



# Gebruik van onderstammen bij vruchtgroenten

Inventarisatie van de mogelijkheden voor energiebesparing

Anja Dieleman & Ep Heuvelink







# Gebruik van onderstammen bij vruchtgroenten

Inventarisatie van de mogelijkheden voor energiebesparing

Anja Dieleman<sup>1</sup> & Ep Heuvelink<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Plant Research International

<sup>2</sup> Wageningen Universiteit

© 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](mailto:info.plant@wur.nl)  
Internet : [www.plant.wur.nl](http://www.plant.wur.nl)

# Inhoudsopgave

	pagina
Voorwoord	1
Samenvatting	3
1. Inleiding	5
2. Onderstammen bij vruchtgroenten	7
2.1 Algemeen	7
2.2 Gebruik van onderstammen in Nederland	8
2.2.1 Tomaat	8
2.2.2 Paprika	9
2.2.3 Komkommer	9
2.2.4 Aubergine	9
3. Temperatuur en verdamping	11
3.1 Effect van temperatuur op gewasgroei en productie	11
3.2 Verdamping en productie	14
4. Effect van onderstammen op de groei van de ent	15
4.1 Tomaat	15
4.2 Paprika	20
4.3 Komkommer	21
4.4 Aubergine	27
5. Discussie en aanbevelingen	29
6. Literatuur	33
Bijlage I. Namen van ent- en onderstamssoorten	1 p.



# Voorwoord

In het kader van het convenant Glastuinbouw en Milieu (GLAMI) hebben de overheid (Ministeries van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en Economische Zaken) en de glastuinbouwsector (LTO Nederland) afspraken gemaakt over de maatschappelijke randvoorwaarden, met als horizon 2010. Als energiedoelen zijn afgesproken dat het energiegebruik per eenheid product met 65% gereduceerd moet worden ten opzichte van 1980 en dat het aandeel duurzame energie tot 4% toegenomen moet zijn.

Tegen deze achtergrond is in opdracht van het ministerie van LNV en het Productschap Tuinbouw (PT projectnummer 11680) door Plant Research International in samenwerking met de leerstoelgroep Tuinbouwproductieketens (Wageningen Universiteit) en PPO Glastuinbouw een literatuurstudie uitgevoerd naar de mogelijkheden die het gebruik van onderstammen bieden om het energiegebruik in de vruchtgroenteteelt te verminderen. Dit rapport is hiervan de weergave.

Aan dit rapport is meegewerkt door Ries de Visser (PRI), Leo Marcelis (PRI) en Leonie Hogendonk (PPO). Wij willen hen hartelijk danken voor hun inbreng in dit project.

Anja Dieleman en Ep Heuvelink





# Samenvatting

## Telen bij lagere temperaturen door onderstammen

**Het gebruik van onderstammen in de vruchtgroenteteelt is sterk in opkomst en heeft geleid tot een stijging van de productie. Het gebruik van speciaal geselecteerde onderstammen biedt de mogelijkheid om bij lagere temperaturen te telen zonder productie in te leveren. Daarmee kan energie worden bespaard.**

In de teelt van vruchtgroenten wordt de laatste jaren steeds meer gebruik gemaakt van onderstammen. Zo staat in Nederland ongeveer 75% van het areaal tomaat en het grootste deel van de aubergines op een onderstam. In de tomatenteelt was een belangrijke reden om te beginnen met enten de extra weerstand tegen ziektes zoals *Verticillium* en pepinomozaïekvirus. Door de sterkere groeikracht van de onderstam kan een productiestijging gerealiseerd worden, als vergt dat wel een goede (generatieve) sturing van het gewas.

In gewassen als tomaat, paprika en komkommer is de variatie binnen de cultuurrassen zo beperkt, dat het nodig is om 'wilde' verwanten te gebruiken om goede onderstammen te kunnen selecteren. Zo is de meest gebruikte onderstam bij tomaat en aubergine een kruising tussen de cultuurtomaat en een wilde tomaat. Voor de (biologische) komkommerteelt is de onderstam Harry beschikbaar, een selectie van een komkommerachtige uit Azië. Voor de teelt van paprika zijn tot nu toe nog geen onderstammen beschikbaar die een productiestijging op kunnen leveren. Eén van de problemen hierbij is dat paprika alleen vergroeit met nabije familieleden, hetgeen de mogelijkheden voor het vinden van een goede paprikaonderstam beperkt.

Enten wordt in de teelt van vruchtgroenten in Azië en rond de Middellandse Zee toegepast om planten weerbaarder te maken tegen ongunstige omstandigheden zoals hoge temperaturen, lage temperaturen, hoge zoutgehalten in het gietwater en watertekort. Groei en fotosynthese van geënte planten blijven onder deze omstandigheden beter op niveau dan die van niet geënte planten. De wortelstelsels van onderstammen zijn over het algemeen beter geschikt om onder dit soort omstandigheden te groeien dan de eigen wortels van de entrassen. Ook onder Nederlandse kascondities is dit een voordeel. Zo blijven bij geënte tomatenplanten bij hoge zomerse temperaturen in de kas vruchtzetting en vruchtkwaliteit op niveau, waar niet geënte planten nogal eens problemen met de zetting en kwaliteit kennen.

Uit onderzoek met tomaat bleek dat cultuurtomaten en wilde tomatensoorten die bij een lage temperatuur worden gezet veel langzamer gaan groeien. Als ze weer worden teruggezet naar de warme kas, bleek dat de cultuurtomaat zich nauwelijks herstelt, maar de wilde tomatensoorten wel. Van deze tolerantie voor lage temperaturen van de wilde tomatensoorten kan gebruik gemaakt worden om een onderstam te selecteren die bij iets lagere temperaturen te telen is met behoud van productie.

Komkommerplanten die waren geënt op pompoen, een familielid, bleken veel minder gevoelig te zijn voor verlaging van de worteltemperatuur dan niet geënte komkommerplanten. Bij worteltemperaturen lager dan 17 °C nam het gewicht van de wortels van komkommerplanten snel af, terwijl het wortelgewicht van de pompoenplanten juist sterk toenam. Bij lagere temperaturen is het wortelstelsel van de onderstam dus in staat nog voldoende water, nutriënten en groeihormonen aan de ent aan te leveren voor een goede groei. Dat bleek ook uit het feit dat bij lagere temperaturen de geënte planten zwaarder waren dan de niet geënte planten.

Het lijkt mogelijk om door het gebruik van onderstammen vruchtgroenten bij lagere temperaturen te telen zonder productie in te leveren. Daarvoor is het nodig onderstammen te selecteren die bij lagere temperaturen snel bladoppervlak aan kunnen maken om licht te onderschappen en die een goede vruchtzetting hebben. Om optimaal gebruik te kunnen maken van de onderstammen zal voor elk vruchtgroentegewas de teeltwijze aan de onderstam aangepast moeten worden. Het toepassen van meerdere teelten per jaar is een mogelijkheid, waarbij per teelt een onderstam met specifieke eigenschappen gebruikt wordt.



