandeling (Figuur 4.3) In de DROP behandeling werden iets minder vruchten geoogst in deze periode, maar deze vruchten waren gemiddeld iets zwaarder dan in de controle behandeling (Tabel 4.5). Het gemiddeld vruchtgewicht van ca 90 gram is lager dan het vruchtgewicht dat in de praktijk wordt geplukt. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door het feit dat de lichtdoorlatendheid van de gebruikte proefkas door de vele constructiedelen met 55-60% veel lager is dan in de praktijk.



Figuur 4.3. Verloop van de cumulatieve productie per plant in de periode 1 – 28 april 2005 voor de planten die bij de controlebehandeling of de DROP behandeling hebben gestaan.

Tabel 4.5. Effect van de controlebehandeling en de DROP behandeling op het gemiddeld vers- en drooggewicht en het droge stof gehalte van de geoogste vruchten aan het einde van het experiment (28 april 2005). LSD = het kleinst significante verschil.

	Behandelingen		LSD	Significantie ^a
	Controle	DROP		
Vruchtversgewicht (g/vrucht)	87.7	92.0	3.4	*
Vruchtdrooggewicht (g/vrucht)	3.7	3.9	0.1	*
Droge stof percentage vrucht (%)	4.3	4.2	0.3	ns

^a ns = niet significant

Vanzelfsprekend waren de vruchten die geoogst werden afgerijpt gedurende zowel het eerste gedeelte van het experiment als tijdens de verlenging. Het is daarom niet mogelijk om de effecten op vruchtproductie en -gewicht uitsluitend toe te schrijven aan het verloop van de DROP tijdens de verlenging.

Van de vruchten van de 3^e en 4^e tros van de waarnemingsplanten zijn de versgewichten en de diameters bepaald nadat ze rijp geoogst waren. De vruchtdiameters en de versgewichten van de vruchten bleken niet te verschillen tussen de controle behandeling en de DROP behandeling (Tabel 4.6).

Tabel 4.6. Effecten van controle en DROP behandeling op de diameters van de vruchten van de 2e en 3e tros aan het einde van het experiment (28 april 2005). LSD = het kleinst significante verschil.

Tros		Behandelingen		LSD	Significantie ^a
		Controle	DROP		
3	Diameter 1e vrucht (cm)	5.63	5.79	0.90	ns
	Diameter 2e vrucht (cm)	5.85	5.94	0.61	ns
	Diameter 3e vrucht (cm)	5.74	6.05	0.56	ns
	Diameter 4e vrucht (cm)	5.66	5.96	0.99	ns
	Diameter 5e vrucht (cm)	5.32	5.90	0.93	ns
	Versgewicht 1 ^e vrucht (g)	85.4	92.2	38.6	ns
	Versgewicht 2 ^e vrucht (g)	97.0	100.3	29.0	ns
	Versgewicht 3 ^e vrucht (g)	90.9	104.0	28.5	ns
	Versgewicht 4 ^e vrucht (g)	88.9	98.5	40.0	ns
	Versgewicht 5 ^e vrucht (g)	75.6	93.2	39.8	ns
4	Diameter 1e vrucht (cm)	6.16	6.10	0.28	ns
	Diameter 2e vrucht (cm)	5.99	6.14	0.21	ns
	Diameter 3e vrucht (cm)	6.02	5.94	0.32	ns
	Diameter 4e vrucht (cm)	6.01	5.86	0.34	ns
	Diameter 5e vrucht (cm)	5.81	5.85	1.04	ns
	Versgewicht 1 ^e vrucht (g)	107.1	106.6	18.7	ns
	Versgewicht 2 ^e vrucht (g)	101.8	107.9	11.5	ns
	Versgewicht 3 ^e vrucht (g)	101.4	99.4	15.4	ns
	Versgewicht 4 ^e vrucht (g)	101.7	104.2	22.6	ns
	Versgewicht 5 ^e vrucht (g)	91.0	89.2	46.5	ns

^a ns = niet significant

In het experiment werden de trossen niet gebeugeld. Het aantal kniktrossen dat voorkwam verschilde weinig tussen de controlebehandeling en de DROP behandeling. In de controlebehandeling waren 15 van de 30 waargenomen trossen geknikt, en in de DROP behandeling waren er 17 van de 30 geknikt. Bij een aantal planten echter werden de trossen wel gebeugeld om te beoordelen hoe het knikken van de trossteel het gewicht van de trossen beïnvloedt. Het versgewicht van de vruchten van de tros bleek lager te zijn bij kniktrossen dan bij trossen waarvan de trossteel niet geknikt was (Tabel 4.7).

