

# Rijping tomatenvruchten: alternatieven voor ethrel

Patricia de Boer, Jan Janse, Casper Slootweg, Kangmo Lee & Leo Marcelis







# Rijping tomatenvruchten: alternatieven voor ethrel

Patricia de Boer, Jan Janse, Casper Slootweg, Kangmo Lee & Leo Marcelis

© 2009 Wageningen, Wageningen UR Glastuinbouw

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



Projectnummer PT: 13194  
Projectnummer Wageningen UR Glastuinbouw: 3242047900

## **Wageningen UR Glastuinbouw**

Adres : Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk  
: Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk  
Tel. : 0317 - 48 56 06  
Fax : 010 - 522 51 93  
E-mail : [glastuinbouw@wur.nl](mailto:glastuinbouw@wur.nl)  
Internet : [www.glastuinbouw.wur.nl](http://www.glastuinbouw.wur.nl)

# Inhoudsopgave

	pagina
Samenvatting	1
1 Inleiding	3
2 Literatuuronderzoek	5
2.1 Algemeen	5
2.1.1 Rijping	5
2.1.2 Huidige methode voor versnelling van afrijping van de laatste vruchten	5
2.2 Behandelingen tijdens de teelt	5
2.2.1 Licht	5
2.2.2 Temperatuur	6
2.2.3 Bemesting EC en watergift	6
2.2.4 CO <sub>2</sub>	7
2.2.5 Diversen	7
2.3 Naoogstbehandelingen	8
2.3.1 Plantenhormonen en aanverwante stoffen	8
2.3.2 Diversen	8
2.3.3 Ethyleen	9
2.3.4 Licht	9
2.4 Samenvatting literatuurstudie	10
2.4.1 Versnelling tijdens de teelt	10
2.4.2 Versnelling na de oogst	11
2.5 Perspectievolle behandelingen	11
2.5.1 Behandelingen tijdens de teelt	11
2.5.2 Behandelingen na de oogst	12
3 Eerste screening	13
3.1 Opzet	13
3.2 Resultaten	14
3.2.1 Kasproef 1	14
3.2.2 Kasproef 2	17
3.2.3 Ethyleenbegassing van hele planten	19
3.2.4 Ethyleen begassing van vruchten	19
3.2.5 Houdbaarheid	21
3.3 Conclusie en discussie	21
4 Tweede test	23
4.1 Opzet	23
4.1.1 Kasproef	23
4.1.2 Naoogst behandeling met ethyleen	26
4.2 Resultaten	27
4.2.1 Kasproef	27
4.2.2 Naoogst behandeling met ethyleen	31

	pagina
5 Conclusie en discussie	33
5.1 Kasproef	33
5.1.1 Positieve resultaten met hoge EC en halve dosering Ethrel	33
5.1.2 Geen snellere doorkleuring bij hogere temperatuur of extreem bladplukken	33
5.2 Naoogst behandeling met ethyleen	34
Bijlage I. Literatuur	35

# Samenvatting

Het doel van dit onderzoek was het vinden van alternatieven voor het gebruik van Ethrel in de tomatenteelt. Ethrel wordt gebruikt om aan het einde van het teeltseizoen de laatste trossen versneld te laten afrijpen. Onduidelijkheid over een mogelijk negatief effect van de consumptie van tomaten met ethephon (de werkzame stof in Ethrel) op de gezondheid heeft geleid tot discussie over het gebruik van Ethrel. In 2007 heeft de EU besloten de MRL (Maximum Residue Level) voor ethephon te verlagen van 3,0 naar 1,0 mg/kg tomaat. In 2008 dreigde het gebruik van Ethrel zelfs verboden te worden. Inmiddels is door de Europese Commissie besloten dat de verlaagde MRL van 1,0 mg/vrucht in principe gehandhaafd kan blijven. De kans is dus groot dat het gebruik van Ethrel in de tomatenteelt in Nederland wel toegelaten blijft.

Op verzoek van de landelijke tomatencommissie heeft Wageningen UR een onderzoek uitgevoerd om een alternatief voor het gebruik van Ethrel te vinden. Dit onderzoek werd gefinancierd door het Productschap Tuinbouw. Uitgangspunt hierbij was dat dit alternatief de rijping zou versnellen, zonder verlies van kwaliteit van de vruchten. Om een indruk te krijgen van de mogelijke alternatieven is eerst een literatuurstudie gedaan. Vervolgens zijn de meest perspectiefvolle behandelingen getest. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen maatregelen die de rijping tijdens de teelt kunnen versnellen en naooft behandelingen waarbij de doorkleuring van onrijp geogoste tomaten wordt gestimuleerd.

Uit dit onderzoek kwam naar voren dat met name het handhaven van een hoge druppel EC (10 of 15 mS/cm) aan het einde van de teelt de rijping van de vruchten versnelt. Voorwaarde hierbij is wel dat tijdig (zo'n 3 weken voor het einde van de teelt) wordt begonnen met deze teeltmaatregel. Hoge EC verbeterde de smaak. Het had geen effect op de houdbaarheid.

Het effect van bespuiting met de adviesdosering Ethrel werd vrijwel geëvenaard door een druppel EC van 10 mS/cm te combineren met bespuiting met de gehalveerde dosering Ethrel. Dit kan perspectief bieden wanneer de MRL in vruchten te hoog dreigt te worden bij gebruik van de adviesdosering.

Ook bespuiting met ACC (precursor van ethyleen) stimuleerde de doorkleuring van de tomaten. De kans is echter groot dat registratie van het gebruik van dergelijke middelen als spuitmiddel om de rijping te versnellen problemen geeft. Aangieten van een oplossing met ethyleen in de mat zou ook positief kunnen werken. In een screeningstest in het voorjaar is geen positief effect van deze behandeling op de doorkleursnelheid gevonden. Bij deze screeningstest viel ook het effect van het drooghouden van de mat tegen. In de praktijk is de ervaring dat het drooghouden van de mat kan leiden tot vruchtval, waardoor deze teeltmaatregel weinig perspectief biedt als alternatief voor Ethrel. Verhoging van de etmaaltemperatuur met 1,3°C zo'n twee tot drie weken voor het eind van de teelt had in de proeven geen effect op de doorkleursnelheid. Uit het onderzoek kwam ook naar voren dat extreem bladplukken geen goed alternatief is voor het gebruik van Ethrel; de vruchten kleurden niet sneller door en waren bovendien korter houdbaar en minder van smaak.

Omdat over naooft begassing van vruchten met ethyleen veel beschreven is wat betreft concentratie en behandelingsduur, is deze methode in dit onderzoek getest. Begassing van groen geogoste vruchten met 100 – 1000 ppm ethyleen gedurende 1 tot 2 dagen had slechts een klein effect op de doorkleursnelheid. Wellicht kan een aanpassing van de begassingsmethode (zoals het wegvangen van CO<sub>2</sub>) tot een beter resultaat leiden. Uit het onderzoek bleek echter dat tomaten die na de oogst met ethyleen begast waren een korter uitstalleven hadden dan rood geogoste tomaten, de kleinere tomaten waren bovendien minder van smaak. Hierdoor lijkt begassing met ethyleen na de oogst geen goed alternatief te zijn voor het gebruik van Ethrel.





# 1 Inleiding

Tomatentelers gebruiken Ethrel om de afrijping van de vruchten aan het einde van de teelt te versnellen. Hierdoor kunnen meer vruchten worden geoogst, die bovendien van goede kwaliteit zijn. In 2007 is de MRL (Maximum Residue Level) voor ethephon (de werkzame stof in Ethrel) in de EU verlaagd van 3,0 naar 1,0 mg/kg tomaat. In verband met vermeende volksgezondheidsproblemen bij consumptie van vruchten met ethephon, dreigde de toelating van Ethrel in 2008 zelfs helemaal te worden ingetrokken. Inmiddels is door de Europese Commissie besloten dat de verlaagde MRL van 1,0 mg/kg behouden kan blijven en is de kans groot dat de toepassing van Ethrel aan het einde van de teelt ook in Nederland voor de tomatenteelt toegelaten blijft.

Vanwege de verwachte problemen met de toelating van Ethrel heeft Wageningen UR Glastuinbouw op verzoek van de landelijke tomatencommissie een onderzoek uitgevoerd om een alternatief voor het gebruik van dit rijpingsmiddel te vinden. Het onderzoek werd gefinancierd door het Productschap Tuinbouw. Dit alternatief moest de rijping van de laatste vruchten versnellen, terwijl de kwaliteit goed bleef. Het onderzoeksproject omvatte drie fasen. In fase 1 is een literatuurstudie verricht naar stoffen en teeltmaatregelen die de afrijping zouden kunnen versnellen. In fase 2 is de effectiviteit van de meest perspectievolle alternatieven in een screeningsproef in het voorjaar getest. Fase 3 is in het najaar uitgevoerd. Hierbij zijn de behandelingen die op basis van de literatuurstudie en de screeningsproef het meest zinvol leken getest en verder geoptimaliseerd. Hierbij is ook gekeken naar het effect op de kwaliteit van de vruchten.



## 2 Literatuuronderzoek

### 2.1 Algemeen

#### 2.1.1 Rijping

De rijping van tomaten is een climacterisch proces. Bij de start van de rijping komt een ethyleenproductie op gang, onder invloed waarvan de ademhaling sterk stijgt. Dit proces versnelt zichzelf (auto katalyse). Tijdens dit proces vindt afbraak van chlorophyl plaats, gepaard gaande aan vorming van carotenoïden, waaronder lycopene.

De ethyleenproductie verloopt in de volgende stappen:

Methionine -> SAM -> ACC -> ethyleen

Elke omzetting wordt gereguleerd door enzymen. Aanwezigheid van al deze enzymen is nodig om de rijping in gang te zetten. Het effect van toediening van een van deze precursors is dus afhankelijk van de aanwezigheid van de enzymen. Bromelia kwam, in een stadium dat natuurlijke bloei nog niet optrad, wel tot bloei na behandeling met ACC, maar niet na behandeling met methionine (SAM is te instabiel om in vivo toe te dienen) {Slootweg, 2007}.

De rijping van geoogste tomaten kan, onder dezelfde omstandigheden, vrijwel even snel gaan als de rijping aan de plant (Stenvers, 1976), waarbij ook de ontwikkeling van smaakstoffen (met name de aromatische stoffen) gelijk op kan gaan {Lin, 1998}. Bij kleinere tomaten (o.a. cherrytomaten) maakt het voor het suikergehalte wel uit of de rijping aan de plant of na de oogst plaatsvindt {Janse, pers. meded.}.

#### 2.1.2 Huidige methode voor versnelling van afrijping van de laatste vruchten

Om de laatste vruchten versneld te laten rijpen wordt een behandeling met Ethrel in de kas toegepast. Uit de Ethrel (werkzame stof: ethephon) komt in de plant ethyleen vrij, waardoor de eigen ethyleenproductie en daarmee de rijping in gang wordt gezet.

Hieronder wordt literatuur over het effect van behandelingen tijdens de teelt en na de oogst op de rijpingssnelheid samengevat. De letters MG in de tekst staan voor het rijpingsstadium 'Mature Green'.

De, al dan niet, beschreven versnelling van de rijping wordt hier niet getalsmatig weergegeven; de waarde daarvan is beperkt, omdat er zeer veel (vaak niet omschreven) omstandigheden (teeltcondities, bewaarcondities, rijpheid bij behandeling cq oogst) een rol spelen.

### 2.2 Behandelingen tijdens de teelt

#### 2.2.1 Licht

In een kas in Canada zijn proeven gedaan met verschillende kleuren filters boven de trossen. Een groen filter boven de vruchten aan de plant, als simulatie van een blad boven de tros, vertraagde de rijping iets t.o.v. een rood of een blauw filter. De meeste lycopene werd gevormd zonder filtering van het licht. Een vermindering van het licht op de tros met 97% leidde tot 29% procent minder lycopene en 21% minder rode kleur {Gautier, 2005}.

## 2.2.2 Temperatuur

De temperatuur tijdens de teelt bepaalt (mede) de uitgroeiduur en rijpingssnelheid van de tomaten in de kas. Een verhoging van de temperatuur met 1°C geeft een verkorting van de uitgroeiduur met 2.5 dag. Het effect van de temperatuur is de laatste twee weken voor het oogsten 80% groter dan in de periode daarvoor (Klapwijk, 1987). De doorkleuring na de oogst onder invloed van de teelttemperatuur is onderzocht bij etmaaltemperaturen van 17, 19, 21 en 23°. De doorkleuring na de oogst was het snelst na een teelt bij de hoogste temperatuur (2.9 dagen tegenover 4.3 dagen bij teelttemperatuur van 17°C) (Buitelaar, 1987).

In Engeland zijn proeven gedaan met warmte pulsen van 3 of 7 dagen tijdens de teelt, met gemiddelde temperaturen van 22.2°C, 24.2°C en 25.9°C (controle 20.4°C). In alle gevallen was er in de week na de behandeling ongelijkmatige rijping te zien, waarbij de hogere temperaturen meer schade gaven. Twee weken na de behandelingen waren de verschillen verdwenen (Mulholland, 2003).

Een versnelling van de rijping door een temperatuurverhoging van 14°C tot 26°C, bleek een direct effect van de temperatuur op de vruchten te zijn. Dit werd aangetoond door alleen de vruchten te verwarmen. De versnelling was het grootst als alleen in de laatste fase van de vruchtontwikkeling (vanaf 7 weken na de zetting) werd verwarmd; de vruchten waren in die latere fase veel gevoeliger dan in eerdere fasen (Adams, 2001).

Dag/nacht temperaturen van 35/15°C en 30/15°C, gedurende de hele teelt versnelde de rijping, maar de kwaliteit van de vruchten nam af (referentietemperatuur is onbekend) (Zhang, 2005).

Een dag/nacht temperatuur van 22/6°C, met afluchten bij 28°C gaf een snellere rijping dan een teelt bij 14/14°C met afluchten bij 22°C. Wortelverwarming had in dit onderzoek geen effect op de rijping (Gent, 1998).

Een zeer hoge kastemperatuur kan de rijping echter ook vertragen. Een temperatuur van 27°C gemiddeld met maxima van 34.5°C, zorgde voor een tragere kleurontwikkeling van tomaten aan de plant t.o.v. de controle (21°C gemiddeld met maximum 29°C) (Yakir, 1984).

Een worteltemperatuur van 10 en 15°C versnelde de vruchtrijping t.o.v. een worteltemperatuur van 20, 25 of 30°C (Fujishige, 1991).

Verhoging van de worteltemperatuur tot 12 graden boven de luchttemperatuur van 15°C leidde tot een reductie van opbrengst en kwaliteit (Hurd, 1985).

## 2.2.3 Bemesting EC en watergift

Verhoging van de EC van 2.4 naar 5 of 8 m.b.v. NaCl in het MG stadium of bij het begin van de kleuring, verhoogde de pigmentgehalten van de vruchten. Verhoging van de EC in het MG stadium had het meeste effect. De absolute hoeveelheden pigment veranderde niet o.i.v. de EC-verhoging, wat aangeeft dat de verhoging van de gehalten te danken is aan de reductie van wateropname van de vrucht (Sakamoto, 1999), ditzelfde treedt op bij een verhoging van de NaCl gift (Mizrahi, 1982, Janse, pers. meded.).