# 1. Inleiding

Bij de teelt van vruchtgroenten wordt veel energie (40-60 m<sup>3</sup> gas per m<sup>2</sup>) gebruikt. Om de energiedoelstellingen zoals in het GLAMI convenant zijn afgesproken te halen, moet een forse energiereductie gerealiseerd worden. In het project 'Energiebalans in kengetallen' zijn de effecten van een aantal energiebesparende maatregelen op productie, energieverbruik en rendement doorgerekend (Dueck *et al.*, 2004). Sommige maatregelen bleken een forse energiebesparing te kunnen realiseren (bijvoorbeeld 2 °C lagere teeltemperatuur, temperatuurintegratie), terwijl van andere maatregelen het effect gering was. Van een aantal maatregelen die een hoge energiebesparing konden realiseren, bleek het effect op de productie negatief. Wanneer planten zodanig aangepast of geselecteerd zouden kunnen worden dat het negatieve effect op productie niet meer aan de orde is bij het toepassen van energiebesparende maatregelen, zou het mogelijk zijn in de vruchtgroenteteelt energiebesparing te realiseren zonder productieverlies. Het gebruik van onderstammen zou hiertoe een mogelijkheid kunnen zijn.

Bij een aantal vruchtgroentegewassen wordt de laatste jaren steeds meer gebruik gemaakt van onderstammen omdat daardoor een productieverhoging mogelijk blijkt (Heijens, 2004). Verder worden in grondgebonden teelten (in Nederland bijna uitsluitend de biologische teelt) onderstammen gebruikt om grondgebonden ziekten tegen te gaan. Hieruit blijkt duidelijk het belang van een goed wortelstelsel voor groei en ziekteverendheid. Ook kan hieruit afgeleid worden dat er grote genotypische verschillen zijn in worteleigenschappen. De worteleigenschappen van de in de praktijk gebruikte vruchtgroentegewassen zijn blijkens de productieverhoging die te realiseren is door enten veelal niet optimaal. Het lijkt daarom mogelijk door middel van het enten van vruchtgroenten op onderstammen gewaseigenschappen te veranderen. Het blijkt reeds mogelijk te zijn onder dezelfde klimaatcondities in de kas met deze veranderde gewassen hogere producties te halen (Heijens, 2004). Mogelijk is het ook zo dat geënte gewassen in staat zijn bij een lager energieverbruik hun productie op niveau te houden.

In de literatuur is beschreven dat onderstammen sterk kunnen verschillen in hun groei bij lage temperaturen door verschillen in opname van water en nutriënten (Lee, 2003). Dit geeft aan dat het gebruik van onderstammen in de teelt van vruchtgroenten op twee manieren het energieverbruik zou kunnen verminderen. In de eerste plaats is het mogelijk dat er wortelstelsels zijn die bij een lagere temperatuur de ent zodanig kunnen sturen dat de gewasgroei en vruchtproductie op niveau blijft. Deze ent-onderstam combinaties zouden dan te telen zijn bij lagere gemiddelde temperaturen zonder negatieve effecten op de productie. In de tweede plaats is het mogelijk dat er wortelstelsels zijn die een verlaagde wateropname hebben en daarmee een lagere gewasverdamping tot gevolg hebben. Aangezien een substantieel gedeelte van de hoeveelheid energie die in kassen verstookt wordt, wordt gebruikt voor het wegluchten van vocht zou een verlaagde gewasverdamping een behoorlijke energiebesparing kunnen realiseren.

Deze literatuurstudie heeft als doel na te gaan of het mogelijk is door het gebruik van onderstammen in de teelt van vruchtgroenten het energieverbruik te verminderen, zonder verlies aan productie of productkwaliteit. Hiertoe wordt nagegaan op welke wijze onderstammen de bovengrondse gewasgroei beïnvloeden. De effecten van onderstammen op gewasgroei in relatie tot temperatuur, wateropname en verdamping worden beschreven. Op deze wijze komen we tot een inventarisatie van de mogelijkheden om energiebesparing te realiseren door het gebruik van onderstammen in de vruchtgroenteteelt en wordt een beeld verkregen welke criteria van belang zijn bij de selectie van energiezuinige onderstammen.



## 2. Onderstammen bij vruchtgroenten

Voor deze literatuurstudie is literatuur verzameld met behulp van de CAB database vanaf 1980 tot en met mei 2005 en het ARTIK bestand, waar vakbladartikelen in opgenomen zijn. Tenslotte is met AGRALIN gezocht naar boeken en andere publicaties op het gebied van onderstammen bij tomaat, paprika, aubergine en komkommer. Het bleek dat een groot gedeelte van de literatuur over onderstammen bij vruchtgroenten in het Japans, Koreaans of Chinees is verschenen met een summiere Engelse samenvatting. Deze informatie is dus maar beperkt toegankelijk. In Bijlage I is een lijst opgenomen van Latijnse, Nederlandse en Engelse soortnamen die in dit rapport gebruikt worden.

### 2.1 Algemeen

Enten houdt in dat een cultuurras (ent) op een onderstam geplaatst wordt, en wel zodanig dat de ent en onderstam vergroeien en als één plant verder groeien. Enten is een techniek die ontwikkeld is in de fruitteelt en daar al eeuwenlang wordt toegepast om plantmateriaal te vermeerderen (Tromp *et al.*, 1976). Ook in de teelt van andere houtige gewassen zoals rozen worden onderstammen gebruikt. In de rozenteelt hebben onderstammen als doel de gevoeligheid van de ent voor grondgebonden ziektes te verminderen en een zodanige groeikracht bij de ent te induceren dat de bloemproductie verhoogd wordt (De Vries, 1993). Hiervoor worden vaak wilde soorten gebruikt met een sterk wortelstelsel. In Nederland werden in de periode 1960-1980 onderstammen gebruikt in de teelt van vruchtgroenten in de grond. Met de overgang op substraatteelt verdwenen de onderstammen bijna volledig uit de vruchtgroente-teelt. Pas de laatste jaren worden vruchtgroenten die niet in de grond geteeld worden, weer geënt, met als doel de productie te verhogen. In Azië wordt al sinds 1920 watermeloen (*Citrullus lanatus*) geënt op fleskalebas (*Lagenaria siceraria*) om opbrengstvermindering als gevolg van grondgebonden ziektes te overwinnen. In de 50er, 60er en 70er jaren volgden daar respectievelijk aubergine, komkommer en tomaat (Lee & Oda, 2003). In Korea en Japan worden nu de meeste watermeloenen, meloenen, komkommers en tomaten geënt voordat ze in het veld of in de kas worden geplant. Enten heeft met name in deze landen zo'n vlucht genomen omdat daar bijna uitsluitend in de grond geteeld wordt en er nauwelijks gewasrotatie plaatsvindt (Lee, 1994).

Er worden vele verschillende enttechnieken gebruikt om de ent en de onderstam te laten vergroeien. Welke techniek wordt gebruikt is afhankelijk van de te enten gewassen. In alle gevallen echter, is het van belang dat de cambia van de ent en de onderstam tegen elkaar worden gelegd, zodat ze kunnen vergroeien (Halfacre & Barden, 1979). Het laten samengroeien van de ent en onderstam lukt niet altijd. In dat geval is sprake van incompatibiliteit. Dit kan zich uiten in een verminderde groei of groeiafwijkingen, en in het ergste geval tot het afsterven van de ent. Een belangrijke factor die bepaalt of de ent en onderstam compatibel zijn is in hoeverre ent en onderstam tot de zelfde (taxonomische) familie behoren. Zo is paprika (*Capsicum annuum*) alleen verenigbaar met andere *Capsicum* soorten, terwijl tomaat (*Lycopersicon esculentum*) ook geënt kan worden op andere leden van de *Solanaceae* familie, zoals bijvoorbeeld aubergine (*Solanum melongena*).