Tabel 4.7. *Effecten van kniktrossen op het versgewicht van de rijpe vruchten (g/vrucht) bij de controle en DROP behandeling aan het einde van het experiment (28 april 2005).*

Tros	Behandeling	Niet geknikt	Geknikt
2	Controle	79.0	69.0
	DROP	84.0	58.6
3	Controle	107.2	80.5
	DROP	99.7	96.7
4	Controle	113.1	89.4
	DROP	130.0	96.9

4.4 Conclusies

In de verlenging van de kasproef is het temperatuurverloop van de DROP behandeling gedurende de dag zodanig aangepast, dat de compensatie voor de tijdelijke temperatuurdaling niet direct na de DROP plaats vindt, maar over de rest van het etmaal wordt uitgesmeerd. Het effect van het gedurende een maand handhaven van deze DROP behandeling wijkt echter niet af van de DROP behandeling waarbij de temperatuurcompensatie direct na de DROP wordt gegeven. De lengtegroei en het plantgewicht verschilden niet tussen de controle en DROP behandeling. Ook de productie in kilo's tomaten per plant verschilde niet tussen beide behandelingen.

5. Discussie en aanbevelingen

In het algemeen leidt een tijdelijke temperatuurverlaging (DROP) tot een reductie van de plantlengte (Myster & Moe, 1995; Runkle & Pearson, 1998). Veel van dit onderzoek is gedaan aan potplanten, waarbij compactheid een duidelijk kwaliteitscriterium is. Over hoe tomaten reageren op een DROP is veel minder bekend. In ons onderzoek hebben wij bij jonge tomatenplanten een DROP van 5°C toegepast aan het begin van de dag (lichtperiode), midden op de dag, aan het einde van de dag en aan het begin van de nacht. De lengtes en gewichten van deze planten zijn vergeleken met tomatenplanten die bij temperaturen van 22.9/20.9°C (dag/nacht) hadden gestaan. Uit dit experiment bleek dat de planten het meest gevoelig zijn voor een temperatuurdaling aan het begin van de lichtperiode. Door de DROP werd de plantlengte gereduceerd en was het gewicht van de planten lager dan wanneer geen DROP werd toegepast. Een DROP later op de dag had minder effect. Deze resultaten stemmen overeen met de resultaten van Gertsson (1992) en Grimstad (1993). Zij vonden ook dat een DROP aan het begin van de lichtperiode de stengelstrekking reduceerde. Uit de resultaten van Gertsson bleek verder dat een DROP aan het begin van de nacht de stengelstrekking niet reduceerde of zelfs stimuleerde, afhankelijk van de cultivar die gebruikt werd. Het effect dat een DROP heeft op de stengelstrekking heeft waarschijnlijk te maken met gibberellinen, een groep plantenhormonen (Métraux, 1987). Het temperatuurverloop beïnvloedt de concentratie gibberellinen in de plant, waardoor de strekking wordt gestimuleerd of gereduceerd (Myster & Moe, 1995). Verder bestaat er mogelijk een verband tussen het effect van een DROP en het moment dat de stengelstrekking het sterkst is. In de literatuur worden zeer uiteenlopende resultaten gevonden over het moment van de dag waarop de stengelstrekking het sterkst is. Bertram & Karlsen (1994) vonden dat de stengelstrekking in de nacht groter is dan overdag. Als dat ook onder onze omstandigheden zou gelden, zou het effect van een DROP niet gerelateerd zijn aan de mate van stengelstrekking op dat moment, omdat uit ons onderzoek bleek dat juist in de ochtend de grootste reductie in stengellengte optrad als gevolg van een DROP.