Ook in ander onderzoek leidde een teelt onder oplopende zoutstress (3, 9 en 15mS/cm), bij de hogere EC's tot kleinere vruchten met een hogere kleurindex (Davies, 1991).

In een kasteelt in Spanje werd negen maal een bladbemesting met 0.1M CaCl<sub>2</sub> toegepast. Vruchten, geoogst in het MG stadium vertoonden als gevolg van deze bladbemesting een snellere kleurontwikkeling tijdens de bewaring (Garcia, 1995).

Van calcium is echter ook een negatief effect beschreven: Zes oplopende Ca concentraties (0.2 -20 mM) in de voedingsoplossing lieten zien dat bij oplopende Ca concentratie de totale lycopene en caroteen concentratie afnam (Paiva, 1998). Ook in ander onderzoek is een tragere rijping van, in MG stadium geoogste vruchten, onder invloed van een oplopende calcium concentratie in de voedingsoplossing gevonden (Hong, 1995). Een hogere K/Ca verhouding veroorzaakt een snellere doorkleuring na de oogst (Janse, pers. meded.).

De, als gevolg van verschillen in P-bemesting, concentratie orthofosfaat in de vrucht correleerde met de climacterische ademhaling (Chalmers, 1971). Van toediening van fosfaat is ook het tegendeel beschreven: Als de

steel van geoogste vruchten werd gezet in een oplossing van 0.2M  $K_2HPO_4$  werd de ethyleenproductie van de vrucht geremd, waaruit wordt geconcludeerd dat fosfaat de ethyleensynthese remt {Sobolewska, 1986}.

Bladbemesting met Kalium (0.2%  $K_2O$ , 5 maal tijdens de teelt met een interval van 15 dagen) vertraagde de vruchtrijping {Halloran, 1995}.

Een bladbespuiting met Borium tot 3 ppm van planten in zandcultuur liet een snellere rijping zien bij oplopende concentratie {Verma, 1973}.

Een bladbemesting (NPK + sporenelementen) aan het einde van de teelt versnelde de rijping {Pais, 1975}.

In een review beschrijft Dumas *et al.* de effecten van mineralen op het lycopengehalte. Van de stikstofgift worden tegengestelde effecten beschreven. Volgens Dumas verhoogde extra fosfor het lycopengehalte evenals kalium {Dumas, 2002}, maar in artikelen hierboven aangehaald wordt ook dit tegengesproken.

Vruchten van planten op steenwol, waarbij gedurende de hele teelt een watergehalte van 30% (volume) in plaats van 70-80%, werd aangehouden vertoonden een tragere roodkleuring na de oogst {Busscher, 1994}.

Het stoppen met watergeven aan het einde van de teelt leidde tot snellere rijping van de vruchten in Australië {Renquist, 2001}.

In een buitenteelt in Spanje werd de irrigatie 6 weken tot 1 week voor de oogst gestopt; hoe eerder er met de irrigatie gestopt werd, hoe meer rijpe vruchten er werden geoogst, zonder effect op de kwaliteit {Macua, 2003}.

## 2.2.4 $CO_2$

Een verhoogde  $CO_2$  concentratie (700-900ppm) tijdens een kasteelt in Japan leidde tot meer suikers in de vrucht en een betere kleur {Islam, 1996}.

## 2.2.5 Diversen

De ethyleen producerende verbinding P-(beta-chloroethyl)-N-isopropyl phosphonamic acid was net zo actief als ethephon {Tompkins, 1973}. Deze stof is verwant aan ethephon ((2-chloroethyl) phosphonic acid). Voor de ontbladering van katoen zijn vele gelijksoortige stoffen (derivaten) beschreven ([www.wipo.int](http://www.wipo.int)).

Parafen (Na zout van p-chlorophenoxyacetic acid (4-CPA)) toegepast tijdens de teelt in de winter in Rusland versnelde de rijping {Drozdov, 1988}. Het spuiten van 50ppm 4-CPA tijdens de bloei versnelde ook in India de rijping {Pandita, 1979}.

Beta -NOA (beta -naphoxyacetic acid) met een concentratie van 40ppm, twee maal gespoten op de trossen toen 50 - 100% van de bloemen open was, versnelde de rijping. Bespuiting met NAA (synthetisch auxine) deed dit niet en gaf een lagere productie {Gianquinto, 1988, Pimpini, 1988}.

Bespuiting met IAA (auxine, 50ppm) tijdens de bloei versnelde de rijping {Pandita, 1979, Nikolov, 1987}. Ditzelfde gold voor het gebruik van Ujotine; een groeistof op basis van NAA, waarbij een te vroege toepassing abscissie gaf en een te late toepassing niet meer werkzaam was {Kassler, 1981}.

Behandeling van trossen aan de plant met kinetine (ook een cytokinine) resulteerde in grotere vruchten en een snellere rijping {Budykina, 1986}.

Blad (en dieven) verwijderen versnelde de rijping in een kasteelt van tomaat {Auno, 1966, Buitelaar, 1987}.

Toediening van een oplossing van ethyleen in water en bespuiting met ACC kon bij Bromelia bloei induceren door het aanzetten tot eigen ethyleenproductie (autokatalyse). Ethyleen werkte in dit onderzoek beter dan acetyleen, waarvan bekend is dat het fysiologisch veel minder actief is dan ethyleen (factor 12000 wordt genoemd) {Slootweg, 2007}.

## 2.3 Naoogstbehandelingen

### 2.3.1 Plantenhormonen en aanverwante stoffen

Dompeling van segmenten van MG vruchten in IAA (auxine) verminderde de lycopenvorming (Pharr, 1970). SADH versnelde de rijping van MG tomaten, terwijl IAA deze vertraagde (Babbitt, 1973).

Behandeling met benzyladenine (een cytokinine) verhoogde de ethyleenproductie van vruchten in geringe mate (Hong, 1996). Behandeling van geogste vruchten met kinetine (ook een cytokinine) vertraagde de rijping echter (Abdel Kader, 1966).

Bespuiting van, aan de tros geogste, tomaten met 250 – 500ppm ABA (abscissinezuur) gaf een uniforme rijping van de vruchten aan de tros (Ohta, 1992). De ethyleenproductie van ponsjes van MG vruchten steeg onder invloed van ABA (100 micromol/l) en Calcium (100 micromol/l). Bij onvolgroeide vruchten stimuleerde Ca de ethyleenproductie ook, maar gaf ABA een vermindering hiervan (Zhu, 2003).

Infiltratie van groene vruchten met CPTA (2-(4-chlorophenylthio)-triethylamino hydrochloride) kon de remming van de lycopenvorming bij 32°C voorkomen; de lycopen werd echter alleen in het exocarp aangetroffen (Rabinowitch, 1972). Ook DCPTA (2-(4-chlorophenoxy)-triethylamine) leidde tot meer lycopenvorming; een bladbespuiting in het 3-blad stadium gaf meer lycopen in de vruchten bij de oogst (Dumas, 2002).

Toediening van brassinosteroiden aan vruchtponsjes leidde tot verhoging van de lycopen concentratie (Vardhini, 2002).

Behandeling van MG vruchten met ACC (precursor van ethyleen) versnelde de rijping (Lu, 1995).

In ander onderzoek bleken tomaten in het MG stadium toegediende ACC niet in ethyleen om te kunnen zetten; na een begassing met ethyleen waren de vruchten hier wel toe in staat (Liu, 1985).

Behandeling van vruchten met 0.1-1% Methyljasmonaat in lanolinepasta stimuleerde de ethyleenproductie en ACC oxidase activiteit in alle stadia van groen tot geel (Czapski, 1996).

Ook in eerder onderzoek verhoogde een behandeling van geogste vruchten in het MG stadium met 0.5% Methyljasmonaat in lanolinepasta de ethyleenproductie sterk (Saniewski, 1985).

Dompeling van intacte geogste tomaten in 200ppm Methyljasmonaat had echter geen effect op de rijpingssnelheid (Baltazar, 2007).

### 2.3.2 Diversen

Dompelen in 1% KNO<sub>3</sub> of 1% ureum versnelde de rijping zonder effect op de kwaliteit (Bhardwaj, 2006).

Vacuuminfiltratie van kopersulfaat en kopernitrat versnelden de lycopen accumulatie; in dit onderzoek hadden CaSO<sub>4</sub> en KNO<sub>3</sub> geen effect (Rushing, 1985).

Infiltratie van MG vruchten met 8% CaCl<sub>2</sub> of 2% CaNO<sub>3</sub> vertraagde de kleurontwikkeling en de ethyleenproductie t.o.v. de controle. Behandeling met 2% CaCl<sub>2</sub> of 8% CaNO<sub>3</sub> hadden dit effect niet (Hong, 1999).

Het suikergehalte in de vruchten heeft effect op de rijping. Gebrek aan sucrose in vitro leidde tot minder lycopen accumulatie, zonder effect op andere carotenoiden (Telef, 2006). Infiltratie van intacte lichtrode vruchten met glucose leidde echter tot minder ethyleensynthese en kleurontwikkeling (Hong, 2004).

Vacuüm infiltratie van vruchten met galactose (een suiker) stimuleerde de ethyleenproductie en rijping van MG vruchten. Andere suikers, waaronder sucrose, fructose en glucose hadden dat effect niet (Kim, 1987, Gross, 1985).

Infiltratie van in MG stadium geogste vruchten met verschillende Mannosyl en Xylosyl bevattende glycanen, gecombineerd met galactose, lieten een versnelde rijping zien (Priem, 1991).

Vacuüm infiltratie met exo-polygalacturonase of pectine oligomeer mengsels versnelde de rijping (Baldwin, 1988). En ook behandeling van vruchten met het enzym pectinemethylesterase versnelde het begin van de rijping (Medina, 1982).

Een hoge CO<sub>2</sub> concentratie tijdens de bewaring (40 of 60%) vertraagde de rijping (Batu, 1998). Het remmende effect van CO<sub>2</sub> op de rijping tijdens de bewaring begon al bij 5%, met een maximum bij 10 of 20% (Buescher, 1979).

De temperatuur tijdens de bewaring beïnvloedde de kleurontwikkeling: temperaturen van 27.5 en 30°C vertraagden de kleurontwikkeling t.o.v. 25°C (Yakir, 1984).

### 2.3.3 Ethyleen

Een ethyleenbehandeling van 100ppm gedurende 48 uur bij 20°C van Roma tomaten in Brazilië leidde tot een uniformere kleuring, maar versnelde de rijping niet (Andreuccetti, 2007).

In Venezuela leidde een ethyleenbehandeling van 12 uur tot een snellere en uniformere rijping. Een bewaring van de vruchten na de behandeling bij 10 of 15°C induceerde meer lycopene vorming dan bewaring bij 28°C (Manzano, 1998).

De temperatuur kan een groot effect hebben op het resultaat van een ethyleenbegassing. Uit proeven met een ethyleenbegassing met 100ppm bij 20, 25, 30, 35 en 40°C gedurende 24, 48 of 72 uur, voorafgaand aan een bewaring bij 20°C, bleek bij een kortdurende begassing geen temperatuureffect, maar bij een begassing van 48 uur of langer bij 35 en 40°C werd de rijping vertraagd (Masarirambi, 1995).

Begassing van vruchten in 2 stadia (breaker en light pink) met 100ppm ethyleen bij 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 en 40°C liet zien dat de kleurontwikkeling onvoldoende was bij begassing bij 30°C en onder 10°C (Inaba, 1996). Dit is ook in ander onderzoek gevonden: begassing in het MG stadium met 50ppm bij 20°C versnelde de rijping, maar behandeling bij 4 of 33°C hadden geen versnellend effect (Ogura, 1976).

Ook het effect van CO<sub>2</sub> en licht op de werking van een ethyleenbegassing is onderzocht: een ethyleenbegassing met 0.1% ethyleen was het meest effectief bij toediening van extra zuurstof en verwijderen van CO<sub>2</sub> (Neumann, 1972). Een ethyleenbehandeling van 100ppm bij 21°C versnelde de rijping van MG vruchten, ongeacht of deze in het licht of donker plaatsvond (Boe, 1967).

Na 3 jaar proeven met ethyleenbegassing bleek dat het maximale effect van ethyleen werd bereikt na begassing van MG vruchten gedurende 2 of 3 dagen met 100-500ppm bij 16 tot 21°C. Concentraties boven de 100ppm (tot 2000ppm) lieten meestal weinig extra effect zien. De hogere temperatuur gaf een sneller effect. Na het breaker stadium had begassing maar een klein effect (Jahn, 1975).

In de VS wordt ethyleen in de praktijk gebruikt voor het stimuleren van vruchtrijping na de oogst. De universiteit van Florida adviseert een begassing van MG vruchten met 100-150ppm ethyleen bij 20-25°C en 85-90% RV, gedurende 24 tot 48 uur, waarbij de CO<sub>2</sub> concentratie niet mag oplopen boven de 4%. Als de CO<sub>2</sub> concentratie teveel oploopt, moet tussentijds gelucht en herstart worden (Sargent, 2000).

Het gebruik van ethyleen na de oogst beïnvloedde de ontwikkeling van smaakstoffen niet t.o.v. rijping zonder ethyleen (Stern, 1994, Kader, 1978).

### 2.3.4 Licht

De kleurontwikkeling van geoogste MG vruchten werd versneld door blootstelling aan TL licht (Gro-Lux) (Shewfelt, 1970).

Rood en rood + blauw licht gedurende 3 tot 5 minuten versnelde in een onderzoek de rode kleurontwikkeling meer dan een ethyleenbehandeling. Verrood licht vertraagde dit proces (Lee, 1994).

Chlorophyl afbraak in MG vruchten verliep het snelst tijdens belichting met rood of blauw licht vergeleken met groen of wit licht. Rood licht was het meest effectief. In blauw licht verliep de carotenoïde synthese het snelst (Jen, 1973).

Belichting van geoogste vruchten met UV-(C) leidde tot een tragere rijping (Rong, 2001, Miller, 1947).

## 2.4 Samenvatting literatuurstudie

Voor een versnelde afrijping van tomaten zal de climacterische ademhaling en (inwendige) ethyleenproductie van de vruchten versneld in gang gezet moeten worden. De vruchten zullen hiervoor wel een bepaald rijpheidsstadium bereikt moeten hebben. Het meeste effect van de beschreven behandelingen trad op als de vruchten in het 'mature green' ofwel in het rijpgroene stadium waren.

Een versnelde afrijping kan plaatsvinden door een snellere groei onder invloed van gunstige omstandigheden. Ongunstige omstandigheden kunnen echter leiden tot stress. Stress leidt tot ethyleenproductie, welke een snelle rijping tot gevolg kan hebben.