Het belangrijkste doel van het gebruik van een onderstam is een hogere productie te realiseren (Oda, 2002). In de grondteelten werden onderstammen van oudsher gebruikt om de gevolgen van grondgebonden ziektes op de productie te onderdrukken (Lee & Oda, 2003). Verder hebben planten op een onderstam een hogere weerstand tegen schimmelziektes en virusaantastingen omdat geënte planten groeikrachtiger zijn dan niet-geënte planten (Heijens, 2004). Mede omdat de groeikrachtige geënte tomatenplanten beter bestand leken te zijn tegen *Verticillium* en pepinomozaïekvirus is in de laatste jaren in Nederland het gebruik van onderstammen in de tomatenteelt sterk toegenomen. Geënte tomatenplanten bleken een grotere tolerantie te hebben tegen hoge temperaturen (Rivero *et al.*, 2003), droogte (Bhatt *et al.*, 2002) en een hoog zoutgehalte van de bodem of het substraat (Fernández-García *et al.*, 2002). Met name in de landen rond de Middellandse Zee zijn dit gewenste eigenschappen. Matsubara (1989) vond bij geënte komkommers verder een hogere productie bij lage bodemtemperaturen dan bij niet-geënte planten. De geënte planten komen tot deze toleranties, omdat de wortelstelsels van sterke onderstammen beter in staat zijn onder ongunstige omstandigheden water en nutriënten op te nemen. Een gevolg van zowel de grotere groeikracht als de betere water- en nutriëntenopname is dat met een geënt gewas over het algemeen langer

doorgeteeld kan worden dan met een niet geënt gewas (Lee, 1994). Ook de problemen met zetting die bij hoge temperaturen in de zomer in Nederlandse kassen kunnen voorkomen bij bijvoorbeeld tomaat zijn minder wanneer de planten geënt zijn dan wanneer niet geënte planten worden gebruikt (Kell & Jaksch, 1998).

Veel van de onderstammen die gebruikt worden hebben groeikrachtige wortelstelsels, waardoor geënte planten over het algemeen meer water en nutriënten opnemen dan niet geënte planten. Een van de redenen dat geënte planten goed presteren bij lagere temperaturen, is het feit dat onderstammen bij lagere temperaturen beter in staat zijn ionen op te nemen dan 'eigen' wortels (Tachibana, 1982; Ahn *et al.*, 1999). Deze verhoogde opname wordt veroorzaakt door een verhoogde activiteit van de enzymen die verantwoordelijk zijn voor de ionenabsorptie (Ahn *et al.*, 1999). Naast water en nutriënten geven wortels ook plantenhormonen af aan de bovengrondse delen. In de worteltopjes worden cytokininen, een groep plantenhormonen, geproduceerd die via de opwaartse xyleemstroom naar boven worden getransporteerd. Daar stimuleren ze de groei en productie van de ent (Kato en Lou, 1989; Dieleman *et al.*, 1998). Planten met een groeikrachtig wortelstelsel produceren meer cytokininen en de opbrengstverhoging veroorzaakt door de groeikrachtige onderstam heeft een sterke relatie met de hoeveelheid cytokininen in het xyleemsap (Kato en Lou, 1989; Dieleman *et al.*, 1998).

Tussen de ent en de onderstam kan een interactie bestaan. Het effect dat de onderstam heeft op de ent kan afhangen van het entras (Lee, 1994). Zo heeft in Azië de meest gebruikte onderstam voor komkommer voor het warme seizoen (Sintozwa) geen invloed op de vruchtproductie van komkommerrassen die geselecteerd zijn voor het zomerseizoen en dus grote wortelstelsels hebben. De opbrengsten van andere komkommerrassen werden echter wel aantoonbaar verhoogd door dezelfde onderstam in de zomer (Lee, 1994). De invloed van een tomatenonderstam op de tolerantie voor hoge zoutgehaltenes verschilt tussen de verschillende enten (Santa Cruz *et al.*, 2002). Deze interacties maken het moeilijk op basis van gegevens die er zijn over een onderstam, de effecten van zo'n onderstam in andere ent-onderstam combinaties te voorspellen.

## 2.2 Gebruik van onderstammen in Nederland

### 2.2.1 Tomaat

In de Nederlandse tomatenteelt heeft het gebruik van onderstammen de laatste jaren een grote vlucht genomen. Naar schatting 75% van het areaal tomaat staat op een onderstam. De meest gebruikte onderstam op dit moment is Maxifort (De Ruiter), maar ook Eldorado (Enza), Beaufort (De Ruiter) en Big Power (Rijk Zwaan) worden gebruikt (Heijens, 2004). De voornaamste reden om in de tomatenteelt te beginnen met enten was de extra weerstand tegen ziektes zoals *Verticillium* en pepinomozaïekvirus (Jakupaj-de Snoo, 2003; Verbruggen 2004). Dat door de sterkere groeikracht een productiestijging gerealiseerd kan worden is een bijkomend, maar wel belangrijk, voordeel. Vooral in de zomer en nazomer, onder moeilijke omstandigheden in de kas, blijven bij geënte planten vruchtzetting en vruchtkwaliteit op niveau, waar niet geënte planten nogal eens problemen met de zetting en vruchtkwaliteit kennen (Kell & Jaksch, 1998). Volgens Jakupaj-de Snoo (2003) kan hierdoor 4-6 kg meer tomaten geplukt worden per seizoen. Om deze extra kilo's te kunnen plukken is het wel nodig om de teelt goed te sturen, met name in het begin van de teelt moet de plant generatiever gestuurd worden dan wanneer de planten niet geënt zijn (Visser, 2003). De etmaaltemperaturen, CO<sub>2</sub> concentratie, stengeldichtheid en EC moeten aan het geënte gewas aangepast worden (Verbruggen, 2004). Ook in de opkweek moeten er aanpassingen plaatsvinden vergeleken met niet geënte gezaaide planten. De onderstammen worden 7 tot 10 dagen eerder gezaaid dan het entras. De ent wordt ongeveer 5 dagen eerder gezaaid dan de niet geënte planten om op de plantdatum planten van de gewenste grootte te verkrijgen. Het enten veroorzaakt namelijk een vertraging in de groei van de jonge planten van enkele dagen (Heuvelink, 2005). Omdat geënte planten veel duurder zijn dan niet geënte planten, zijn tuinders begonnen meer stengels per plant aan te houden om de plantkosten terug te brengen (Boonekamp, 2003).

### 2.2.2 Paprika

In tegenstelling tot tomaat, wordt bij paprika nog maar op beperkte schaal geënt. Naar aanleiding van de positieve resultaten van bijvoorbeeld tomaat wordt wel geëxperimenteerd. Eén van de onderstammen die voor paprika gebruikt wordt is Snooker (Disco, 2003). In veel gevallen echter levert het enten bij paprika nog geen voordeel op (Jakupaj-de Snoo, 2004). Soms is de opbrengst bij de geënte planten zelfs lager dan van de niet geënte planten. Ook de kwaliteit van de vruchten verbetert in het algemeen niet door het enten (Disco, 2005). Evenals voor tomaat geldt dat om winst te halen uit het gebruik van onderstammen de teeltomstandigheden aan het nieuwe type plant aangepast zouden moeten worden. Daarin heeft men in de tomatenteelt al veel meer ervaring opgedaan dan in de paprikateelt.