Tot nu toe is bij tomaat voornamelijk onderzoek gedaan aan de effecten van DROP op jonge planten (Gertsson, 1992; Grimstad, 1993). In het kasexperiment dat wij uitgevoerd hebben, zijn we met de DROP behandeling gestart op moment dat de eerste vruchten gezet waren. De hoeveelheid blad (m^2) per m^2 grondoppervlak (LAI) was op dat moment 2.9. Een temperatuurregime met een DROP van 2.5°C gedurende 1 uur na zonsopkomst dat gedurende twee maanden aangehouden werd, bleek geen effect te hebben op groei, ontwikkeling en productie van een tomatengewas. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat een vruchtdragend tomatengewas zoveel integratiecapaciteit heeft dat het temperatuurwisselingen van deze orde gedurende de dag kan ondergaan zonder dat het effect heeft op de groei (bij gelijkblijvende etmaaltemperatuur). Zo blijkt uit onderzoek van De Koning (1990) dat groei van oude planten (behandeling ingezet 10 dagen na bloei van de eerste tros) niet wordt beïnvloed door 3-, 6- of 12-daagse wisselingen in de etmaaltemperatuur met plus 3°C of min 3°C. Bij jonge planten daarentegen beïnvloeden temperatuurwisselingen binnen het etmaal (bij gelijkblijvende etmaaltemperatuur) wel lengte, gewicht en bladoppervlakte van de planten (Heuvelink, 1989). Het verschil tussen jonge planten en vruchtdragende planten in de gevoeligheid voor temperatuurregime wordt veroorzaakt doordat een kleiner bladoppervlak bij jonge planten resulteert in een verminderde lichtonderschepping en daarmee in een verminderde groei. Bij een vruchtdragend gewas is al volledige lichtonderschepping bereikt. Het feit dat een temperatuurregime dan kan leiden tot kleinere bladeren betekent niet dat er ook minder licht wordt onderschept. Om die reden zijn grote planten minder gevoelig voor een temperatuurregime dan jonge planten (De Koning, 1988; Heuvelink, 1989).

Voor de praktijk betekenen de resultaten uit beide experimenten dat een temperatuurdaling (DROP) in de ochtend bij jonge planten beter niet toegepast kan worden, omdat dit ten koste gaat van de opbouw van het bladoppervlak en daarmee ook ten koste van de groei. Bij planten met voldoende bladoppervlak (LAI van 3 of meer) heeft een temperatuurdaling in de ochtend geen (negatieve) effecten op gewasgroei en productie. Daarmee is het goed mogelijk de temperatuur in de ochtend te laten dalen om een lagere etmaaltemperatuur te realiseren. Voor schermende telers geldt dat de temperatuurval die ontstaat wanneer het scherm in de ochtend ineens wordt opengetrokken geen negatieve gevolgen voor het gewas hoeft te hebben, mits de temperatuurval overal in de kas even groot is. Dit biedt de mogelijkheid om het piekverbruik van gas te verlagen, en daarmee een financieel gunstiger gascontract af te sluiten.

In het kasexperiment dat is uitgevoerd, werd de temperatuurdaling (DROP) in eerste instantie gecompenseerd in de uren die direct op de DROP volgden. De reden hiervoor was dat de compensatie daarmee in de lichtperiode kon plaatsvinden zodat het verschil tussen de dag- en nachttemperatuur (DIF) niet beïnvloed zou worden. Uit het experiment waarin de gevoeligheid van planten voor een DROP gedurende de dag werd bepaald, bleek echter dat planten ook midden op de dag gevoelig zijn voor temperatuur, ook al was dat minder dan aan het begin van de lichtperiode. Dit zou kunnen betekenen dat het effect van een DROP van 2.5°C op vruchtdragende planten gedeeltelijk opgeheven zou worden door de hogere temperatuur bij deze behandeling in de uren die direct op de DROP volgden. Om te onderzoeken of dit inderdaad het geval was, werd het kasexperiment met een maand verlengd. In deze verlenging vond de temperatuurcompensatie niet direct na de DROP plaats, maar in de namiddag en in de nacht. Consequentie hiervan was dat de DIF tussen de DROP behandeling en controlebehandeling verschilde met 1°C. Dit verschil was echter niet zodanig dat hiervan effecten zijn te verwachten (Heuvelink, 1989). Uit de resultaten van de verlenging bleek echter dat ook wanneer de temperatuurcompensatie aan het einde van de dag en gedurende de nacht plaatsvindt, het langdurig aanhouden van een DROP van 2.5°C geen effect heeft op de groei, ontwikkeling en vruchtproductie van een tomatengewas. Dit geeft aan dat het moment van compenseren van de DROP niet de reden was van het feit dat een DROP van 2.5°C geen effect heeft.