### 2.4.1 Versnelling tijdens de teelt

De hoeveelheid licht heeft effect op de afrijping. Bij (te) weinig licht gaat de afrijping trager. De hoeveelheid licht die direct op de tros valt is hiervoor van belang. Het is niet uit te sluiten dat hier een temperatuurverhoging onder invloed van instraling mede een rol speelt.

De temperatuur in de kas speelt een grote rol bij de afrijping. Ook hier is het vooral de temperatuur van de vrucht, die van belang is. Een hogere temperatuur geeft een snellere afrijping. Van temperaturen tot en met 26°C wordt een versnelling beschreven. Er is echter wel een duidelijk optimum aanwezig. Gemiddelde etmaaltemperaturen van 27°C of hoger vertraagden de rijping juist.

Als alleen in de laatste fase van de vruchtontwikkeling een hogere temperatuur werd gegeven was het versnellende effect relatief groter.

Een groot verschil tussen dag/nacht temperatuur versnelde de rijping ten opzichte van eenzelfde etmaaltemperatuur zonder dag/nacht verschil.

Een lage worteltemperatuur (10-15°C) kon de vruchtrijping ook versnellen, maar dit zou een stress-effect kunnen zijn.

Op het gebied van de invloed van bemesting zijn de resultaten soms tegenstrijdig. Van de toediening van extra kalium wordt zowel een versnelling als een vertraging van de rijping beschreven. Ook de toediening van extra calcium gaf tegenstrijdige resultaten. Ditzelfde geldt voor fosfaat.

Een extra NaCl gift leidde wel steeds tot een versnelling van de rijping.

Een (flinke) verhoging van de EC leidt tot een versnelling van de rijping; hierbij blijft de vrucht echter wel kleiner (de EC kan verhoogd worden door de concentratie van alle nutriënten te verhogen of door een extra NaCl gift).

Het stoppen of verminderen van de watergift aan het einde van de teelt heeft een versnelling van de afrijping tot gevolg, waarschijnlijk ten gevolge van stress.

Het toedienen van bepaalde stoffen tijdens de teelt kan ook een versnelling van de rijping tot gevolg hebben. Het huidige gebruik van ethephon (waaruit in de plant ethyleen vrijkomt) zet de plant aan tot een eigen ethyleenproductie en afrijping. Stoffen die sterk op ethephon lijken kunnen hetzelfde effect geven.

Het toedienen van ethyleen zelf in de kas is niet beschreven, maar bijvoorbeeld bij Bromelia kan een toegediende oplossing van ethyleen de plant tot bloei brengen.

Precursors van ethyleen: dat zijn stoffen waaruit de plant zelf ethyleen maakt, zoals ACC, kunnen ook de rijping versnellen. De plant moet dan echter wel de enzymen hebben om de omzetting te kunnen doen; dit zal afhankelijk zijn van het stadium van de vrucht.

Andere plantenhormonen dan ethyleen kunnen de ontwikkeling en afrijping van de vrucht ook sturen. Auxinen kunnen, als ze tijdens de bloei worden toegediend de rijping versnellen. Hetzelfde geldt voor de toediening van cytokinine. Het risico van negatieve bijeffecten van deze hormonen is echter groot.



Het geven van mechanische stress aan de planten in de kas zou de afrijping ook kunnen versnellen. Te denken valt dan aan schudden of beschadigen van de plant, waarvan bekend is dat dit ethyleenproductie geeft.

Ook (veel) bladplukken zal een versnelde rijping geven.

## 2.4.2 Versnelling na de oogst

De toediening van plantenhormonen aan geoogste vruchten kan de rijping bevorderen. Gunstige effecten zijn beschreven van dompeling of bespuiting met een cytokinine of abscissinezuur (een verouderingshormoon).

De toediening van ACC kan ook na de oogst de rijping versnellen.

Methyljasmonaat gaf ook een versnelling van de rijping. Dit werd dan echter in lanolinepasta toegediend. Dompeling in een oplossing van methyljasmonaat had geen effect.

CPTA leidde tot meer lycopeenvorming, of de rijping ook versneld werd is onbekend, evenals de eventuele schadelijkheid van de stof.

Dompeling van vruchten in  $\text{KNO}_3$  of ureum versnelde de rijping. Ook dompeling in sommige suikers hadden dit effect. Van enkele andere stoffen is effect beschreven na vacuüm infiltratie. Het is de vraag of dat praktische toepassing kan vinden.

Ook na de oogst speelt de temperatuur een grote rol in de kleurontwikkeling en afrijping. Een temperatuur tussen 15 en 25°C wordt als optimaal beschouwd. Tijdens de bewaring vertragen temperaturen boven 27.5°C de rijping.

Een begassing met ethyleen na de oogst leidt tot een versnelde afrijping. De ontwikkeling van smaakstoffen zou dan niet verschillen ten opzichte van afrijping zonder ethyleen begassing. Er worden dan echter geen suikers meer opgebouwd. De optimale concentratie ligt rond 100 ppm bij een begassingsduur van 48 uur. Het is wel van belang dat de  $\text{CO}_2$  concentratie niet te hoog oploopt, omdat  $\text{CO}_2$  het effect van ethyleen remt. Wellicht is een kortere begassing mogelijk, waarbij vruchten in het juiste stadium slechts een 'duwtje' nodig hebben om de eigen auto-katalytische ethyleenproductie op gang te helpen.

Ook belichting van geoogste vruchten kan de rijping versnellen; toepassing hiervan vraagt om innovatieve technieken (LED belichting).

## 2.5 Perspectievolle behandelingen

### 2.5.1 Behandelingen tijdens de teelt

Een hogere kasttemperatuur aan het einde van de teelt kan de rijping versnellen, maar al te hoge temperaturen vertragen de rijping. Het is vooral de vruchttemperatuur die de rijping versnelt. Een hoge dagtemperatuur, gecombineerd met een lagere nachttemperatuur lijkt het beste te zijn. De worteltemperatuur moet echter zo laag mogelijk blijven.

Van bemesting zijn tegenstrijdige effecten op de rijpingssnelheid beschreven. Een flinke verhoging van de EC aan het eind van teelt zou echter de rijping kunnen versnellen.

Het verminderen van de watergift aan het einde van teelt biedt ook perspectief om de rijping te versnellen.

Het gebruik van auxinen kan de uitgroei en afrijping ook versnellen. Het bespuiten van de laatste trossen moet dan wel tijdens de bloei al plaatsvinden. De werkzame auxine is IAA; dat is een planteigen stof, die meer in de land- en tuinbouw gebruikt wordt.

Van andere stoffen biedt alleen 4-CPA perspectief; hiervan is nu echter niets bekend over verkrijgbaarheid of mogelijke toelating.

Een bespuiting met abscissinezuur of ACC (beiden ook planteigen stoffen), waarvan een gunstig effect op de rijping bij gebruik na de oogst is beschreven, zou eventueel ook bij gebruik tijdens de teelt perspectief bieden. Ditzelfde kan gelden voor een ethyleenbehandeling; een bespuiting met ethyleenverzadigd water kan wellicht de rijping in gang zetten.

Extra blad verwijderen versnelt de rijping. Dit zou wellicht ook kunnen gelden voor stress opwekkende beschadigingen van vrucht- of trosstelen, die tot ethyleenproductie kunnen leiden.

## 2.5.2 Behandelingen na de oogst

Dompelen of bespuiten van geoogste vruchten met plantenhormonen kan de rijping versnellen. Er zijn goede resultaten mogelijk door behandeling met abscissinezuur of ACC, beiden planteigen stoffen. In het geval van ACC is er wellicht een combinatiebehandeling met ethyleen nodig voor een goede aanzet van de rijping.

Het gebruik van andere groeiregulerende stoffen (CPTA en DCPTA) zou perspectief kunnen bieden.

De toepassing van Methyljasmonaat lijkt zonder veel perspectief door de beschreven toedieningsmethode.

Ook kan behandeling met  $\text{KNO}_3$  of ureum na de oogst mogelijkheden bieden.

Dit geldt ook voor galactose (een suiker), waarbij echter de toedieningsmethode aandacht verdient (dompelen of vacuüm -infiltratie).

Het gebruik van ethyleen na de oogst biedt voldoende perspectief. Een voordeel is dat de benodigde concentratie en behandelingsduur uitgebreid zijn beschreven.

Belichting van geoogste vruchten kan met de huidige ontwikkeling op LED gebied wellicht perspectief bieden, maar zal logistiek ingepast moeten kunnen worden.

## 3 Eerste screening

### 3.1 Opzet

De eerste screening is uitgevoerd aan een jong gewas van het ras 'Careza' (Enza), geplant op 22 januari 2008, in twee kasafdelingen. De planten zijn direct voor de behandeling getopt, er is blad geplukt en de kastemperatuur is verhoogd (de gemiddelde gerealiseerde etmaaltemperatuur tijdens de proef was 21,9°C). De behandelingen zijn uitgevoerd op het moment dat de eerste vrucht van de onderste tros begon te kleuren. Het gemiddeld vruchtgewicht van het ras 'Careza' ligt rond de 90 gram.

Tabel 1. Overzicht van de kasbehandelingen.

Kasproef 1	Inzet/spuit datum	
controle		
droog	1 april	Twee van de drie druppelaars eruit
EC 10 mS/cm	1 april	17 april: EC in de mat 17.6 mS/cm
ACC 10 <sup>-3</sup> M (0.001 M)	1 april	Hele plant spuiten tot afdruipen
ACC 10 <sup>-4</sup> M (0.0001 M)	1 april	Hele plant spuiten tot afdruipen
ABA 10 <sup>-3</sup> M (0.001 M)	1 april	Hele plant spuiten tot afdruipen
ACC 10 <sup>-4</sup> M (0.0001 M)	1 april	Hele plant spuiten tot afdruipen
Ethrel (0,1%)*	1 april	Hele plant spuiten tot afdruipen

Kasproef 2	Inzet/spuit datum	
controle		
ethyleen in water	1 april	2 en 3 april 1 liter verzadigde oplossing per mat
Ethrel (0,1%)*	1 april	Hele plant spuiten tot afdruipen
ACC 10 <sup>-3</sup> M (0.001 M)	1 april	Hele plant spuiten tot afdruipen
ACC 10 <sup>-4</sup> M (0.0001 M)	1 april	Hele plant spuiten tot afdruipen
ACC 10 <sup>-2</sup> M (0.01 M)	1 april	Alleen tros spuiten tot afdruipen
controle gassen	7 april	Hele planten uit de kas 24 uur in afgesloten tent
planten gassen	7 april	Hele planten uit de kas 24 uur in 250 ppm ethyleen

\* *Er is gespoten met Ethrel-A (concentratie ethephon: 480 g/l), in de adviesconcentratie (0,1%: 100 ml/100 L water).*

De behandelingen van 7 april zijn zonder herhaling ingezet (4 planten per behandeling, 2 stengels per plant). Van de overige behandelingen zijn twee herhalingen ingezet (4 planten per herhaling, twee stengels per plant). De vruchten zijn regelmatig op kleur beoordeeld volgens de kleurenwaaier van het CBT.

Tabel 2. Overzicht van de naoogst behandelingen.

Naoogst ethyleen gassen	Inzetdatum	
controle	15 april	Trossen met 1 kleurende vrucht plus de groene tros daarboven
24 uur 100 ppm	15 april	Trossen met 1 kleurende vrucht plus de groene tros daarboven
24 uur 200 ppm	15 april	Trossen met 1 kleurende vrucht plus de groene tros daarboven
48 uur 100 ppm	15 april	Trossen met 1 kleurende vrucht plus de groene tros daarboven
48 uur 200 ppm	15 april	Trossen met 1 kleurende vrucht plus de groene tros daarboven

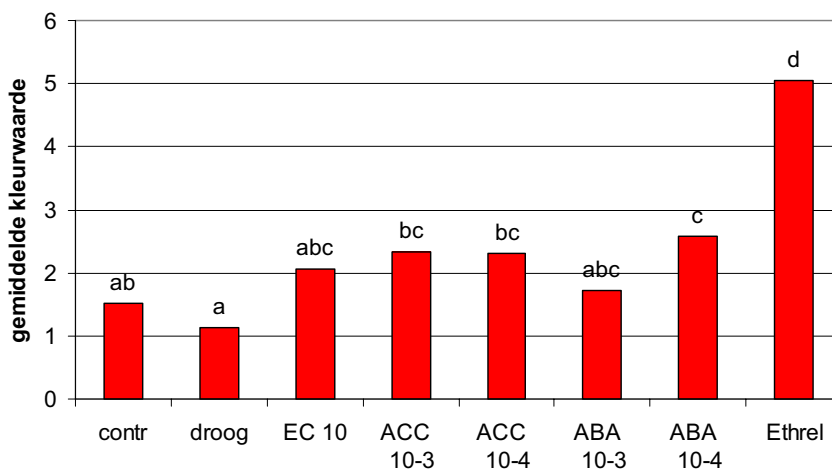
Per behandeling zijn 5 trossen met 1 kleurende vrucht en 5 trossen met groene vruchten ingezet. De ethyleenbehandelingen zijn uitgevoerd bij 20°C. De vruchten zijn aansluitend bewaard bij 20°C en 80% RV. Tijdens de bewaring zijn de vruchten regelmatig op kleur beoordeeld. Oriënterend is de houdbaarheid bepaald.

Voor beide testen is statistiek uitgevoerd met Genstat, ANOVA. Er is een paarsgewijze test uitgevoerd voor de vergelijking van de gemiddelden, toetsing bij  $p=0.05$ .

## 3.2 Resultaten

### 3.2.1 Kasproef 1

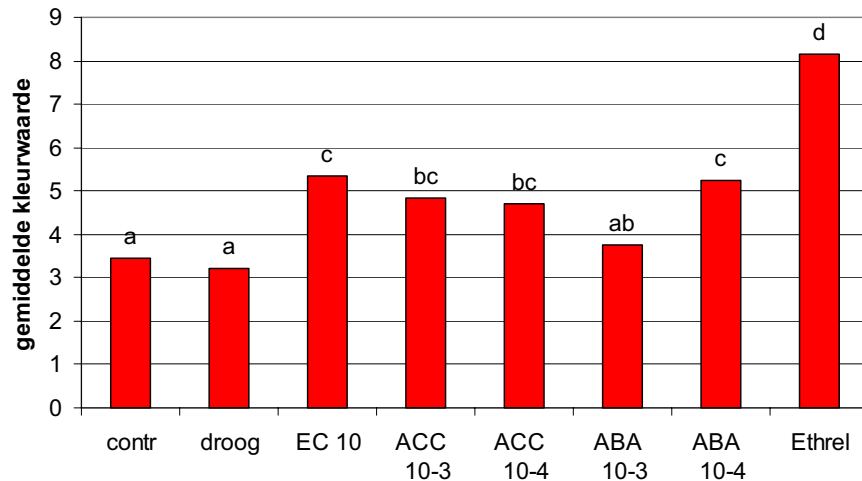
De gemiddelde kleur van de vruchten aan de onderste tros op 7 april (een week na de behandeling) staat per behandeling weergegeven in Figuur 1.