### 2.2.3 Komkommer

Toen komkommers nog voornamelijk in de grond werden geteeld, stond het gewas in Nederland voor het overgrote gedeelte op een onderstam. De meest gebruikt onderstam in de komkommerteelt is Harry, een selectie van de soort *Sicyos angulatus*, een komkommerachtige uit Azië. Deze onderstam werd geselecteerd tijdens de energiecrises (rond 1980) vanwege de in dit materiaal aanwezige temperatuurtolerantie (Den Nijs, 1984; Hogendonk *et al.*, 2004a). Op het moment dat in de komkommerteelt werd overgestapt op substraat verdween de noodzaak om op onderstam te telen, zodat tegenwoordig komkommers voornamelijk op eigen wortel geteeld worden. In de biologische teelt worden echter nog wel onderstammen gebruikt. Biologische komkommertelers hebben wel de behoefte aan een onderstam die de groeikracht van de ent kan versterken om de uitval tijdens de teelt door aaltjes en schimmels te beperken.

### 2.2.4 Aubergine

In Nederland staan bijna alle aubergineplanten op een onderstam (Disco, 2001). Het wortelstelsel van aubergine staat bekend als gevoelig en zwak. Door het enten van aubergine op een tomatenonderstam (Beaufort) blijkt een productieverhoging tot 20% goed mogelijk te zijn (Van Gastel, 1996). Een groot probleem hierbij is de vruchtkwaliteit. Geënte planten geven meer doffe vruchten en vruchten met drukplekken dan niet geënte planten (Van Gastel, 1996; Boonekamp, 1997, 1998; Jasperse, 1998; Rijpsma *et al.*, 1999). Dit levert ernstige problemen op met de houdbaarheid. De problemen met vruchtkwaliteit kunnen tegengegaan worden door een lichtafhankelijke temperatuurinstelling en een verhoogde EC van het gietwater (Boonekamp, 1998). Een verhoogde EC kost echter wel een deel van de productiestijging die wordt verkregen door het gebruik van onderstammen. Net als bijvoorbeeld bij tomaat wordt ook bij aubergine aangegeven dat bij de teelt op onderstammen meer gestuurd moet worden richting generatieve groei (Jasperse, 1998). Dit kan door de EC in de mat te verhogen, een hoger drainpercentage en lagere etmaaltemperaturen aan te houden bij zonnig weer, blad te plukken en een hoger CO<sub>2</sub> gehalte aan te houden.



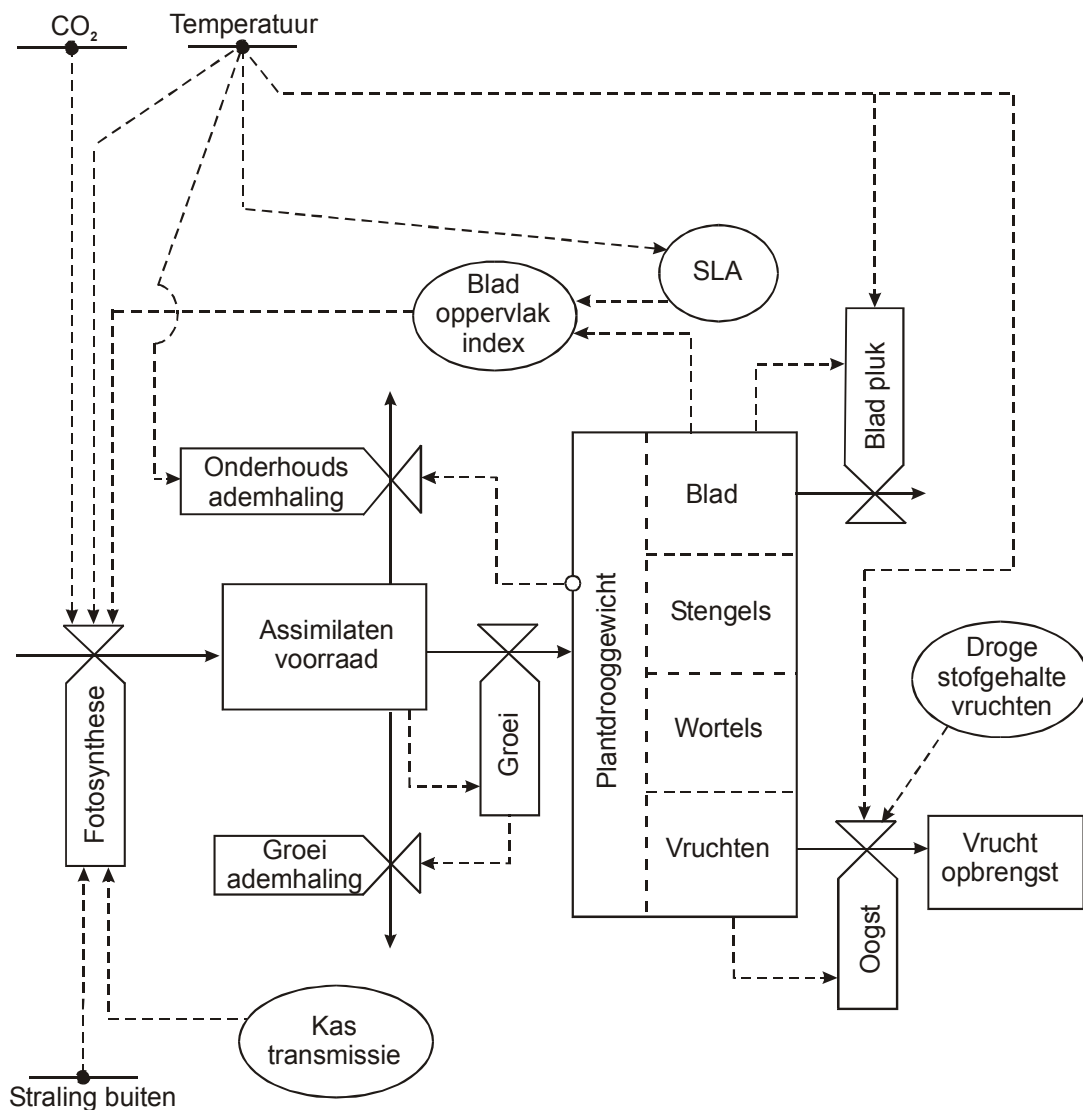


## 3. Temperatuur en verdamping

### 3.1 Effect van temperatuur op gewasgroei en productie

Om na te gaan of door het gebruik van onderstammen energiebesparing te realiseren is door bij lagere temperaturen te telen zonder productieverlies is het van belang te weten via welke processen een verlaging van de kas-temperatuur de gewasgroei en productie beïnvloedt. Deze processen staan in deze paragraaf beschreven.