Uit de metingen van het kasklimaat bij de DROP behandeling en bij de controlebehandeling bleek dat in de uren dat de temperatuur in de DROP behandeling lager was dan in de controlebehandeling ook de CO₂ concentratie lager was. De reden hiervoor is dat om de DROP te realiseren de ramen geopend moesten worden. Naast de temperatuur daalde daardoor ook de CO₂ concentratie in de kas. In de uren waarin de temperatuur in de DROP behandeling lager is dan in de controlebehandeling bleek de CO₂ concentratie in de DROP behandeling gemiddeld 593 ppm te zijn en in de controlebehandeling 754 ppm (in de periode 11 tot en met 15 maart 2005). De CO₂ concentratie gedurende de rest van de dag was bijna gelijk voor de DROP behandeling (761 ppm) en de controlebehandeling (756 ppm). Dat deze lagere CO₂ concentratie geen nadelig effect heeft gehad op de groei en productie in de DROP behandeling bleek al uit de resultaten van het experiment. In de ochtenduren zijn de kasluchttemperaturen in beide behandelingen nog laag, 16.1°C voor de DROP behandeling en 18°C voor de controlebehandeling. Ook de lichtintensiteit in de eerste uren van de dag is nog redelijk laag. Een hogere CO₂ concentratie heeft bij veel licht (en een hoge temperatuur) het sterkste positieve effect op de fotosynthese (Dieleman *et al.*, 2003). Het verschil in CO₂ verloop gedurende de ochtenduren tussen beide behandelingen zal onder de condities van licht en temperatuur die dan heersen relatief weinig effect hebben op de fotosynthese, hetgeen ook al afgeleid kon worden uit de resultaten van het experiment.

De resultaten van het kasexperiment waarin gedurende twee maanden eenzelfde temperatuurregime met een DROP van 2.5°C gedurende 1 uur na zonsopkomst is aangehouden laten zien dat deze DROP geen effect heeft op de groei, ontwikkeling en productie van een tomatengewas. Het langdurig aanhouden van dit temperatuurregime is voor de tuinder dus geen mogelijkheid om het gewas te sturen. In dit experiment is zowel in de DROP behandeling als in de controlebehandeling het verschil tussen dag- en nachttemperatuur (DIF) constant gehouden. Volgens de teeltstrategie van teeltbegeleider Peter Kamp van Westland Energie Services leidt het aanhouden van een constante DIF tot een gelijkmatig gewas met regelmatige internodiënlangtes en vruchtgroottes (Van Gastel, 2003a, b). Of het inderdaad zo is dat een regelmatige DIF leidt tot een gelijkmatiger vruchtgrootte is nog nooit (wetenschappelijk) onderzocht. Wel is bekend dat een lagere DIF leidt tot kortere planten. Dit blijkt uit onderzoek zowel aan jonge tomatenplanten (Heuvelink, 1989) als aan vruchtdragende planten (De Koning, 1988). De Koning (1988) vond verder dat deze lagere DIF (van 2.5 naar -0.1 of van 4.4 naar 1.2) leidde tot een hogere vruchtproductie en zwaardere vruchten. In hoeverre het in deze proef gelukt is om de DIF constant te houden is niet bekend.

In een vervolgonderzoek zou het de moeite waard zijn na te gaan in hoeverre DIF te gebruiken is als sturingsmogelijkheid voor een tomatengewas. Hierbij zou een behandeling met een constante DIF vergeleken kunnen worden met een behandeling waarin de DIF elke 2-4 dagen verandert. Veronderstelling hierbij is dat een constante DIF leidt tot een gelijkmatige gewasopbouw (constante internodiënlangte) en daarmee ook tot een gelijkmatige productie (regelmatige vruchtgrootte). Verder moet hierbij nagegaan worden wat het effect is van een constante DIF op de opbouw van het bladpakket en daarmee de lichtonderschepping bij jonge planten.

6. Conclusies

De experimenten die in dit rapport zijn beschreven, maken deel uit van een onderzoeksproject waarin nagegaan wordt wat de invloed is van het verloop van temperatuur gedurende het etmaal op groei, ontwikkeling en productie van een tomatengewas. Deze experimenten moesten de volgende onderzoeksvragen beantwoorden:

1. Op welk moment van de dag is de plant het meest gevoelig voor temperatuur?
2. Wat is het effect van een tijdelijke verlaging van de temperatuur na zonsopkomst?