Figuur 1. Gemiddelde kleurwaarde van de vruchten aan de eerste tros op 7 april (een week na de behandeling). Verschillende letters boven de kolommen geven aan dat er een betrouwbaar verschil is.

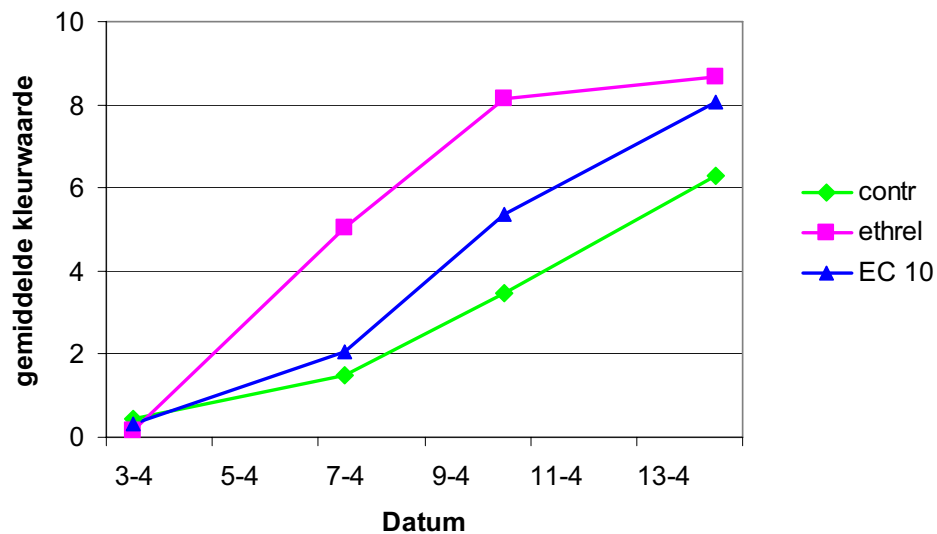
Een week na de behandeling bleek dat de vruchten van de Ethrel behandeling het meest doorgerijpt waren. ACC 10<sup>3</sup> M, ACC 10<sup>4</sup> M en ABA 10<sup>4</sup> M, waren wat meer doorgerijpt dan de controle.

Drie dagen later, op 10 april had de kleuring sterk doorgezet en naast bovengenoemde behandelingen waren ook de vruchten van behandeling EC 10 meer doorgekleurd dan de controle (Figuur 2).



*Figuur 2. Gemiddelde kleurwaarde van de vruchten aan de eerste tros op 10 april (10 dagen na de behandeling). Verschillende letters boven de kolommen geven aan dat er een betrouwbaar verschil is.*

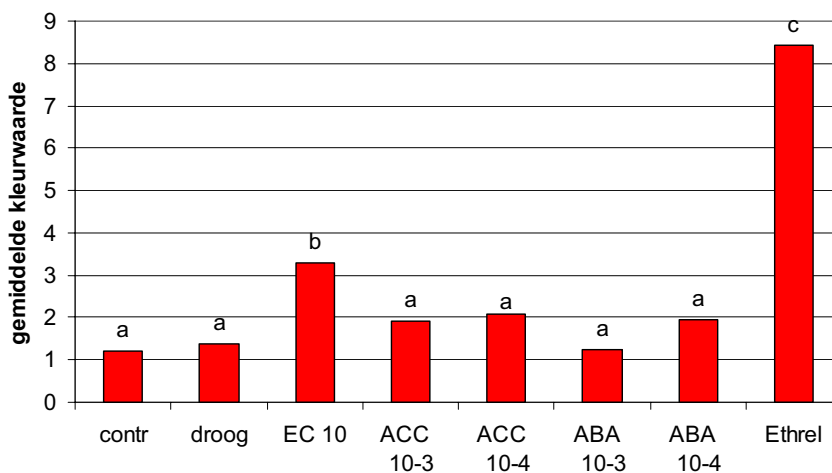
Het verloop van de kleuring van tros 1 van enkele behandelingen in kas 1 staat in Figuur 3.



*Figuur 3. Het verloop van de kleuring van de vruchten van tros 1, in kas 1, na de behandeling op 1 april.*

Uit Figuur 3 blijkt dat de trossen van de Ethrel behandeling 6 dagen eerder in kleurstadium 6 waren dan de trossen uit de controle. De trossen uit de behandeling met EC 10 waren 3 dagen eerder in kleurstadium 6 dan de controle.

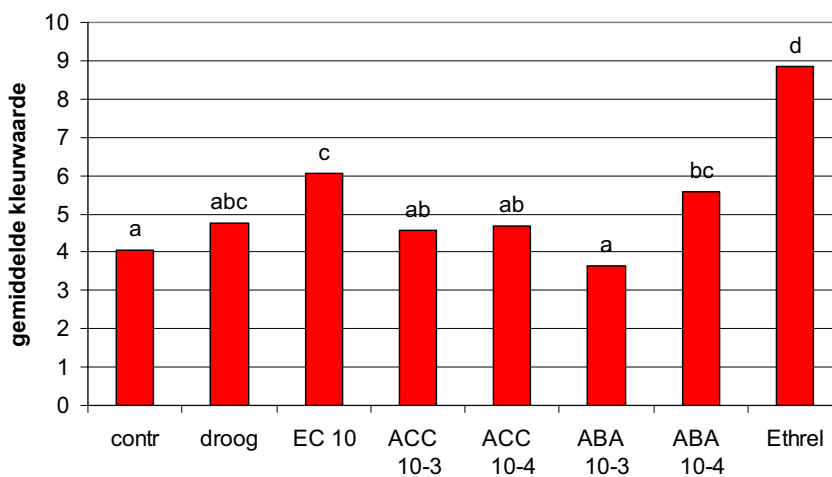
De gemiddelde kleurwaarde van de tweede tros op 14 april (twee weken na de behandeling) staat in Figuur 4.



*Figuur 4. Gemiddelde kleurwaarde van de vruchten aan de tweede tros op 14 april (twee weken na de behandeling). Verschillende letters boven de kolommen geven aan dat er een betrouwbaar verschil is.*

Uit Figuur 4 blijkt dat de tweede tros van de Ethrel behandeling na twee weken al sterk doorgerijpt is. Van de andere behandelingen is slechts de behandeling met EC 10 rijper dan de controle.

Op 17 april is de rijping sterk doorgezet en zijn het de Ethrel, EC 10, en ABA 10<sup>-4</sup> M behandeling, die rijper zijn dan de controle (Figuur 5).

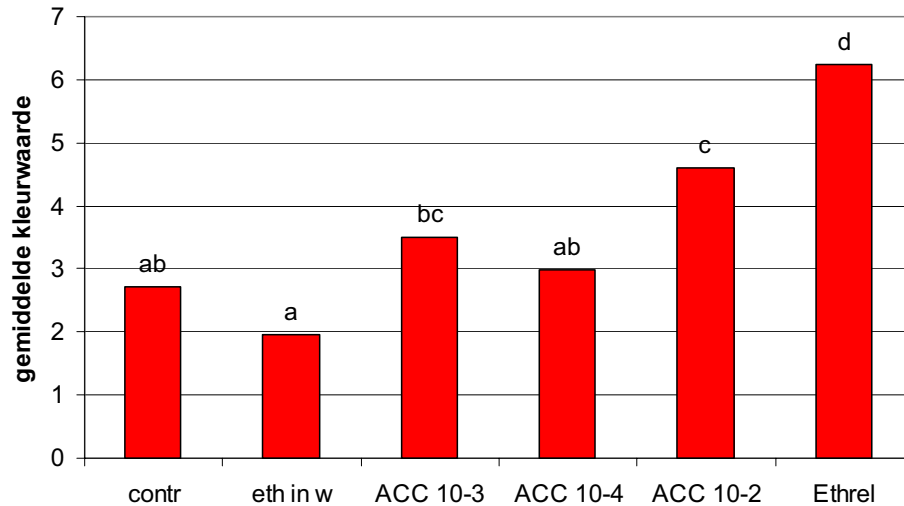


*Figuur 5. Gemiddelde kleurwaarde van de vruchten aan de tweede tros op 17 april (17 dagen na de behandeling). Verschillende letters boven de kolommen geven aan dat er een betrouwbaar verschil is.*

Van de derde tros heeft op 17 april alleen de Ethrel behandeling rijpere vruchten dan de controle.

### 3.2.2 Kasproef 2

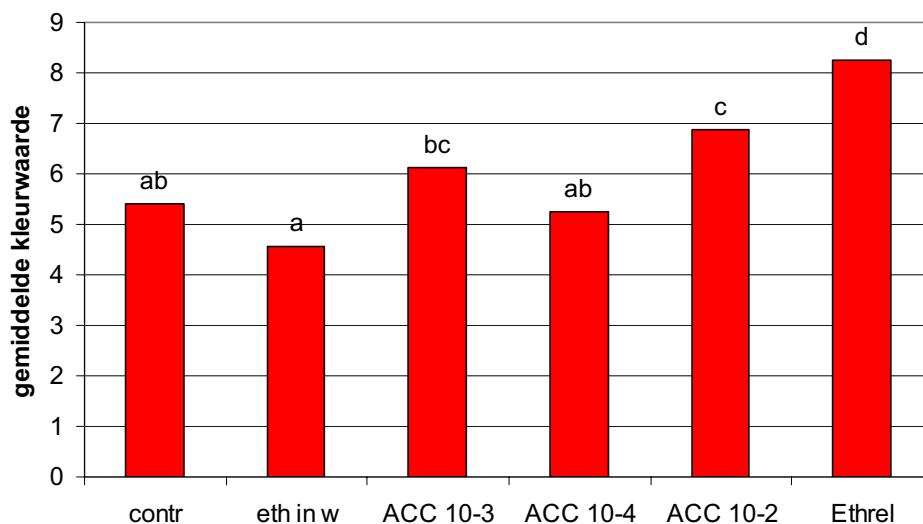
De gemiddelde kleur van de vruchten aan de onderste tros op 7 april (een week na de behandeling) staan in Figuur 6.



*Figuur 6. Gemiddelde kleurwaarde van de vruchten aan de eerste tros op 7 april (een week na de behandeling). Verschillende letters boven de kolommen geven aan dat er een betrouwbaar verschil is.*

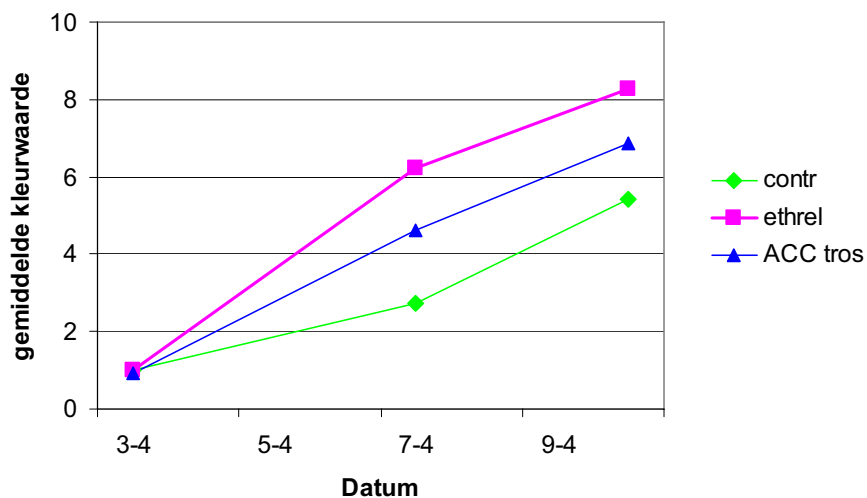
Ook in kas 2 is het de Ethrel behandeling, waarvan de vruchten het snelst doorrijpen. De bespuiting met ACC  $10^{-3}$  M en de tros bespuiting met ACC  $10^{-2}$  M zijn meer doorgerijpt dan de controle.

Op 10 april is de rijping verder doorgezet en is het de Ethrel behandeling en de trosbespuiting met ACC  $10^{-2}$  M, die rijper zijn dan de controle (Figuur 7).



*Figuur 7. Gemiddelde kleurwaarde van de vruchten aan de eerste tros op 10 april (10 dagen na de behandeling). Verschillende letters boven de kolommen geven aan dat er een betrouwbaar verschil is.*

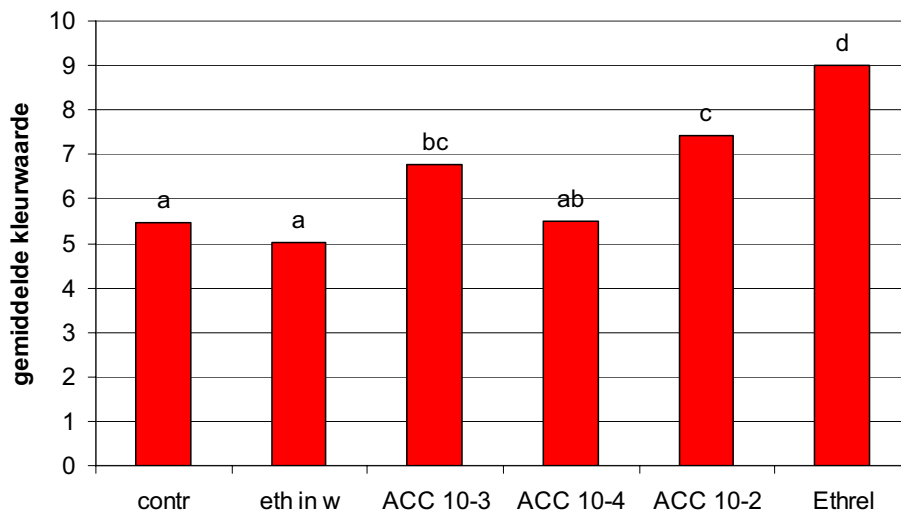
Het verloop van de kleuring van tros 1 van enkele behandelingen in kas 2 staat in Figuur 8.



Figuur 8. Het verloop van de kleuring van de vruchten van tros 1, in kas 1, na de behandeling op 1 april.

Uit Figuur 8 blijkt dat de trossen van de Ethrel behandeling bijna 4 dagen eerder in kleurstadium 6 waren dan de trossen uit de controle. De trossen uit de behandeling met ACC (tros) waren 2 dagen eerder in kleurstadium 6 dan de controle.

De gemiddelde kleur van de vruchten aan de tweede tros op 17 april (17 dagen na de behandeling) staan in Figuur 9.



Figuur 9. Gemiddelde kleurwaarde van de vruchten aan de tweede tros op 17 april (17 dagen na de behandeling). Verschillende letters boven de kolommen geven aan dat er een betrouwbaar verschil is.