Om gewasgroei en opbrengst te analyseren is onderstaande figuur behulpzaam:



*Figuur 3.1. Vereenvoudigd relatiediagram dat de groei van een vruchtgroentegewas in de kas weergeeft. Rechthoeken zijn toestandsgrootheden, cirkels en ellipsen zijn parameters en kranen geven snelheden weer. Doorgetrokken lijnen geven stroom van koolstof weer, onderbroken lijnen geven informatiestroom weer. SLA = specifiek bladoppervlak.*

### **Opbouw bladoppervlak en plantlengte**

Een verlaging van de temperatuur geeft vertraging in de gewasontwikkeling. Het gaat hierbij om de afsplitsing van nieuwe bladeren, die vaak in een ruim temperatuurstraject (bijvoorbeeld 17-27 °C) vrijwel lineair toeneemt met de temperatuur. Voor tomaat is gevonden dat, alhoewel de bladafplitsingssnelheid verschillend is voor verschillende rassen, de reactie op temperatuur voor alle rassen hetzelfde is (De Koning, 1994). Echter, doordat er rasverschillen in bladafplitsingssnelheid bij eenzelfde temperatuur bestaan, kan misschien door gebruik van een onderstam de vertraagde ontwikkeling bij lage temperatuur worden tegengegaan. Er kan dan gedacht worden aan het gebruiken van een genotype met hoge bladafplitsingssnelheid als onderstam, om daarmee verlaagde bladafplitsing bij lagere temperatuur voor een normaal ras tegen te gaan. Het is vooralsnog echter niet zeker of door enten op een onderstam de bladafplitsingssnelheid ook daadwerkelijk beïnvloed kan worden.

Een lagere temperatuur leidt vaak tot minder bladstrekking en dikkere bladeren (Heuvelink, 1989; Venema *et al.*, 1999). Dit is met name voor een jong gewas ongunstig. Als we aannemen dat er per dag een bepaalde hoeveelheid assimilaten voor bladgroei beschikbaar is, dan is het gunstiger om dat te besteden aan meer bladoppervlakte dan (deels) aan dikkere bladeren. Maakt de plant dikkere bladeren, dan komt de opbouw van 'volledige' lichtonderschepping langzamer op gang. Het groeiverlies ten gevolge van alle licht dat in deze fase op de grond valt in plaats van op het gewas is niet meer in te halen.

Wanneer rassen vergeleken worden voor wat betreft de groei van jonge planten wordt altijd dezelfde reactie op temperatuur gevonden (bijv. Smeets en Garretsen, 1986), dat wil zeggen minder groei, deels als gevolg van dikkere bladeren die ontstaan bij lagere temperatuur. Wel bestaan er verschillen in bladdikte tussen rassen, geteeld onder dezelfde klimaatscondities. Derhalve lijkt het goed mogelijk dat bladdikte ook met onderstamkeuze beïnvloed kan worden. Een genotype dat van nature dunne bladeren vormt, kan er wellicht als onderstam voor zorgen dat in de ent (ras) minder toename van bladdikte plaatsvindt als gevolg van lagere temperatuur. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat er een sterke positieve correlatie bestaat tussen bladdikte en netto fotosynthesesnelheid van jonge planten: planten met geringere bladdikte hebben een lagere bladfotosynthesesnelheid (Smeets en Garretsen, 1986; Nieuwhof *et al.*, 1991). Een ras met dunnere bladeren heeft veelal een lagere netto fotosynthesesnelheid per eenheid van bladoppervlak. Dit nivellerende effect zou dus op kunnen treden bij gebruik van een onderstam om tot geringere bladdikte te komen. Toch blijkt dat onder condities die leiden tot dunnere bladeren dit positieve effect groter is dan het nadeel van de daarmee samengaan lagere fotosynthesesnelheid per eenheid van bladoppervlak.

Door de vertraagde gewasontwikkeling bij lagere temperatuur zullen de planten ook korter zijn. Dit komt door het geringere aantal bladeren en dus internodiën (stengeldeel tussen twee bladeren). De internodiënlengte wordt niet anders bij een lagere gemiddelde etmaaltemperatuur omdat deze vooral door het verschil tussen dag- en nachttemperatuur (DIF) bepaald wordt. Een hogere DIF geeft langere internodiën (Heuvelink, 1989). Zoals hierboven al gemeld bij de bladafplitsingssnelheid, is het wellicht mogelijk om de bladafplitsingssnelheid, en daarmee de plantlengte, bij een verlaagde temperatuur op peil te houden door gebruik van een onderstam.

### **Fotosynthese en ademhaling**

Over het algemeen is de bladfotosynthesesnelheid weinig gevoelig voor temperatuur in een vrij breed traject (bijvoorbeeld 17-24 °C). Komen we hierbuiten dan zal verlaging van de fotosynthese optreden. Ademhaling hangt voor een deel, namelijk de onderhoudsademhaling, sterk af van de temperatuur. Hierbij is het echter zo dat een suboptimale temperatuur tot minder onderhoudsademhaling leidt, in principe een positief effect. Echter, bij lagere teelttemperaturen ontstaat in het algemeen een zwaarder gewas (dikkere stengels, dikker blad, grotere vruchten) en dat zal dan per m<sup>2</sup> tot een verhoging van de onderhoudsademhaling leiden. Dit omdat deze onderhoudsademhaling proportioneel is met de totale biomassa die per m<sup>2</sup> aanwezig is. Combinatie van beide effecten, minder ademhaling per eenheid van biomassa, maar een zwaarder gewas, leidt tot vrijwel geen invloed van temperatuur op de langere termijn op de ademhaling.

### Assimilatenverdeling en vruchtgroei

Bij de vruchtgroenten zijn de vruchten de belangrijkste sinks aan de plant en zij zijn vooral bepalend voor de assimilatenverdeling. Vruchtzetting in tomaat is optimaal bij temperaturen tussen 18 en 20 °C (De Koning, 1994). Een verminderde vruchtzetting bij suboptimale temperatuur wordt veroorzaakt door de vorming van pollenkorrels van een verminderde kwaliteit (review door Picken, 1984). Ook hier geldt weer dat er rasverschillen zijn.

Een lagere temperatuur geeft vertraging in de bladafplitsing en daarmee ook in de snelheid waarmee nieuwe bloemen/trossen gevormd worden. Bij paprika, komkommer en aubergine worden echter heel veel meer bloemen gevormd dan er vruchten ontstaan dus deze vertraagde bloemvorming zal geen inperking van de totale productie betekenen. Voor tomaat zou dat wel het geval kunnen zijn, en zoals hierboven al aangegeven zou gebruik van een onderstam hier wellicht perspectief bieden. Voor alle vier de vruchtgroenten betekent een lagere temperatuur bij jonge planten een vertraging in de bloem- en trossaanleg. Dat kan betekenen dat de vroege productie geringer is, zoals bij tomaat. Bij paprika leidt een lagere temperatuur (bijv. 18°C in plaats van 20°C) echter tot een betere vruchtzetting zodat er juist eerder vruchten aan de plant zitten dan bij een hogere temperatuur.