Om de eerste onderzoeksvraag te beantwoorden is een experiment uitgevoerd in klimaatkamers. Gedurende 4 weken werden jonge tomatenplanten (Cedrico) blootgesteld aan een temperatuurdaling (DROP) van 5°C van 3 uur aan het begin van de dag, midden op de dag, aan het einde van de dag of aan het begin van de nacht. Het blijkt dat bij jonge planten een tijdelijke temperatuurdaling aan het begin van de lichtperiode leidt tot een afname in plantlengte van 13%. Wanneer de DROP later op de dag gegeven wordt, is de afname in plantlengte door de DROP minder. Een DROP aan het begin van de lichtperiode leidt tot een verlaging van het plantgewicht, terwijl een DROP op een later moment van de dag het gewicht niet beïnvloedt. De ontwikkeling van de plant (aantal aangelegde bladeren en trossen) wordt niet beïnvloed door de toepassing van een tijdelijke temperatuurdaling.

Conclusie: Een jonge tomatenplant is het meest gevoelig voor een tijdelijke temperatuurdaling (DROP) aan het begin van de lichtperiode. Een DROP van 5°C gedurende 4 weken leidt tot kortere en lichtere planten.

Om de tweede onderzoeksvraag te beantwoorden is een kasexperiment uitgevoerd. Op 8 december 2004 werden tomatenplanten (Cedrico) geplant. Op het moment dat de eerste tros begon te bloeien bleef het temperatuurregime van twee afdelingen volgens de praktijk (controle; nacht 17°C, dag in twee stappen tot 21.5°C). In twee andere afdelingen werd de temperatuur na zonsopkomst verlaagd van 17°C naar 14.5°C gedurende een uur (DROP), waarna de temperatuur met 2°C/uur mocht stijgen tot 21.5°C. De compensatie voor de DROP vond dus in de uren direct na de DROP plaats. De temperatuurbehandelingen werden twee maanden aangehouden. Het langdurig aanhouden van een DROP van 2.5°C bleek geen effect te hebben op de plantlengte. Ook de lengtes van de internodia en de bladeren en de breedtes van de bladeren waren niet significant verschillend voor de twee temperatuurbehandelingen. De ontwikkelingssnelheid van de plant, uitgedrukt in het aantal gevormde bladeren en trossen verschilde niet tussen de DROP en controle behandeling. Er was geen verschil in gewichten van de totale plant, bladeren, stengel en vruchten.

Na twee maanden werd deze kasproef verlengd met één maand, waarbij het temperatuurverloop van de DROP behandeling gedurende de dag zodanig werd aangepast, dat de compensatie voor de tijdelijke temperatuurdaling niet midden op de dag plaatsvond, maar over de rest van het etmaal werd uitgesmeerd. Het effect van deze DROP behandeling week echter niet af van de DROP behandeling waarbij de temperatuurcompensatie direct na de DROP werd gegeven. De lengtegroei en het plantgewicht verschilden niet tussen de controle en DROP behandeling. Ook de productie in kilo's tomaten per plant verschilde niet tussen beide behandelingen.

Conclusie: Het gedurende langere tijd aanhouden van een DROP van 2.5°C na zonsopkomst bij eenzelfde gemiddelde etmaaltemperatuur heeft geen effect op de groei, ontwikkeling en productie van vruchtdragende tomatenplanten.