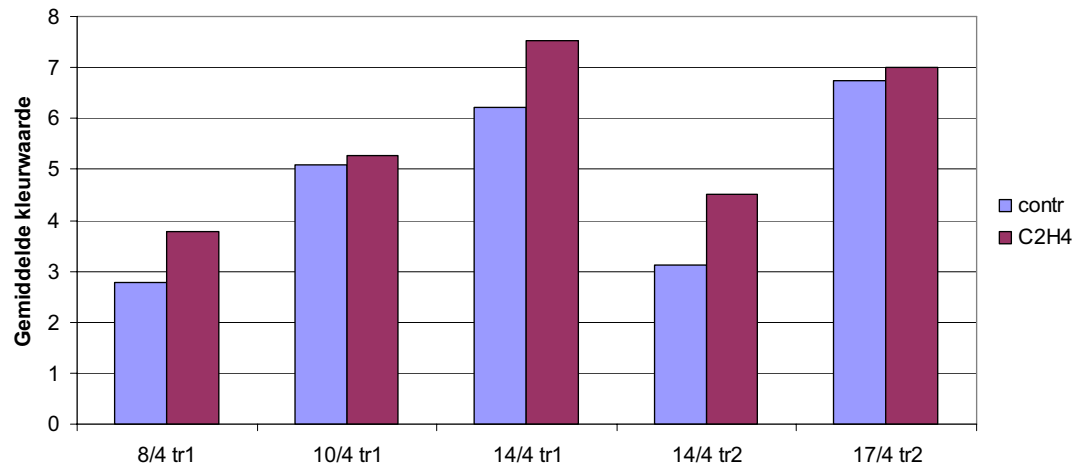
De tweede tros van de behandelingen Ethrel, ACC  $10^{-3}$  M en ACC  $10^{-2}$  M op de tros, vertoonden 17 dagen na de behandeling meer kleur dan de controle.



De kleurwaarde van de vruchten van de derde tros op 17 april was alleen bij de Ethrel behandeling hoger dan van de controle.

### 3.2.3 Ethyleenbegassing van hele planten

Het resultaat van de begassing van hele planten, buiten de kas, op 7 april staat in Figuur 10.



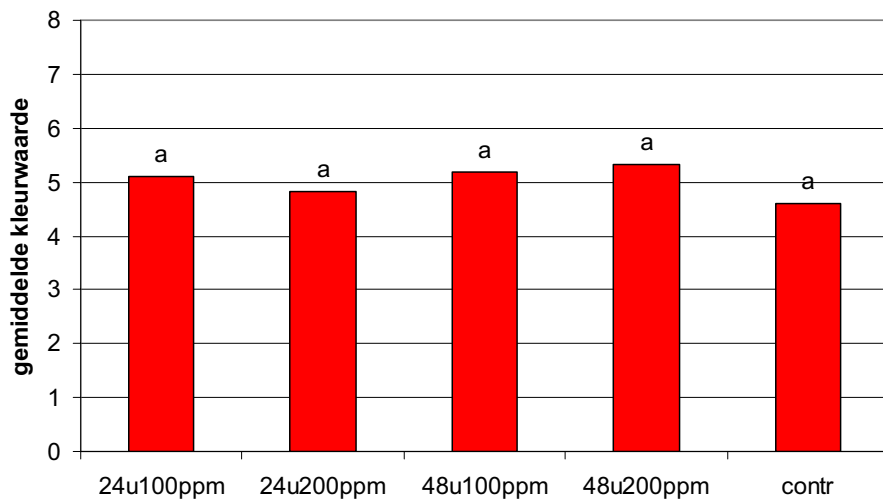
*Figuur 10. De gemiddelde kleurwaarde van de vruchten van de eerste tros (=tr 1) op 8, 10 en 14 april en van de tweede tros (=tr 2) op 14 en 17 april, van de controle en de ethyleen (C2H4) begassing.*

De planten hebben zeer geleden onder het uit de kas halen en terugzetten na de begassing. Er waren veel stengels geknikt en vruchten afgevallen, zowel bij de controle als bij de begaste planten.

Een statistische analyse van de resultaten was door alle opgetreden schade niet zinvol, maar de ethyleen begassing lijkt weinig effect te hebben gehad.

### 3.2.4 Ethyleen begassing van vruchten

Het effect van een begassing met ethyleen na de oogst staat in onderstaande figuren.

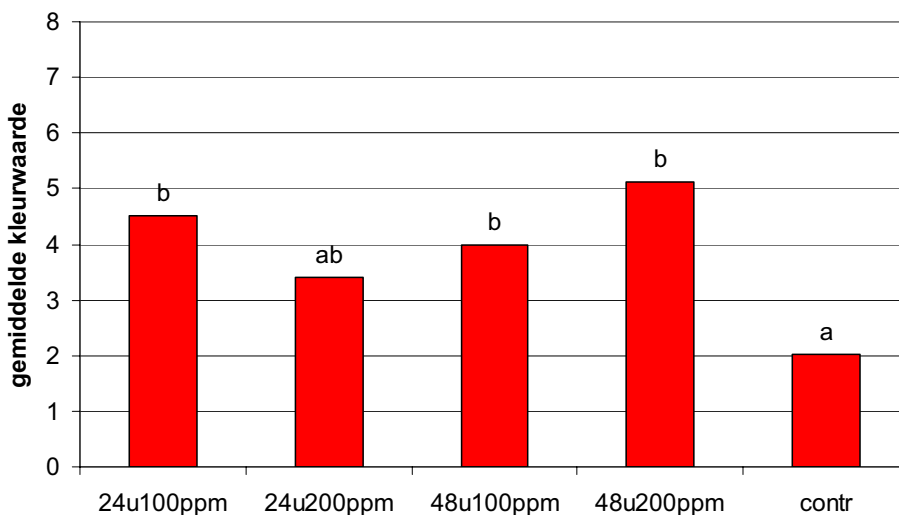


*Figuur 11. Gemiddelde kleurwaarde van de vruchten aan de tros (geogst met 1 kleurtonende vrucht) op 21 april (6 dagen na de behandeling). Verschillende letters boven de kolommen geven aan dat er een betrouwbaar verschil is.*

Zes dagen na de behandeling was er geen effect van de ethyleenbegassing zichtbaar op vruchten die geogst waren met 1 kleurtonende vrucht per tros (Figuur 11).

Ook op 24 april (9 dagen na de behandeling) was er geen verschil tussen de behandeling aantoonbaar.

In de groen geogste trossen was er op 24 april wel effect van de behandelingen te zien. Begassing met ethyleen versnelde de rijping, met uitzondering van een behandeling van 24 uur met 200ppm (Figuur 12).



*Figuur 12. Gemiddelde kleurwaarde van de vruchten aan de tros (groen geogst) op 24 april (9 dagen na de behandeling). Verschillende letters boven de kolommen geven aan dat er een betrouwbaar verschil is.*

### 3.2.5 Houdbaarheid

Van alle behandelingen is van een beperkt aantal trossen per behandeling de houdbaarheid vergeleken. Er is geen effect van de behandelingen op de houdbaarheid gevonden.

## 3.3 Conclusie en discussie

In deze eerste screening van alternatieven voor Ethrel zijn een aantal behandelingen naar voren gekomen die de rijping kunnen versnellen. Geen van de alternatieven is echter zo effectief als Ethrel.

De meest perspectiefvolle behandelingen in de kas zijn een verhoging van de EC en het toedienen van ACC. Een behandeling met ABA  $10^{-4}$  M gaf ook een versnelling van de doorrijping te zien, terwijl een behandeling met een hogere concentratie ABA ( $10^{-3}$  M) geen effect had. Deze onwaarschijnlijke concentratie afhankelijkheid maakt dat er weinig van een ABA behandeling in de praktijk te verwachten valt. De andere getoetste behandelingen hadden (te) weinig effect.

Het effect van een verhoging van de EC werd later zichtbaar dan van de andere behandelingen. Bij toepassing zal hier dus op tijd mee moeten worden begonnen.

ACC had een duidelijk effect bij de hogere concentraties. De hoogste concentratie, die alleen op de trossen is gespoten had meer effect dan de lagere concentratie, waarmee de hele plant gespoten is.

Toediening van ethyleen aan de planten om de rijping te versnellen had in deze proeven weinig succes.

Aangieten van een oplossing versnelde de rijping niet. Ook het begassen van complete planten had geen duidelijk effect, waarschijnlijk mede omdat de planten veel schade hadden opgelopen bij het uit en weer in de kas zetten.

Ethyleenbegassing na de oogst kon de rijping wel versnellen, maar voor een bruikbaar effect zal de concentratie en/of behandelingsduur waarschijnlijk nog hoger moeten zijn.

Het effect van drooghouden valt in de proef tegen. Dit heeft waarschijnlijk te maken met de toepassing hiervan in een relatief jong, sterk gewas. In de praktijk is de ervaring dat drooghouden van de mat gemakkelijk vruchtval kan geven, wat ongewenst is.

In deze eerste screening is gewerkt met een jong gewas en zijn de behandelingen in het voorjaar toegepast. De groeikracht van het gewas was enorm; dit bleek vooral aan de stand van het gewas na de Ethrel behandeling. Behandeling in een oud gewas in het najaar zal waarschijnlijk het effect van de behandeling versterken.

Geen van de onderzochte behandelingen kon het effect van Ethrel evenaren, maar bij het mogelijk verdwijnen van Ethrel zal een combinatie van (één van de) behandelingen met blad plukken en temperatuurverhoging waarschijnlijk toch een versnelde afrijping kunnen opleveren.



## 4 Tweede test

### 4.1 Opzet

Op basis van de eerste screening in het voorjaar (hoofdstuk 3) zijn in het najaar een kasproef en een naoogst behandeling uitgevoerd.

In de kasproef zijn de volgende (combinaties van) behandelingen onderzocht:

- Hoge EC
- Hogere temperatuur
- Bladplukken
- Ethrel bespuiting (ook gehalveerde dosering)

Omdat het effect van EC in de eerste screening pas laat zichtbaar was, zijn de EC behandelingen een week voor de andere behandelingen gestart.

Vanwege verwachte problemen met de registratie van de toepassing van ACC als spuitmiddel om de rijping te versnellen, is besloten deze behandeling niet meer te testen.

Omdat het effect van begassing met ethyleen na de oogst in de eerste screening klein was, is opnieuw een begassingsproef uitgevoerd met hogere concentraties ethyleen.

#### 4.1.1 Kasproef

De tweede test is uitgevoerd aan een oud gewas van het ras 'Idooll' (Seminis), in twee kasafdelingen. Het gemiddeld vruchtgewicht van het ras 'Idooll' ligt rond de 150 gram. De meeste trossen hadden 5 à 6 vruchten. De planten zijn in week 37 getopt. Er zijn toen vrij grote koppen verwijderd.

Een overzicht van de geteste combinaties van teeltmaatregelen is weergegeven in Tabel 3. In week 40 (2 oktober) zijn de EC behandelingen gestart. De EC van het drainwater is weergegeven in Tabel 4. In week 41 (8 oktober) is de behandeling met Ethrel uitgevoerd en is blad geplukt. Ook is op 8 oktober in beide afdelingen de temperatuur verhoogd en is een temperatuurverschil tussen de afdelingen aangelegd (Tabel 5).

##### *Kleurwaarneming*

De kleur van de vruchten in de kas is regelmatig (3 keer per week) beoordeeld volgens de kleurenwaaier van het CBT. Voor berekening van de gemiddelde kleurwaarde per tros zijn de vier vruchten met de hoogste kleurwaarde gebruikt. De overige vruchten zijn niet meegenomen, waardoor vruchten die door een slechte zetting niet of later kleurden geen effect hadden op de gemiddelde kleurwaarde.

##### *Statistische analyse van kleurwaarneming*

Er is statistisch getoetst of behandelingen een effect hebben op de tijd totdat kleurstadium 7 bereikt werd. Zowel hoofdeffecten van temperatuur, EC, Ethrel en blad plukken zijn onderzocht als onderlinge verschillen tussen alle afzonderlijke behandelingen.

Om statistisch te kunnen toetsen is het kleurverloop in de tijd gefit met een sigmoïdale curve:

$$y = \frac{C}{1 + e^{-b(x-m)}}$$

Waarin:

y = score rijpheid (0...12)

x = dagnummer (1 januari = 1)  
c = verwachte hoogste score per tros (max=12)  
m = dagnummer bij midden van de curve  
b = schaalparameter (stuurt de helling van de curve)

De parameters van deze functie zijn gebruikt voor de berekening van het dagnummer waarop de tros een gemiddeld kleurstadium van 7 had bereikt. Op het berekende dagnummer is een statistische analyse uitgevoerd (REML: paarsgewijze test, toetsing bij  $p=0,05$ ). Deze analyse is gedaan voor zowel de hoofdeffecten als de afzonderlijke behandelingen. Omdat niet alle combinaties van behandelingen zijn getest, zijn voor de berekening van sommige hoofdeffecten een aantal behandelingen niet meegenomen:

- Etmaaltemperatuur: gemiddelde van alle behandelingen
- Druppel EC: gemiddelde van alle behandelingen met uitzondering van 100% Ethrel
- Ethrel: gemiddelde van alle behandelingen met uitzondering van veel bladpluk en EC 15
- Aantal bladeren per plant: gemiddelde van alle behandelingen met uitzondering van 100% Ethrel.

#### *Waarneming houdbaarheid en smaakmeting*

Van op 15 en 17 oktober geoogste trossen is de houdbaarheid bepaald (4 trossen per behandeling). Hiertoe zijn de trossen na de oogst bewaard bij 20°C en 80% RV.

Daarnaast is de smaak gemeten met behulp van het WUR instrumentele smaakmodel tomaat op 28 oktober. Deze vruchten zijn op 22 oktober geoogst en zijn tot de meting bewaard bij 20°C en 80% RV.

Tabel 3. Overzicht van de behandelingen.

Ingestelde etmaal-temperatuur (°C)	Druppel EC (mS/cm)	Dosering Ethrel (t.o.v. adviesdosering*)	Blad (aantal bladeren per plant)	Aantal herhalingen**		
19.1 (19.6/18.7)	5	-	±10 1	2 1		
		50%	±10 1	2 2		
		100%	±10	1		
		10	-	±10 1	2 1	
	10	50%	±10 1	2 2		
		100%	±10	1		
		15	-	±10 1	1 1	
			50%	±10 1	1 1	
	21.1 (21.5/20.7)		5	-	±10 1	2 1
				50%	±10 1	2 2
		100%		±10	1	
		10		-	±10 1	2 1
10		50%	±10 1	2 2		
		100%	±10	1		
		15	-	±10 1	1 1	
			50%	±10 1	1 1	

\* Er is gespoten met Ethrel-A (concentratie ethephon: 480 g/l), tot afdruijen. De adviesdosering is 0,1% (100 ml/100 L water).

\*\* 8-10 stengels per herhaling.