De uitgroeiduur (van bloei tot oogstrijp) van een vrucht neemt toe bij lagere temperatuur, omdat de ontwikkelingsnelheid van de vrucht negatief beïnvloed wordt, net als de gewasontwikkelingssnelheid die hiervoor genoemd is. Zo heeft een tomatenvrucht bij 20 °C ongeveer een uitgroeiduur van 8 weken, terwijl dit bij 17 °C 10 weken bedraagt (De Koning, 1994). Door de langere uitgroeiduur bij lagere temperatuur neemt het gemiddeld vruchtgewicht toe, er vanuit gaande dat het aantal vruchten dat zet niet verandert. Zou dit ongewenst zijn dan kan dit in het algemeen makkelijk worden tegengegaan door iets dichter te planten (of een iets hogere stengeldichtheid aan te houden).

### Drogestofgehalte in de vruchten

Het drogestofgehalte van tomatenvruchten neemt af met lagere temperatuur. Dat betekent dat met eenzelfde hoeveelheid assimilaten meer vruchtversgewicht wordt gemaakt. Een lagere temperatuur zal daardoor de productie dus positief beïnvloeden. Volgens De Koning (1994) neemt het drogestofgehalte van tomatenvruchten met 0.07 (g g<sup>-1</sup> \* 100%) af voor iedere graad beneden 23°C (range 17-23°C). Bij een vruchtdrogestofgehalte van 5.5% zou een temperatuurverlaging van 3 graden bij gelijkblijvende groei een productieverhoging in versgewicht van 4% betekenen. In z'n algemeenheid is een lager drogestofgehalte echter ongunstig voor de smaak.

Marcelis (1993) vond voor komkommer juist een sterke toename van het drogestofgehalte in de vruchten bij lagere temperatuur. Bij 25°C was dit drogestofgehalte 2.8%, terwijl het bij 18°C 3.2% bedroeg. Bij gelijkblijvende groei zal een temperatuurverlaging bij komkommer dus tot een verlaging van de versgewichtproductie leiden. Rassen kunnen verschillen in vruchtdrogestofgehalte bij gelijke condities. Derhalve is het wellicht mogelijk om door gebruik van een genotype met lage vruchtdrogestofgehaltes als onderstam, de verhoging van het drogestofgehalte van het daarop geënte ras die het gevolg is van een lagere teelttemperatuur, geheel of gedeeltelijk tegen te gaan.

### Vruchtopbrengst

Alhoewel de opbrengst van vruchtgroentegewassen primair bepaald wordt door de cumulatieve lichtonderschepping en door de assimilatenverdeling (harvest-index), heeft temperatuur wel degelijk invloed op de opbrengst. Zoals hiervoor al opgemerkt, geeft een lagere temperatuur vertraging in de gewasontwikkeling en een vertraagde opbouw van lichtonderschepping door de bladeren. Door de vertraagde gewasontwikkeling wordt de verdeling van assimilaten naar de vruchten vertraagd met als gevolg een geringere vroege productie. Door de vertraagde opbouw van lichtonderschepping wordt de totale biomassaproductie en daarmee ook de vruchtproductie negatief beïnvloed. Door de langere vruchtuigroeiduur bij lagere temperaturen (zie hiervoor) worden de vruchten zwaarder zodat de totale productie bij lage temperatuur, ondanks een geringer aantal vruchten, toch gelijk, of zelfs hoger kan zijn dan bij de hogere temperatuur (Khayat *et al.*, 1985).

## 3.2 Verdamping en productie

Vocht wordt in de kaslucht gebracht doordat het gewas vocht verdampt. Verdamping is van belang voor de opname en het transport van nutriënten in de plant. Daarnaast geeft verdamping de plant de kans zich te koelen. Gemiddeld gebruikt een tomatenplant ongeveer 10% van het opgenomen water voor gewichtstoename van bladeren, stengels en vruchten. Ongeveer 90% van het opgenomen water wordt verdampt. De vraag is echter of zoveel verdamping echt nodig is. Een proef met tomaten leerde dat de tomatenproductie bij een hoge plantdichtheid maar 10% hoger was, terwijl de verdamping met 16% was toegenomen (Heuvelink & Stanghellini, 2005; Middendorp, 2005). Er is dus geen één op één relatie tussen verdamping en productie. Meerdere praktijkproeven hebben in de jaren '90 aangetoond dat de verdamping in de teelt van verschillende vruchtgroenten met 10-30% verlaagd kon worden, zonder opbrengst in te leveren (zie Esméijer, 1998). Bewust verhogen van de luchtvochtigheid kan zelfs gunstig uitpakken, om pieken in gewasverdamping af te vlakken, die tot stress kunnen leiden wanneer de wateropname door de plant het niet meer bij kan benen. Ook kan hoge luchtvochtigheid de bladstrekking en daarmee lichtonder-schepping door jonge planten positief beïnvloeden. Dit geldt voor paprika en komkommer, terwijl bij tomaat hoge luchtvochtigheid juist tot kleinere bladeren kan leiden (Heuvelink en Stanghellini, 2004).

## 4. Effect van onderstammen op de groei van de ent

### 4.1 Tomaat

Het enten van tomaten heeft de laatste jaren in Nederland een grote vlucht genomen. In het teeltseizoen 2004/2005 staat ongeveer 75% van het areaal tomaat op een onderstam. Indien de teelt goed gestuurd wordt, is het mogelijk gebleken 4-6 kilo meer tomaten te plukken per seizoen (Jakupaj-de Snoo, 2003). Uit onderstammenproeven die in 1998, 1999 en 2000 gedaan zijn bleek nog dat het enten van tomaat niet altijd gunstig was. Niet in alle jaren deden de onderstammen het beter dan de ongeënte planten (Adriaenssens *et al.*, 2001a). Resultaten uit 1999 staan in onderstaande tabel weergegeven.

Tabel 4.1. *Vergelijking onderstammen 1999. Plantdatum 25 februari 1999 op steenwol. Resultaten van de oogstperiode 30 april – 12 oktober 1999 (ras Palmiro) (Adriaenssens et al., 2001a).*

Onderstam	Productie (kg/m <sup>2</sup> )	Relatief t.o.v. ongeënt (%)	Gemiddeld vruchtgewicht (g)
Maxifort	44.5	105	152
Eigen wortel (ongeënt)	42.2	100	152
PG 21	42.0	100	149
Beaufort selectie I	40.8	97	139
RZ 61-51	39.8	94	147
Aromata	39.0	92	147
Tradiro	38.0	90	143
Beaufort selectie II	37.9	90	141
Centiro	36.3	86	133

In 1999 bleek enten op Maxifort nog een hogere productie op te leveren dan wanneer Palmiro op eigen wortel werd geteeld. In de onderstammenproef van 2000 bleek dat de niet geënte Palmiro de hoogste productie haalde met 41,8 kg/m<sup>2</sup>, direct gevolgd door Palmiro op de onderstammen Maxifort (41.4 kg/m<sup>2</sup>) en Beaufort (40.3 kg/m<sup>2</sup>). Resultaten uit 2001 met Durinta als entras laten wel zien dat 10% productiestijging met een goede onderstam mogelijk is (Tabel 4.2; Adriaenssens *et al.*, 2001b).