7. Literatuur

- Berghage, R., 1998.
Controlling height with temperature. *HortTechnology* 8 (4): 535-539.
- De Koning, A.N.M., 1988.
The effect of different day/night temperature regimes on growth, development and yield of glasshouse tomatoes. *Journal of Horticultural Science* 63: 465-471.
- De Koning, A.N.M., 1990.
Long-term temperature integration of tomato. Growth and development under alternating temperature regimes. *Scientia Horticulturae* 45: 117-127.
- Dieleman, J.A., E. Meinen, A. Elings, D. Uenk, J.J. Uittien, A.G.M. Broekhuijsen, P.H.B. de Visser & L.F.M. Marcelis, 2003.
Effecten van langdurig hoog CO₂ op groei en fotosynthese bij paprika. *Plant Research International*, nota 274, 32 pp.
- Erwin, J.E. & R.D. Heins, 1995.
Thermomorphogenic responses in stem and leaf development. *HortScience* 30: 940-949.
- Gertsson, U.E., 1992.
Influence of temperature on shoot elongation in young tomato plants. *Acta Horticulturae* 327: 71-76.
- Grimstad, S.O., 1993.
The effect a daily low temperature pulse on growth and development of greenhouse cucumber and tomato plants during propagation. *Scientia Horticulturae* 53: 53-62.
- Heuvelink, E., 1989.
Influence of day and night temperature on the growth of young tomato plants. *Scientia Horticulturae* 38: 11-22.
- Métraux, J.P., 1987.
Gibberellins and plant cell elongation. In: *Plant hormones and their role in plant growth and development*, P.J. Davies (ed.). Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, The Netherlands: 296-317.
- Myster, J. & R. Moe, 1995.
Effect of diurnal temperature alternations on plant morphology in some greenhouse crops – a mini review. *Scientia Horticulturae* 62: 205-215.
- Runkle, E.S. & S. Pearson, 1998.
Phytochrome A does not mediate reduced stem extension from cool day-temperature treatments. *Physiologia Plantarum* 104: 596-602.
- Si, Y. & R.D. Heins, 1996.
Influence of day and night temperatures on sweet pepper seedling development. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 121 (4): 699-704.
- Sysoeva, M.I., E.F. Markovskaya, T.G. Kharkina & E.G. Sherudilo, 1999.
Temperature drop, dry matter accumulation and cold resistance of young cucumber plants. *Plant Growth Regulation* 28: 89-94.

Van Gastel, T., 2003a.

Gelijkmatige celstrekking basis voor kwaliteit én productie. Groenten & Fruit 48: 28-29.

Van Gastel, T., 2003b.

Kwaliteit telen met 'dif-strategie' in acht stappen. Groenten & Fruit 49: 24, 25, 31.

Verkerk, K., 1995.

Temperature, light and the tomato. Mededelingen van de landbouwhogeschool te Wageningen/Nederland. 55 (4): 175-224.

Bijlage I.

Voedingsoplossing tomaat

Tabel 1. Standaard voedingsoplossing voor tomaat

Hoofdelementen	mmol/l	Spoorelementen	μmol/l
NH ₄ ⁺	1.2	Fe ²⁺	25
K ⁺	9.5	Mn ²⁺	10
Ca ²⁺	5.4	Zn ²⁺	5
Mg ²⁺	2.4	B ³⁺	30
NO ₃ ⁻	16.0		
SO ₄ ²⁻	4.4	Cu ²⁺	0.75
P ³⁻	1.5	Mo ⁴⁺	0.50

Bijlage II.

Plantkarakteristieken

Tabel 1. Plantkarakteristieken op het moment van planten (8 december 2004) en bij het begin van de temperatuurbehandelingen (2 februari 2005).

	Plantdatum (8 december 2004) ^a	Start temperatuurbehandelingen (2 februari 2005)	
		Controle ^b	DROP ^b
Lengte plant (cm)	36.8 ± 1.6	199* ± 2	195* ± 1
Aantal bladeren (> 2 cm)	10.4 ± 0.2	25.7 ± 0.1	26.0 ± 0.2
Bladoppervlak (cm ²)	889 ± 57	10402 ± 282	10847 ± 228
Versgewicht plant (g)	38.3 ± 2.7	540 ± 12	555 ± 12
Versgewicht stengel (g)	14.3 ± 1.1	165 ± 4	161 ± 3.5
Versgewicht blad (g)	24.0 ± 1.8	367 ± 8	383 ± 8
Versgewicht trossen (g)	0	7.8 ± 0.9	10.2 ± 1.7
Drooggewicht plant (g)	2.2 ± 0.2	40.9 ± 1.0	41.8 ± 0.9
Drooggewicht stengel (g)	0.6 ± 0.1	12.0 ± 0.3	11.7 ± 0.3
Drooggewicht blad (g)	1.6 ± 0.1	28.2 ± 0.7	29.1 ± 0.6
Drooggewicht trossen (g)	0	0.7 ± 0.1	0.9 ± 0.2

^a (n = 10)

^b (n = 12)

* Significant verschillend ($P = 0.091$; $LSD = 3.63$)

Bijlage III.