Tabel 4. *Ingestelde en gerealiseerde temperatuur in de afdelingen.*

Periode	Afdeling	Etmaaltemperatuur (dag/nacht), in °C	
		Ingestelde verwarmingstemperatuur	Gemiddelde gerealiseerde temperatuur
8-14 oktober	6.06	20,4 (20,8/20,0)	22,1 (24,3/20,4)
	6.07	22,3 (22,6/22,0)	23,5 (25,3/22,0)
vanaf 15 oktober	6.06	18,4 (18,9/18,0)	20,2 (22,6/18,6)
	6.07	20,4 (20,9/20,0)	21,5 (23,4/20,1)

Tabel 5. *EC van het drainwater bij de verschillende druppel EC's.*

Druppel EC (mS/cm)	Gemiddelde EC drainwater (mS/cm)	Maximale EC drainwater (mS/cm)
5	7	7
10	14	17
15	19	22

#### 4.1.2 Naoogst behandeling met ethyleen

Voor de naoogst behandeling zijn op 5 november trostomaten uit de praktijk gehaald: Amoroso (cocktail) en Levanzo (grof). De ethyleenbehandelingen zijn dezelfde dag gestart bij 20°C. Er zijn twee ethyleenconcentraties getest, waarbij gedurende 24 of 48 uur begast werd (Tabel 6). Hiervoor zijn groene vruchten gebruikt, ter vergelijking zijn ook rood geoogste vruchten meegenomen.

Tabel 6. *Overzicht van de naoogst behandelingen.*

Kleur bij oogst	Ethyleenconcentratie (ppm)	Duur behandeling (uur)
Rood, normale kleur	0	-
Zeer groen, 1-2 weken voor eerste kleurtoning	0	-
	500	24
		48
	1000	24
		48

De vruchten zijn aansluitend aan de behandeling bewaard bij 20°C en 80% RV. De tomaten zijn regelmatig op kleur en houdbaarheid beoordeeld (per behandeling 30 trossen Amoroso en 15 trossen Levanzo). De smaak is gemeten met behulp van het WUR instrumentele smaakmodel tomaat op 11 november (rood geoogste vruchten), 24 november (Amoroso, groen geoogste vruchten) en 4 december (Levanzo, groen geoogste vruchten).



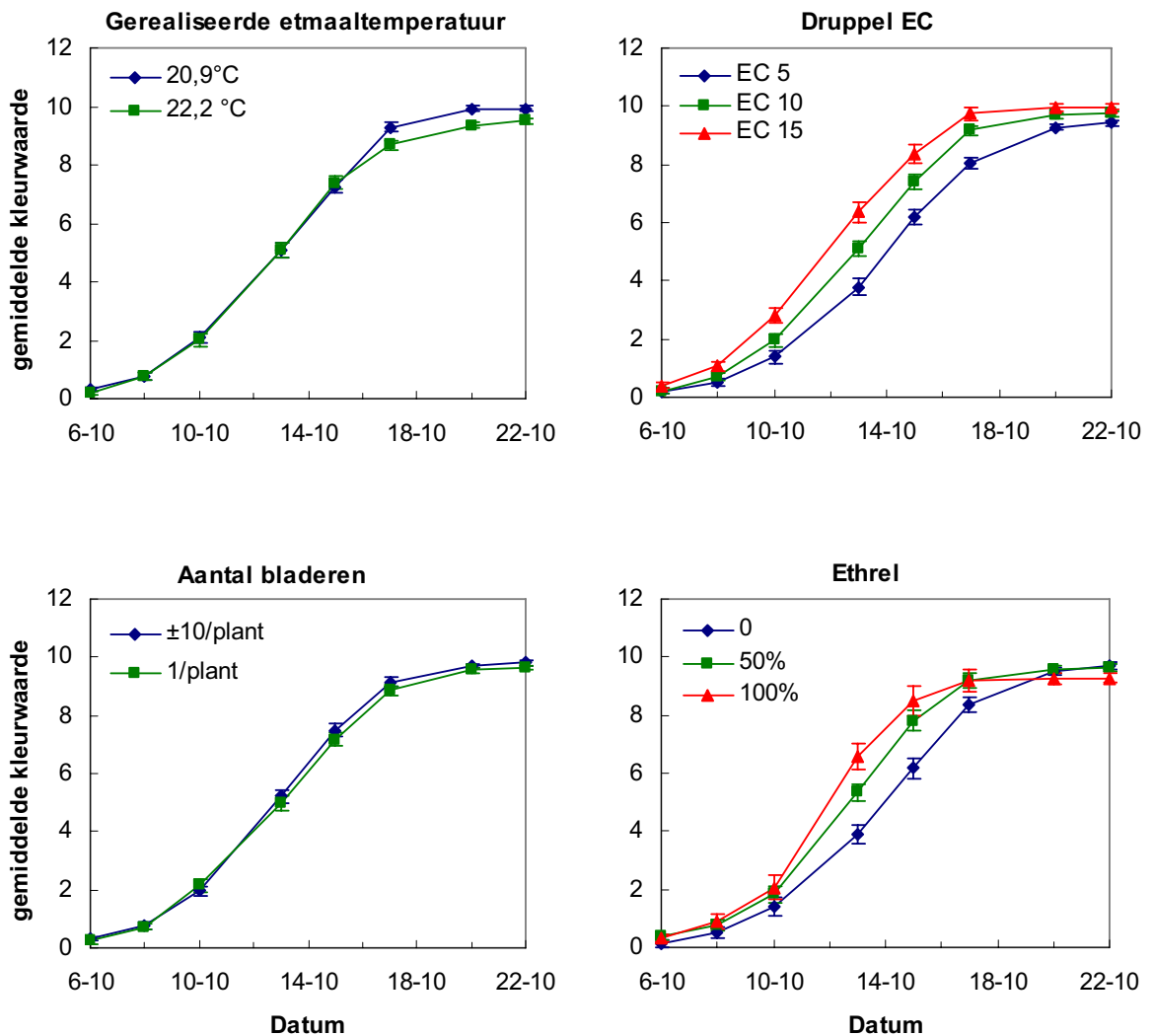
## 4.2 Resultaten

### 4.2.1 Kasproef

#### Doorkleuring

Bij aanvang van de proef hadden de vruchten van de onderste trossen een gemiddelde kleurwaarde van 5. Er was geen effect van de behandeling op de rijpingsnelheid van deze vruchten.

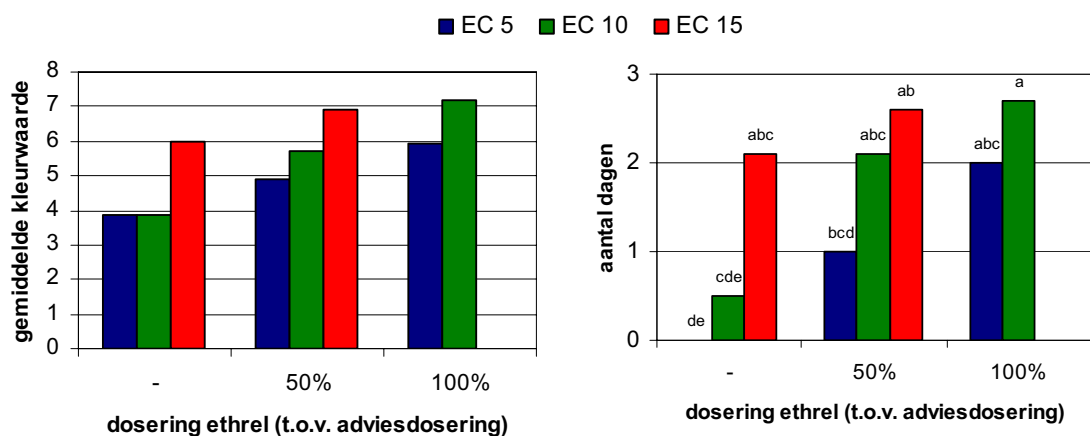
Bij de tweede tros had hoge EC een positief effect (Figuur 13), de vruchten uit de behandelingen met een druppel EC van 15 mS/cm kleurden betrouwbaar sneller door dan de vruchten uit de behandelingen met een druppel EC van 5 mS/cm. Ook de behandelingen met 50% en 100% Ethrel hadden een betrouwbaar positief effect op de rijpingsnelheid. Hogere temperatuur of extreem bladplukken had geen betrouwbaar effect.



Figuur 13. Verloop van de kleuring van de vruchten aan de tweede tros bij de verschillende behandelingen.

Het effect van de geteste combinaties van EC en Ethrel behandelingen is weergegeven in Figuur 14a en 14b. Omdat er geen betrouwbare verschillen waren tussen de afdelingen met verschillende temperatuur, zijn voor deze figuren de waarden uit beide temperatuurafdelingen gemiddeld. Gekozen is om alleen de resultaten te gebruiken van planten met normale bladpluk (10 bladeren per plant).

Bij een druppel EC van 15 waren de vruchten ruim 2 dagen eerder in kleurstadium zeven dan de vruchten uit de controlebehandelingen. Dit effect was vergelijkbaar met het effect van Ethrel, toegepast in de adviesdosering. Ook door een druppel EC van 10 te combineren met bespuiting met de halve dosering Ethrel kon het effect van de adviesdosering Ethrel worden geëvenaard.

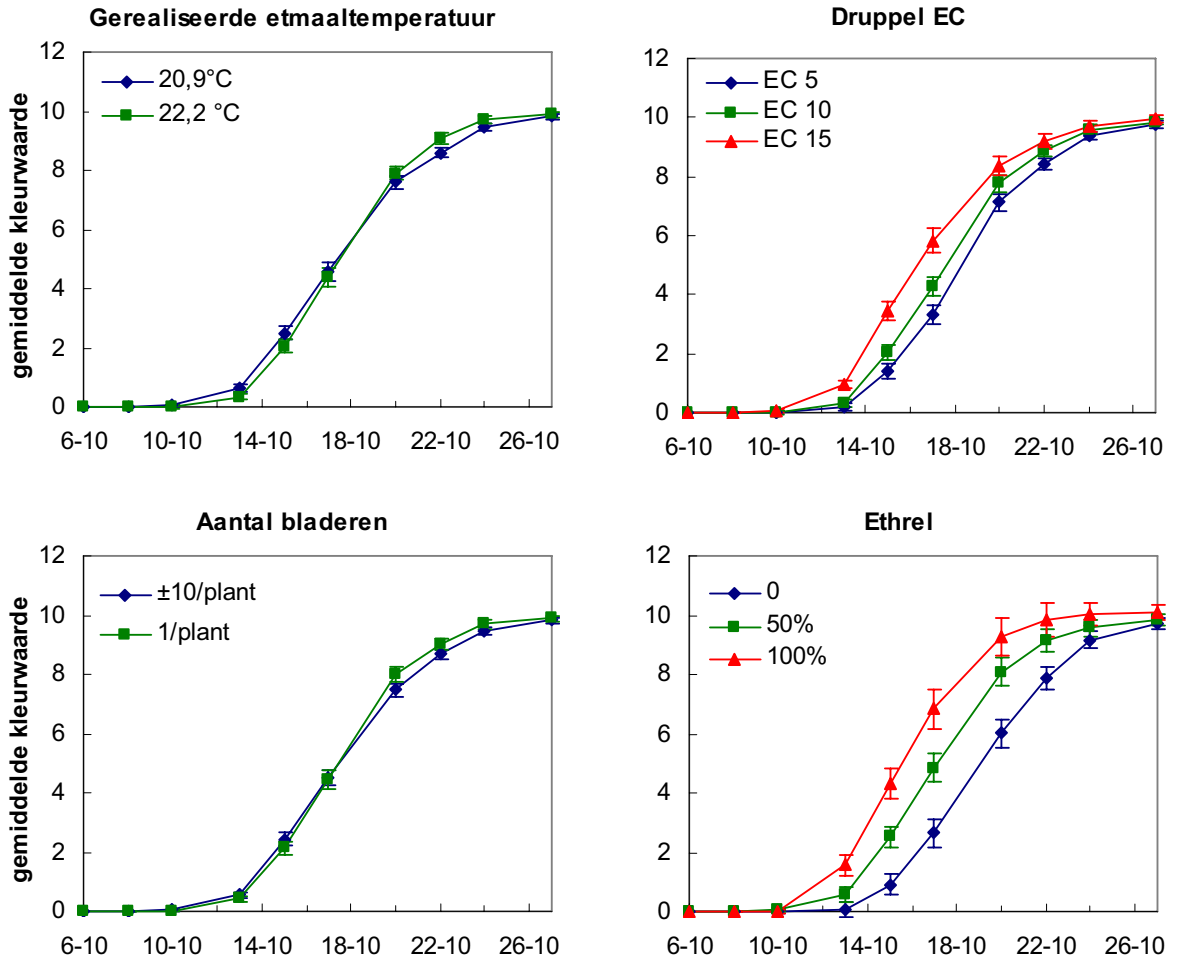


*Figuur 14a. Gemiddelde kleurwaarde van de vruchten aan de tweede tros op 13 oktober (11 dagen na aanvang van de EC-behandelingen en 5 dagen na toepassing van Ethrel).*

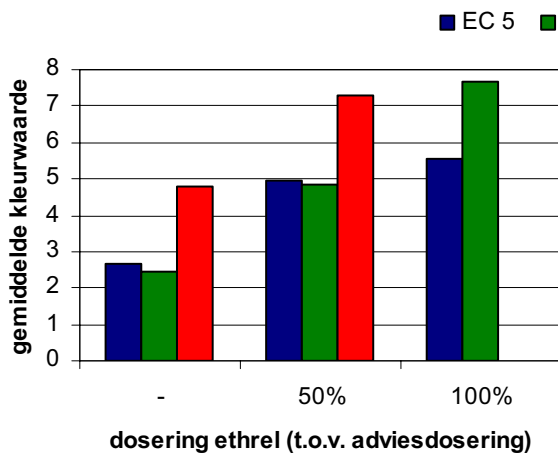
*Figuur 14b. Gemiddeld aantal dagen dat de vruchten eerder in kleurstadium zeven waren dan bij de controlebehandeling (druppel EC 5 en geen Ethrel). Verschillende letters boven de kolommen geven aan dat er een betrouwbaar verschil is.*

Ook bij de derde tros was de doorkleursnelheid betrouwbaar hoger bij hoge EC (EC 15 mS/cm) of behandeling met Ethrel (Figuur 15). Er was geen betrouwbaar effect van hogere temperatuur of bladplukken.

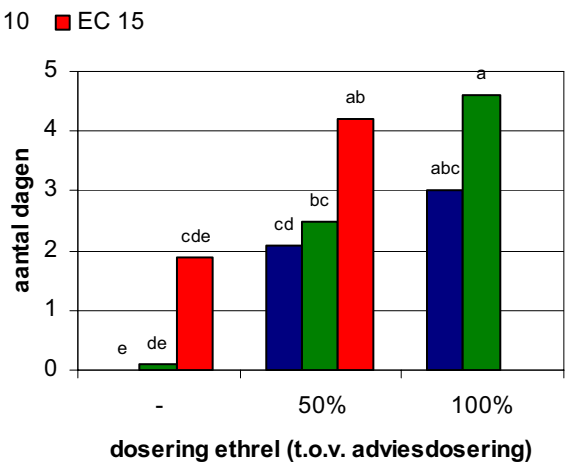
In Figuur 16a en 16b is het effect van combinaties van de EC en Ethrel behandelingen weergegeven voor de derde tros (de waarden uit de beide temperatuurafdelingen zijn gemiddeld, alleen resultaten van planten met normale bladpluk zijn gebruikt). Toepassing van de halve dosering Ethrel was bijna even effectief als toepassing van de adviesdosering. In tegenstelling tot bij de tweede tros was de snelheid van doorkleuring niet hoger wanneer de halve dosering Ethrel werd gecombineerd met een EC van 10 in plaats van een EC van 5.