Tabel 4.2. *Vergelijking onderstammen 2001. Plantdatum 22 februari 2001 op kokosbalen. Resultaten van de oogstperiode 26 april – 19 oktober 2001 (ras Durinta) (Adriaenssens et al., 2001b).*

Onderstam	Productie (kg/m <sup>2</sup> )	Relatief t.o.v. ongeënt (%)	Gemiddeld vruchtgewicht (g)
Eldorado	40.0	111	113
Maxifort	39.8	110	117
RS 48-01	38.4	106	120
SC 6-301	37.6	104	109
RS 48-11	37.0	102	109
Beaufort	36.8	102	107
RS 48-12	36.8	102	109
Eigen wortel (ongeënt)	36.2	100	107
Trifort (DRO 99)	34.4	95	112

Ook in de onderstammenproef 2002 bleek dat Durinta geënt op een aantal onderstammen een hogere productie opleverde dan niet geënt. Maxifort en Eldorado leverden ruim 2 kg/m<sup>2</sup> meerproductie op (6%) evenals de nieuwe onderstam DRO 50 (Adriaenssens, 2002).

Tabel 4.3. *Vergelijking onderstammen 2002. Plantdatum 25 februari 2002 op kokosbalen. Resultaten van de oogstperiode 29 april – 19 oktober 2001 (ras Durinta) (Adriaenssens et al., 2002).*

Onderstam	Productie (kg/m <sup>2</sup> )	Relatief t.o.v. ongeënt (%)	Gemiddeld vruchtgewicht (g)
DRO 50	38.1	107	105
Maxifort	37.8	106	103
Eldorado	37.7	106	107
RZ 61-63	37.1	104	105
SG 48-01	36.6	103	100
Beaufort	36.0	101	104
Popeye	35.9	101	103
Eigen wortel (niet geënt)	35.7	100	103
RZ 61-61	33.8	94	104

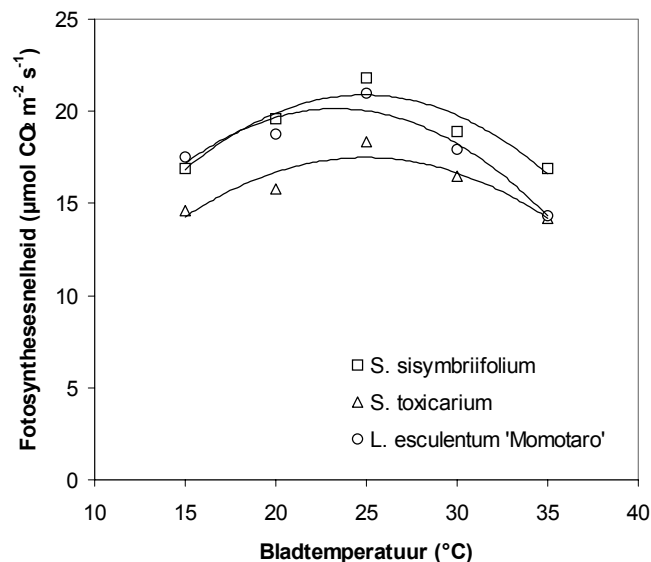
Kell & Jaksch (1998) vonden in grondteelt dat Capita en Ferrari op Beaufort een 21% respectievelijk 15% hogere productie hadden dan de ongeënte planten (plantdatum 23 maart; productieperiode 22 mei – 28 augustus). Het voordeel van de geënte tomaten was dat ze tot het einde van de teelt de productie van klasse I vruchten op niveau konden houden, waar de klasse I productie bij ongeënte tomaten vanaf eind juli bijna volledig wegviel door een slechte zetting in de voorgaande periode. Romano en Paratore (2001) vonden in onverwarmde plastic kassen dat tomaat geënt op Beaufort 35% meer productie opleverde over een periode van 40 dagen dan niet geënte tomatenplanten. Overigens vonden zij ook dat de niet geënte tomatenplanten ongeveer 10% meer produceerden dan tomaten die geënt waren op eigen wortel. De reden hiervoor was de groeivertraging die gepaard ging met de enthandelingen.

Ook uit Aziatisch onderzoek bleek dat de groei van tomaten die geënt zijn op groeikrachtige onderstammen beter is dan niet geënte tomaten. Onder de daar heersende omstandigheden bleek een ruim 50% hogere opbrengst mogelijk te zijn door geënte tomaten te gebruiken (Lee & Oda, 2003). Dit wordt gedeeltelijk veroorzaakt door het grotere aantal vruchten per plant bij het gebruik van een onderstam en gedeeltelijk door de verbeterde vruchtkwaliteit (Tabel 4.4).

Tabel 4.4. *Invloed van onderstammen op de opbrengst van tomaat 'Seokwang'. Verschillende letters geven significante verschillen aan binnen een kolom (Lee & Oda, 2003).*

Onderstam	Klasse I vruchten			
	Aantal vruchten/plant	Vruchtgewicht (kg/plant)	Aandeel klasse I vruchten (%)	Opbrengst klasse I (kg/m <sup>2</sup> )
Kagemusia	14.9	3.09	87	9.2 a
Helper	14.9	3.02	86	9.0 a
Dr. K	14.6	2.80	82	8.3 b
Shinmate	13.5	2.74	85	8.0 b
BFNT-R	13.0	2.70	87	8.0 bc
Joint	12.1	2.56	86	7.6 c
Eigen wortel (ongeënt)	10.7	2.00	72	5.9 d
Vulcan	10.2	1.95	72	5.8 d
BF Okitsu	10.0	1.84	74	5.5 d

In Nederland worden tomaten vaak op andere *Lycopersicon* soorten geënt, of bijvoorbeeld op interspecifieke hybriden zoals *L. esculentum* x *L. hirsutum* (de onderstam Beaufort). Matsuzoe *et al.* (1993) beschrijven een experiment waarin het tomatenras Momotaro werd geënt op *Solanum sisymbriifolium* (raketblad), *S. torvum* en *S. toxicarium*. De groei van Momotaro geënt op *S. sisymbriifolium* was vergelijkbaar met de groei van Momotaro geënt op eigen wortels, terwijl de groei van Momotaro op *S. torvum* en *S. toxicarium* hierbij aantoonbaar achterbleef. Uit fotosynthesemetingen bleek dat de fotosynthesesnelheid bij Momotaro geënt op *S. toxicarium* lager was dan wanneer Momotaro op eigen wortels of op *S. sisymbriifolium* was geënt (Matsuzoe *et al.*, 1993).



Figuur 4.1. Invloed van onderstammen op de netto fotosynthesesnelheid van tomaat 'Momotaro' geënt op *Solanum sisymbriifolium*, *S. toxicarium* en tomaat 'Momotaro' bij verschillende temperaturen (Matsuzoe *et al.*, 1993).

Eén van de problemen van het gebruik van onderstammen is dat de kwaliteit van de vruchten niet altijd positief beïnvloed wordt door een onderstam. In de grondteelt in Japan wordt door middel van het beperken van de watergift en door irrigatie met verdund zeewater het suikergehalte van tomatenvruchten verhoogd. Ook het beperken van het wortelvolume heeft dit effect. Door Japanse telers werd daarnaast ook geëxperimenteerd met *Solanum integrifolium* als onderstam voor tomaat om vruchten met een hoog suikergehalte te produceren (Oda *et al.*, 1996). Groei van tomaat op *S. integrifolium* is minder dan wanneer tomaat op tomaat wordt geënt (Abdelhafeez *et al.*, 1975; Oda *et al.*, 1996). Uit de uiterlijke kenmerken van de plant was af te leiden dat bij deze combinatie de ent leidt aan watergebrek door een slechte vatverbinding of vanwege een klein wortelstelsel.