Lengtes en breedtes

Tabel 1. Effect van de controle en DROP behandelingen op de lengten van internodia (cm) van segment 4, 7 en 8 op dag 55.

	Behandelingen		LSD	Significantie ^a
	Controle	DROP		
Lengte internodium 1 segment 4	8.1	7.6	1.8	ns
Lengte internodium 2 segment 4	8.9	8.6	1.2	ns
Lengte internodium 3 segment 4	14.4	14.2	1.9	ns
Lengte internodium 1 segment 7	8.9	9.8	1.2	ns
Lengte internodium 2 segment 7	9.0	9.0	0.8	ns
Lengte internodium 3 segment 7	12.3	12.2	3.1	ns
Lengte internodium 1 segment 8	7.2	7.7	1.0	ns
Lengte internodium 2 segment 8	6.9	7.2	0.4	ns
Lengte internodium 3 segment 8	13.1	12.9	2.9	ns

^a ns = niet significant

Tabel 2. Effect van controle en DROP behandelingen op de lengten (cm) van de bladstelen van segment 4, 7 en 8 op dag 55.

	Behandelingen		LSD	Significantie ^a
	Controle	DROP		
Lengte bladsteel blad 1 segment 4 (cm)	8.1	7.6	1.7	ns
Lengte bladsteel blad 2 segment 4 (cm)	5.5	5.0	0.7	ns
Lengte bladsteel blad 3 segment 4 (cm)	5.0	5.0	1.0	ns
Lengte bladsteel blad 1 segment 7 (cm)	7.1	6.5	2.4	ns
Lengte bladsteel blad 2 segment 7 (cm)	4.7	5.1	1.1	ns
Lengte bladsteel blad 3 segment 7 (cm)	4.4	4.3	0.5	ns
Lengte bladsteel blad 1 segment 8 (cm)	7.4	6.4	1.9	ns
Lengte bladsteel blad 2 segment 8 (cm)	4.4	5.0	1.5	ns
Lengte bladsteel blad 3 segment 8 (cm)	5.2	4.6	0.7	ns

^a ns = niet significant

Tabel 3. Effect van controle en DROP behandelingen op de lengten (cm) van de bladeren van segment 4, 7 en 8 op dag 55.

	Behandelingen		LSD	Significantie ^a
	Controle	DROP		
Lengte blad 1 van segment 4 (cm)	51.6	50.5	2.5	ns
Lengte blad 2 van segment 4 (cm)	49.8	50.0	2.2	ns
Lengte blad 3 van segment 4 (cm)	46.2	46.0	5.3	ns
Lengte blad 1 van segment 7 (cm)	46.6	45.1	1.9	ns
Lengte blad 2 van segment 7 (cm)	44.4	43.8	2.9	ns
Lengte blad 3 van segment 7 (cm)	44.3	43.4	3.2	ns
Lengte blad 1 van segment 8 (cm)	44.4	43.4	1.3	ns
Lengte blad 2 van segment 8 (cm)	44.0	43.7	5.6	ns
Lengte blad 3 van segment 8 (cm)	42.6	43.3	2.8	ns

^a ns = niet significant

Tabel 4. Effect van controle en DROP behandelingen op de breedten (cm) van de bladeren van segment 4, 7 en 8 op dag 55.

	Behandelingen		LSD	Significantie ^a
	Controle	DROP		
Breedte blad 1 van segment 4 (cm)	63.0	63.7	9.6	ns
Breedte blad 2 van segment 4 (cm)	66.7	65.6	6.2	ns
Breedte blad 3 van segment 4 (cm)	54.1	54.4	7.0	ns
Breedte blad 1 van segment 7 (cm)	61.9	61.6	2.3	ns
Breedte blad 2 van segment 7 (cm)	62.4	63.1	5.7	ns
Breedte blad 3 van segment 7 (cm)	56.5	52.9	3.2	*
Breedte blad 1 van segment 8 (cm)	59.2	59.4	6.6	ns
Breedte blad 2 van segment 8 (cm)	63.1	61.3	5.7	ns
Breedte blad 3 van segment 8 (cm)	52.1	52.3	4.0	ns

^a ns = niet significant