Figuur 15. Verloop van de kleuring van de vruchten aan de derde tros bij de verschillende behandelingen.



Figuur 16a. Gemiddelde kleurwaarde van de vruchten aan de derde tros op 17 oktober (15 dagen na aanvang van de EC-behandelingen en 9 dagen na toepassing van Ethrel).



Figuur 16b. Gemiddeld aantal dagen dat de vruchten eerder in kleurstadium zeven waren dan bij de controlebehandelingen (druppel EC 5 en geen Ethrel). Verschillende letters boven de kolommen geven aan dat er een betrouwbaar verschil is.

*Houdbaarheid*

Met name bladplukken had een effect op de houdbaarheid; bij extreem bladplukken was de gemiddelde houdbaarheid anderhalve dag korter dan bij normaal bladplukken (Tabel 5). Een aantal van de beoordeelde trossen had gele kronen, met name bij de behandelingen met een druppel EC van 15.

*Tabel 5. Houdbaarheid van de vruchten.*

Behandeling		Houdbaarheid (dagen)
Etmaaltemperatuur*	19,1°C	11,7
	21,1°C	11,4
Druppel EC*	5	11,0
	10	11,7
	15	11,8
Doserings Ethrel (t.o.v. adviesdoserings)*	-	11,0
	50%	11,8
	100%	11,1
Blad (aantal bladeren/plant)	10	11,5
	1	10,1

\* Voor de berekening van de gemiddelde waarden zijn alleen behandelingen met normale bladpluk gebruikt ( $\pm 10$  bladeren/plant).

*Smaak*

Tabel 6 laat zien dat het handhaven van een extra hoge temperatuur een positief effect had op de smaak. Ditzelfde geldt voor de behandelingen met hoge EC of Ethrel. De tomaten uit de behandelingen met extreme bladpluk waren minder van smaak. Dit is vooral veroorzaakt door verschillen in refractie.

Tabel 6. Percentage sap, refractie (°Brix), en de door het smaakmodel berekende smaak.

Behandeling		% Sap	Refractie	Berekende Smaak
Etmaal-	19,1°C	25	4,6	36
temperatuur*	21,1°C	26	5,0	42
Druppel EC*	5	25	4,1	34
	10	25	4,7	37
	15	27	5,7	45
Dosering Ethrel (t.o.v. adviesdosering)*	-	24	4,2	34
	50%	25	4,6	37
	100%	27	4,5	38
Blad (aantal bladeren/plant)	10	25	4,8	39
	1	25	3,9	32

\* Voor de berekening van de gemiddelde waarden zijn alleen behandelingen met normale bladpluk gebruikt ( $\pm 10$  bladeren/plant).

#### 4.2.2 Naogst behandeling met ethyleen

Begassing met ethyleen na de oogst had een zeer klein effect op de doorkleuring, de tomaten waren maximaal 2 (Amoroso) tot 3 dagen (Levanzo) eerder in kleur stadium 7 (Tabel 7). Bij beide rassen werden de beste resultaten bereikt bij 48 uur begassen met 500 ppm ethyleen. Groen geoogste tomaten hadden een korter uitstalleven dan rood geoogste tomaten.

Bij Amoroso was de smaak minder goed dan bij groen geoogste vruchten, dit ging gepaard met een lagere refractie (Tabel 8). Bij Levanzo had groen oogsten geen duidelijk effect op de refractie. Opvallend was dat de berekende smaak van Levanzo erg hoog was bij groen geoogste tomaten die 24 uur waren blootgesteld aan 500 of 1000 ppm ethyleen. De berekende smaak was hoger dan bij rood geoogste vruchten omdat de vruchtwand van deze vruchten harder was.

Tabel 7. Effect naooogst behandelingen op snelheid van doorkleuring, totale houdbaarheid en uitstalleven\*.

Ethyleen-concentratie (ppm)	Duur behandeling (uur)	Amoroso					Levanzo				
		Kleurwaarde bij oogst	Snelheid van doorkleuring (dagen)	Totale houdbaarheid (dagen)	Uitstalleven (dagen)	Kleurwaarde bij oogst	Snelheid van doorkleuring (dagen)	Totale houdbaarheid (dagen)	Uitstalleven (dagen)		
-	-	8-9		13	13	7-8		19	19		
-	-	0	17	23	6	0	24	36	12		
500	24	0	17	24	7	0	22	34	12		
	48	0	15	23	8	0	21	34	13		
1000	24	0	17	24	7	0	23	34	11		
	48	0	16	23	7	0	22	34	12		

\* Snelheid van doorkleuring = het aantal dagen tot een gemiddelde kleurwaarde van 7 is bereikt

Totale houdbaarheid = de houdbaarheid berekend vanaf oogst

Uitstalleven = de houdbaarheid berekend vanaf oogst (rood geooogste tomaten) of de dag dat een gemiddelde kleurwaarde van 7 is bereikt (groen geooogste tomaten)

Tabel 8. Effect naooogst behandelingen op percentage sap, refractie (Brix) en de door het smaakmodel berekende smaak.

Ethyleen-concentratie (ppm)	Duur behandeling (uur)	Kleur bij oogst	Amoroso			Levanzo		
			% Sap	Refractie	Berekende Smaak	% Sap	Refractie	Berekende Smaak
-	-	rood	45	6.0	54	29	3.6	40
-	-	zeer groen	31	5.6	49	18	3.4	42
500	24	zeer groen	28	5.5	46	25	3.3	47
	48	zeer groen	27	5.5	44	18	3.5	39
1000	24	zeer groen	29	5.6	48	22	3.4	52
	48	zeer groen	28	5.5	46	20	3.6	42

## 5 Conclusie en discussie

### 5.1 Kasproef

#### 5.1.1 Positieve resultaten met hoge EC en halve dosering Ethrel

Uit de tweede test blijkt dat druppelen met een EC van 10 mS/cm of hoger de doorkleuring van de vruchten aan het einde van de teelt stimuleert. Voorwaarde is wel dat tijdig (zo'n drie weken voor het einde van de teelt) wordt gestart met het verhogen van de EC. Druppelen met een EC van 10 was niet zo effectief als behandeling met Ethrel.

Druppelen met een EC van 15 versnelde de doorkleuring sterker dan druppelen met een EC van 10.

Door het druppelen met een hoge EC van 15 (en mogelijk ook met een EC van 10) kan het vruchtgewicht van de laatste trossen wel lager zijn. Verhoging van de EC van 2 mS/cm naar 17 mS/cm tijdens de hele uitgroei duur geeft een verlaging van de groeisnelheid met 40% (Ehret, 1986). In dit geval zal het effect van hoge EC op het vruchtgewicht veel minder groot zijn omdat de hoge EC alleen tijdens de laatste periode van de uitgroei wordt gegeven. Wanneer geen of slechts een lage dosering Ethrel kan worden gebruikt, zal het voordeel van hoge EC (de trossen zijn op tijd rijp om geoogst te kunnen worden) groter zijn dan het nadeel van een eventueel lager vruchtgewicht.

In deze test was er geen groot effect van EC op de houdbaarheid. Wel waren de kronen geel van kleur bij een EC van 15. De smaak was beter bij behandelingen met hoge EC, vooral door een hogere refractie.

Bespuiting met de halve dosering Ethrel was erg effectief, zeker in combinatie met een hoge druppel EC van 10 mS/cm. Dit kan uitkomst bieden wanneer de kans groot is op een te hoog residugehalte in de tomaten bij de adviesdosering Ethrel.

Er was geen effect van Ethrel bespuiting op de houdbaarheid. Door behandeling met Ethrel was de smaak van de vruchten beter en was de refractie hoger.

Het effect van Ethrel was in deze test niet zo groot; bij bespuiting met de adviesdosering waren de vruchten twee tot drie dagen eerder in kleur stadium zeven dan bij de controlebehandelingen. Er is geen duidelijke verklaring voor gevonden waarom dit effect wat kleiner was dan verwacht.

#### 5.1.2 Geen snellere doorkleuring bij hogere temperatuur of extreem bladplukken

In de afdeling met hogere temperatuur was de doorkleursnelheid niet betrouwbaar hoger dan in de afdeling met de 'standaard' temperatuurinstelling. De ingestelde temperatuur was 2°C hoger in de afdeling met een hogere temperatuur. Uiteindelijk werd een gemiddeld temperatuurverschil van 1,3°C gerealiseerd. Een verhoging van de temperatuur tijdens de hele groeiduur met 1°C kan de uitgroei duur met 2,5 dag verkorten (Klapwijk, 1987). In deze test was de periode van hogere temperatuur kort (gemiddeld twee weken bij de derde tros). Wel heeft de temperatuur juist in de laatste weken van de uitgroei een groot effect op de rijpingssnelheid (Klapwijk, 1987; De Koning, 1994; Adams, 2001). Uitgaande van het in deze proef gerealiseerde temperatuurverschil, de korte periode van hogere temperatuur en het grote effect van temperatuur op de rijpingssnelheid in deze periode zou de derde tros in de afdeling met hogere temperatuur ongeveer anderhalve dag sneller rijp kunnen zijn. Dit kon in deze proef niet worden aangetoond. Om een indruk te krijgen van het effect van temperatuur zijn in deze proef twee afdelingen met elk een verschillende temperatuur vergeleken. Bij een bredere proefopzet met meer herhalingen per temperatuurbehandeling zou waarschijnlijk wel een temperatuureffect naar voren zijn gekomen. Ook in de praktijk is de ervaring dat een hogere temperatuur de rijping aan het einde van de teelt versnelt.

Extreem bladplukken versnelde de rijping niet. Ook in andere onderzoeken bleek bladplukken geen goed alternatief te zijn voor het gebruik van Ethrel (K.Groen, L. Wittemans, België, pers. meded.). Uit deze test blijkt bovendien dat extreem bladplukken een negatief effect heeft op de houdbaarheid en smaak.

## 5.2 Naoogst behandeling met ethyleen

Omdat uit de eerste screening bleek dat begassen met 100 of 200 ppm het kleuren van de vruchten niet voldoende stimuleerde, is gekozen om in de tweede test met hogere concentraties te begassen. Begassen met 500-1000 ethyleen versnelde de rijping van groen geoogste vruchten ook maar in geringe mate. Wellicht was het effect groter geweest als tussentijds CO<sub>2</sub> was verwijderd. Een hoog CO<sub>2</sub>-gehalte in de naoogstfase vertraagt namelijk de rijping (Batu, 1998). De universiteit van Florida adviseert daarom om de CO<sub>2</sub> concentratie laag te houden bij begassing van tomaten met ethyleen (Sargent, 2000).

In deze test zijn een aantal negatieve effecten van Ethrel begassing gevonden. Het uitstalleven van begaste vruchten was 30 to 50% korter dan dat van rood geoogste vruchten. Bovendien hadden de begaste cocktailtomaten een lagere refractie en een minder goede smaak. Dit komt overeen met de waarnemingen dat kleinere tomaten aan de plant moeten rijpen om een optimaal suikergehalte te bereiken (Janse, pers. meded.). Op basis van deze resultaten lijkt naoogst begassing met ethyleen geen goed alternatief voor het gebruik van Ethrel.

Opvallend was dat de *berekende* smaak van 24 uur begaste grove tomaten beter was dan die van rood geoogste tomaten, omdat de vruchtwand van de begaste vruchten harder was. Over het algemeen wordt de smaak van vruchten met een hardere vruchtwand beter gewaardeerd. In het WUR instrumentele smaakmodel tomaat is de berekende smaak daarom hoger naarmate de vruchtwand harder is. In het smaakmodel wordt geen rekening gehouden met een te harde vruchtwand (dit komt onder normale omstandigheden niet voor). Het is niet uitgesloten dat de vruchtwand van de begaste grove tomaten voor consumenten te hard is, en dat de smaak lager uitvalt wanneer deze door een consumentenpanel zou worden bepaald.



# Bijlage I.

## Literatuur

- Abdel Kader, A.S., L.L. Morris & E.C. Maxie, 1966.  
Effect of growth-regulating substances on the ripening and shelf-life of tomatoes. *Hort Science*. 1: 90-91.
- Adams, S.R., K.E. Cockshull & C.R.J. Cave, 2001.  
Effect of temperature on the growth and development of tomato fruits. *Annals of Botany*. 2001; 88: 869-877.
- Andreuccetti, C., M.D. Ferreira, C.L. Moretti & S.L. Honorio, 2007.  
Postharvest quality of tomato fruits cv. Andrea treated with ethylene. *Horticultura Brasileira*. 2007; 25: 122-126.
- Auno, L.H., 1966.  
Influence of defoliation on vegetative, floral and fruit development in tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Diss Abstr.* 26: 4927.
- Babbitt, J.K., M.J. Powers & M.E. Patterson, 1973.  
Effects of growth-regulators on cellulase, polygalacturonase, respiration, color, and texture of ripening tomatoes. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 1973; 98: 77-81.
- Baldwin, E.A. & R. Pressey, 1988.  
Treatment of tomatoes with an exo-enzyme increases ethylene and accelerates ripening. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*. 101: 215-217.
- Baltazar, A., J. Espina Lucero, I. Ramos Torres & G. Gonzalez Aguilar, 2007.  
Effect of methyl jasmonate on properties of intact tomato fruit monitored with destructive and nondestructive tests. *Journal of Food Engineering*. 2007; 80: 1086-1095.
- Batu, A. and A.K. Thompson. 1998. Effects of short term high carbon dioxide treatment on tomato ripening. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 1998; 22: 405-410.
- Beaulieu, J.C. & M.E. Saltveit, 1997.  
Inhibition or promotion of tomato fruit ripening by acetaldehyde and ethanol is concentration dependent and varies with initial fruit maturity. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 1997; 122: 392-398.
- Bhardwaj, M.L., 2006.  
Effect of chemical treatments on fruit ripening, colour development and quality attributes in tomato during winter. *Scientific Horticulture*. 10: 187-191.
- Boe, A.A. & D.K. Salunkhe, 1967.  
Ripening tomatoes: ethylene, oxygen, and light treatments. *Econ Bot.* 21: 312-319.
- Budynkina, N.P., R.I. Volkova, V.V. Klykova & L.P. Shabalina, 1986.  
Effectiveness of using growth regulators on tomatoes grown in greenhouses in the northern USSR. *Termoadaptatsiya i Produktivnost' Rastenii*: 127-135.
- Buescher, R.W., 1979.  
Influence of carbon dioxide on postharvest ripening and deterioration of tomatoes. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 1979; 104: 545-547.
- Buitelaar, K. & J. Janse, 1987.  
Temperatuur stooktoomaat (4). Interne en externe kwaliteit beter bij hogere gemiddelde temperatuur. *Groenten en Fruit*. 1987; 43: 48-49.
- Buitelaar, K. & J. Janse, 1987.  
Veel bladplukken funest voor kwaliteit tomaten. *Groenten en Fruit*. 1987; 43: 42-45.
- Busscher, R.d., X. Vandewalle, E. Schrevens & J.d. Baerdemaeker, 1994.  
Evolution of postharvest maturity of tomatoes grown on different substrates: non-destructive firmness and colour measurements.
- Chalmers, D.J. & K.S. Rowan, 1971.  
The climacteric in ripening tomato fruit. *Plant Physiology*. 1971; 48: 235-240.

- Czapski, J., A. Miszczak & M. Saniewski, 1996.  
The effect of methyl jasmonate on ethylene production, ACC oxidase activity and carbon dioxide evolution in the yellowish-tangerine tomato fruits. *Acta Agrobotanica*. 1996; 49: 67-72.
- Davies, K., D. Grierson, R. Edwards & G. Hobson, 1991.  
Salt-stress induces partial ripening of the nor tomato mutant but expression of only some ripening-related genes. *Journal of Plant Physiology*. 1991; 139: 140-145.
- Drozdov, S.N., L.P. Shabalina & V.V. Klykova, 1988.  
Studies on the effectiveness of using Parafen in the glasshouse cultivation of tomatoes. *Vliyanie Faktorov Sredy i Fiziologiya Aktivnykh Veshchestv na Produktivnost' i Ustoichivost' Rastenii*: 48-54.
- Dumas, Y., M. Dado, G.d. Lucca & P. Grolier, 2002.  
Review of the influence of major environmental and agronomic factors on the lycopene content of tomato fruit.
- Ehret, D.L. & L.C. Ho, 1986.  
The effects of salinity on dry matter partitioning and fruit growth in tomatoes grown in nutrient film culture. *Journal of Horticultural Science*. 1986; 61 (3): 361-367.
- Fujishige, N., T. Sugiyama & R. Ogata, 1991.  
Effect of root temperature on the flower formation and fruit yield of tomatoes. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*. 1991; 60: 97-103.
- Garcia, J.M., J.M. Ballesteros & M.A. Albi, 1995.  
Effect of foliar applications of CaCl on tomato stored at different temperatures. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1995; 43: 9-12.
- Gautier, H., A. Rocci, M. Buret, D. Grasselly, Y. Dumas & M. Causse, 2005.  
Effect of photoselective filters on the physical and chemical traits of vine-ripened tomato fruits. *Canadian Journal of Plant Science*. 2005; 85: 439-446.
- Gent, M.P.N. & Y.Z. Ma, 1998.  
Diurnal temperature variation of the root and shoot affects yield of greenhouse tomato. *HortScience*. 1998; 33: 47-51.
- Gianquinto, G. & F. Pimpini, 1988.  
The effects of hormonal treatments, daylength and defoliation on table tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.) grown under protected cultivation for early production. Part II. *Colture Protette*. 1988; 17: 67-75.
- Gorini, F.L. & M.A. Ferraro, 1966.  
Accelerated ripening of late-harvested tomatoes. *Frutticoltura*. 28: 561-565.
- Gross, K.C., 1985.  
Promotion of ethylene evolution and ripening of tomato fruit by galactose. *Plant Physiology*. 1985; 79: 306-307.
- Halloran, N., K. Demir & M.U. Kasm, 1995.  
Effects of foliar fertilizers on yield and storage life of tomato. *Bahce*. 1995; 24: 19-26.
- Hong, J., A.K. Cowan & S. Lee, 2004.  
Glucose inhibits ACC oxidase activity and ethylene biosynthesis in ripening tomato fruit. *Plant Growth Regulation*. 2004; 43: 81-87.
- Hong, J., S. Hong, S. Lee & J. Kim, 1995.  
Effect of nutrient calcium on the ripening of tomato fruit. *Journal of the Korean Society for Horticultural Science*. 1995; 36: 595-600.
- Hong, J. & S. Lee, 1999.  
Effect of calcium treatment on tomato fruit ripening. *Journal of the Korean Society for Horticultural Science*. 1999; 40: 638-642.
- Hong, J. & S. Lee, 1999.  
Effect of indole-3-acetic acid on calcium distribution in tomato fruit. *Journal of the Korean Society for Horticultural Science*. 1999; 40: 635-637.
- Hong, S. & S. Lee, 1996.  
Effects of cytokinin and gibberellin on ripening of tomato fruit. *Journal of the Korean Society for Horticultural Science*. 1996; 37: 374-379.

- Hong, S., S. Lee & S. Park, 1999.  
Effects of abscisic acid on ripening of tomato fruits. *Journal of the Korean Society for Horticultural Science*. 1999; 40: 521-524.
- Hurd, R.G. & C.J. Graves, 1985.  
Some effects of air and root temperatures on the yield and quality of glasshouse tomatoes. *Journal of Horticultural Science*. 1985; 60: 359-371.
- Inaba, M., Y. Hamazu & K. Chachin, 1996.  
Influence of temperature stress on color development, respiration rate, and physiological injury in harvested tomato. *Bulletin of the University of Osaka Prefecture Series B, Agriculture and Life Sciences*. 48: 1-11.
- Islam, M.S., T. Matsui & Y. Yoshida, 1996.  
Effect of elevated carbon dioxide during growth on tomato fruit colour and composition. *ASEAN Food Journal*. 1996; 11: 13-18.
- Jahn, O.L., 1975.  
Ripening response of green tomatoes to ethylene concentration and temperature. *Citrus and Vegetable Magazine*. 1975; 39: 18, 20, 24.
- Kader, A.A., L.L. Morris, M.A. Stevens & M. Albright Holton, 1978.  
Composition and flavor quality of fresh market tomatoes as influenced by some postharvest handling procedures. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 1978; 103: 6-13.
- Kassler, D., J. Lanckow & G. Baars, 1981.  
Yield increases of greenhouse tomatoes with the use of Ujotin. *Gartenbau*. 1981; 28: 324-326.
- Kim, J., K.C. Gross & T. Solomos, 1987.  
Characterization of the stimulation of ethylene production by galactose in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruit. *Plant Physiology*. 1987; 85: 804-807.
- Klapwijk, D., 1987.  
Temperatuur stooktoemaat (2). Bloeisnelheid, rijpingsduur en lengtegroei. *Groenten en Fruit*. 1987; 43: 42-43.
- Koning, A.N.M. de, 1994.  
Development and dry matter distribution in glasshouse tomato: a quantitative approach. Proefschrift, Universiteit Wageningen.
- Lee, G., J.M. Bunn, Y.J. Han & D.R. Decoteau, 1994.  
Initiating or delaying ripening of tomatoes with light. Paper American Society of Agricultural Engineers. 1994; 19 pp.
- Lin, W.C. & G.S. Block, 1998.  
The effects of culture practice and storage temperature on quality and flavor volatiles of greenhouse tomatoes.
- Liu, Y., N.E. Hoffman & S.F. Yang, 1985.  
Promotion by ethylene of the capability to convert 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid to ethylene in preclimacteric tomato and cantaloupe fruits. *Plant Physiology*. 1985; 77: 407-411.
- Lu, C., H. Xu & L. Zhou, 1995.  
Effect of PG activity, ACC and ethylene production in fruit ripening of tomato. *Acta Horticulturae Sinica*. 1995; 22: 57-60.
- Macua, J.I., I. Lahoz, A. Arzoz & J. Garnica, 2003.  
The influence of irrigation cut-off time on the yield and quality of processing tomatoes.
- Manzano, J.E. & C. Ruiz, 1998.  
Ethylene and acetylene applications to tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruits to induce ripening and their effect on fruit quality.
- Masarirambi, M.T., J.K. Brecht, S.A. Sargent & C.A. Sims, 1995.  
Tomato color development following exposure to ethylene at high temperatures.
- Medina, P.V.L., 1982.  
Stimulation of the ripening process in tomato fruits with the enzyme pectinmethylesterase (PME). *Revista Ceres*. 1982; 29: 126-132.
- Miller, E.V. & H.A. Schomer, 1947.  
The effect of ultraviolet light on subsequent ripening of the fruit of the tomato *Lycopersicon*. *Plant Physiol.* 22: 608-612.

- Mizrahi, Y., 1982.  
Effect of salinity on tomato fruit ripening. *Plant Physiology*. 1982; 69: 966-970.
- Mulholland, B.J., R.N. Edmondson, M. Fussell, J. Basham & L.C. Ho, 2003.  
Effects of high temperature on tomato summer fruit quality. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 2003; 78: 365-374.
- Neumann, G., 1972.  
Further results on accelerating the ripening of tomatoes. *Deutsche Gartner Post*. 1972; 3.
- Nikolov, M., S. Belcheva, I. Ivanova, D. Nenkova, K. Micheva, S. Kozhuharova & M. Yordanov, 1987.  
Method of increasing tomato yield and ripening.
- Ogura, N., R. Hayashi, T. Ogishima, Y. Abe, H. Nakagawa & H. Takehana, 1976.  
Studies on the storage temperature of tomato fruits. IV. Ethylene production by tomato fruits at various temperatures and the effects of ethylene treatment on the fruit. *Nippon Nogeikagaku Kaishi*. 1976; 50: 519-523.
- Ohta, K., N. Ito, T. Hosoki & K. Endo, 1992.  
Studies on whole truss-harvesting method of cherry tomato by ethrel and abscisic acid treatments. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*. 1992; 61: 49-53.
- Pais, I. & S. Hodossi, 1975.  
Foliar nutrition of tomatoes. *Kerteszeti Egyetem Közleményei*. 1975, publ. 1976; 39: 225-230.
- Paiva, E.A.S., R.A. Sampaio & H.E.P. Martinez, 1998.  
Composition and quality of tomato fruit cultivated in nutrient solutions containing different calcium concentrations. *Journal of Plant Nutrition*. 1998; 21: 2653-2661.
- Pandita, M.L., S.K. Arora & S. Kirti, 1979.  
Effects of plant regulators on the fruit set, early and total yield of tomato variety HS-101 (*Lycopersicon esculentum* Mill.) during summer season. *Haryana Journal of Horticultural Sciences*. 1979; 8: 112-116.
- Pharr, D.M., J.P. McCollum & A.A. Kattan, 1970.  
What controls ripening of tomato fruits? *Ill Res*. 1970; 12: 10-11.
- Pimpini, F., G. Gianquinto & T. Gasparoni, 1988.  
The effects of hormonal treatments, daylength and defoliation on table tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.) grown under protected cultivation for early production. Part 1. *Colture Protette*. 1988; 17: 59-69.
- Priem, B. & K.C. Gross, 1992.  
Mannosyl- and xylosyl-containing glycans promote tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruit ripening. *Plant Physiology*. 1992; 98: 399-401.
- Rabinowitch, H.D. & J. Rudich, 1972.  
Effects of ethephon and CPTA on color development of tomato fruits at high temperatures. *HortScience*. 1972; 7: 76-77.
- Renquist, A.R. & J.B. Reid, 2001.  
Processing tomato fruit quality: influence of soil water deficits at flowering and ripening. *Australian Journal of Agricultural Research*. 2001; 52: 793-799.
- Rong, R. & S. Feng, 2001.  
Effect of UV-C light irradiation on ripening and disease infection of postharvest tomato. *Journal of China Agricultural University*. 2001; 6: 68-73.
- Rushing, J.W. & D.J. Huber, 1985.  
Initiation of tomato fruit ripening with copper. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 1985; 110: 316-318.
- Sakamoto, Y., S. Watanabe, T. Nakashima & K. Okano, 1999.  
Effects of salinity at two ripening stages on the fruit quality of single-truss tomato grown in hydroponics. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 1999; 74: 690-693.
- Saniewski, M. & J. Czapski, 1985.  
Stimulatory effects of methyl jasmonate on the ethylene production in tomato fruits. *Experientia*. 1985; 41: 256-257.
- Sargent, S.A., 2000.  
Ripening tomatoes with ethylene. Document VC-29, University of Florida.

- Shewfelt, A.L., 1970.  
Effects of a light treatment on the ripening of detached tomato fruits. *Food Technol*, Champaign, Ill. 1970; 24: 101-105.
- Slootweg, C. & N. García, 2007.  
Bloeibehandeling Bromelia. Rapport Wageningen UR Glastuinbouw 3241712100.
- Sobolewska, J. & H. Plich, 1986.  
The effect of inorganic phosphate on the ethylene production in tomato and apple fruits. *Biologia Plantarum*. 1986; 28: 95-99.
- Stenvers, N. & O.L. Staden, 1976.  
Growth, ripening and storage of tomato fruits (*Lycopersicon esculentum* Mill.). III. Influence of vegetative plant parts and effects of fruit competition and seed number on growth and ripening of tomato fruits. *Gartenbauwissenschaft* . 1976; 41: 253-259.
- Stern, D.J., R.G. Buttery, R. Teranishi, L. Ling, K. Scott & M. Cantwell, 1994.  
Effect of storage and ripening on fresh tomato quality. Part I. *Food Chemistry*. 1994; 49: 225-231.
- Telef, N., L. Stammitti Bert, A. Mortain Bertrand, M. Maucourt, J.P. Carde, D. Rolin & P. Gallusci, 2006.  
Sucrose deficiency delays lycopene accumulation in tomato fruit pericarp discs. *Plant Molecular Biology*. 2006; 62: 453-469.
- Tompkins, D.R., G.W. Shaw & R.D. Horton, 1973.  
Evolution of ethylene and tomato fruit ripening as influenced by P-( beta -chloroethyl)-N-isopropyl phosphoramidic acid. *HortScience* . 1973; 8: 221-222.
- Vardhini, B.V. & S.S.R. Rao, 2002.  
Acceleration of ripening of tomato pericarp discs by brassinosteroids. *Phytochemistry* . 2002; 61: 843-847.
- Verma, A.N., K. Ram & R.K. Sharma, 1973.  
Growth yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) as affected by foliar applications of boron in sand culture. *Mysore Journal of Agricultural Sciences*. 1973; 7: 130-132.
- Yakir, D., A. Sadoski, H.D. Rabinowitch & J. Rudich, 1984.  
Effect of high temperature on quality of processing tomatoes of various genotypes ripened off the vine. *Scientia Horticulturae*. 1984; 23: 323-330.
- Yakir, D., A. Sadoski, H.D. Rabinowitch & J. Rudich, 1984.  
Effect of high temperature on quality of processing-tomatoes of various genotypes ripened on the vine. *Scientia Horticulturae*. 1984; 24: 33-43.
- Zhang, J., T. Li & J. Xu, 2005.  
Effect of daytime sub-high temperature on photosynthesis and dry matter accumulation of tomato in greenhouse. *Acta Horticulturae Sinica*. 2005; 32: 228-233.
- Zhu, B., S. Wei & Y. Luo, 2003.  
Relationship between calcium and ABA in ethylene synthesis in tomato fruit. *Journal of Agricultural Biotechnology*. 2003; 11: 359-364.