Over de mate waarin geënte planten beter om kunnen gaan met iets lagere teelttemperaturen is bijna niets bekend. Als er onderzoek is gedaan naar de prestaties van geënte versus niet geënte planten bij verschillende omstandigheden (temperatuur, zoutgehalte), zijn bijna altijd die omstandigheden aangelegd tot op 'stress niveau'. Rivero *et al.* (2003) onderzochten of onderstammen de weerstand tegen hoge temperaturen kan verhogen. Hiervoor werd een ent met resistentiepatroon Tmknv<sub>2</sub> geënt op een onderstam of niet geënt gedurende 30 dagen bij 25 °C of 35 °C geteeld. In Tabel 4.5 is het drooggewicht van het blad aan het einde van die proef weergegeven.

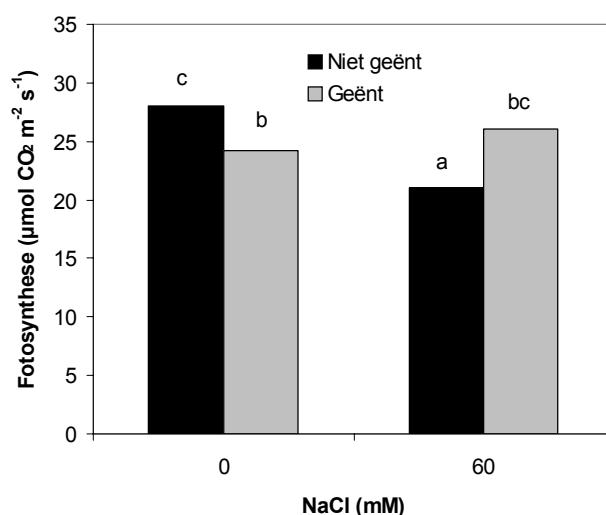
De onderstam had geen effect op het bladgewicht van de planten die bij 25 °C geteeld zijn. Wanneer zowel de niet geënte als de geënte planten bij 35 °C geteeld worden, nam het bladgewicht van de geënte planten significant af, maar deze afname was voor niet geënte planten veel sterker (Tabel 4.5). Hieruit blijkt dat de onderstam de gevoeligheid van de ent voor hoge temperaturen vermindert.

Tabel 4.5. Drooggewicht van bladeren van geënte en niet geënte tomatenplanten bij twee verschillende temperaturen (Rivero *et al.*, 2003).

Temperatuur (°C)	Drooggewicht (g / plant)		Significantie <sup>1</sup>
	Geënte planten	Niet geënte planten	
25	18.2	17.3	ns
35	12.7	5.5	***
Significantie	**	***	

<sup>1</sup> ns = niet significant; \*\* = significant voor  $P < 0.01$ ; \*\*\* = significant voor  $P < 0.001$ .

Ook de groei van tomaat onder zoute omstandigheden kan verbeterd worden door te enten op een zouttolerante onderstam (Santa-Cruz *et al.*, 2001). Uit resultaten van Fernández-García *et al.* (2003) bleek dat de wateropname werd verlaagd door te enten. Wanneer het zoutgehalte in de voedingsoplossing verhoogd werd (60 mM NaCl), waren er geen aantoonbare verschillen in wateropname tussen geënte en niet geënte planten. De fotosynthese van geënte tomatenplanten was lager dan van de niet geënte planten. Bij een hoog zoutgehalte in de voedingsoplossing blijft de fotosynthese van de geënte planten op niveau, terwijl de fotosynthese van de niet geënte planten daalt (Figuur 4.2).



Figuur 4.2. Fotosynthesesnelheid van geënte en niet geënte tomatenplanten bij twee zoutbehandelingen. Kolommen met dezelfde letters zijn niet significant verschillend ( $P < 0.05$ ) (Fernández-García *et al.*, 2003).

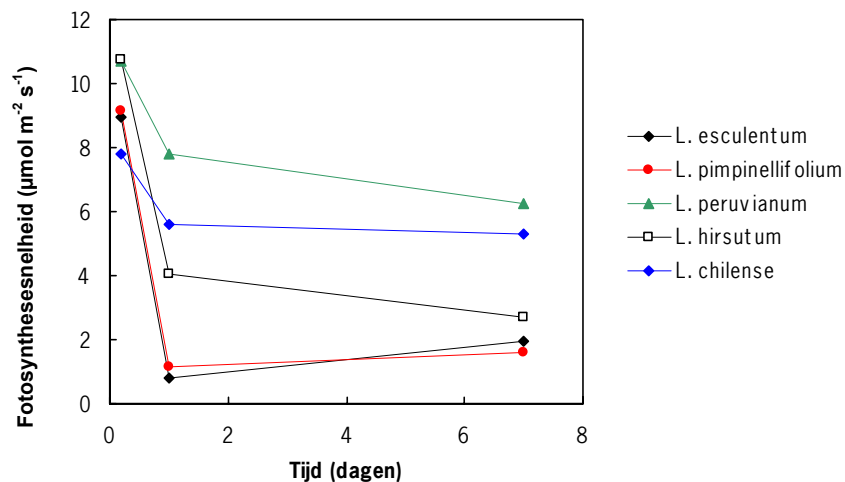
Onderstammen kunnen ook de groei onder omstandigheden van watertekort positief beïnvloeden. Wanneer tomaat geënt op *Solanum mammosum* of op eigen wortel bij watertekort werd geteeld, bleek dat de fotosynthesesnelheid bij watertekort lager was dan wanneer voldoende water beschikbaar was (Weng, 2000). De afname van de fotosynthese van tomaat op *S. mammosum* was echter minder groot dan de afname van de fotosynthese bij tomaat op eigen wortel. Vergelijkbare resultaten zijn ook gevonden door Bhatt *et al.* (2002).

In de 80er en 90er jaren is in Nederland veredelingsonderzoek gedaan met als doel tomatenlijnen te verkrijgen die geteeld kunnen worden bij lage temperaturen (18 °C overdag, 7 °C 's nachts). In dit onderzoek werd ook aandacht besteed aan de bijdrage van het wortelstelsel aan groei en het vroeg in productie zijn van een gewas. Lage worteltemperaturen leidden in het algemeen tot een langzamere groei en tot kleinere tomatenvruchten (Cooper, 1973). De kritische worteltemperatuur voor de groei van tomaten is ongeveer 15 °C (Martin & Wilcox, 1963).



Zijlstra & Den Nijs (1987) onderzochten de bijdrage van de wortels aan groei en vroegheid bij lage temperaturen voor 9 genotypes door reciproke enten te maken waarbij hetzelfde genotype als ent en als onderstam werd gebruikt (81 combinaties). Hoewel zij nauwelijks enige interactie tussen de ent en de onderstam vonden, zagen zij wel dat tomaten genotypes geselecteerd op een goede groei en vroege productie bij lage temperaturen het slecht deden als ze als onderstam werden gebruikt bij lage worteltemperaturen (Zijlstra en Den Nijs, 1987). In dit onderzoeksprogramma werd ook gezocht naar tomaten die beter aangepast waren aan lagere worteltemperaturen. Die werden niet gevonden (Nieuwhof *et al.*, 1999). De verwachting is dat als er meer accessies getest zouden worden, er mogelijk wel genotypes gevonden worden die beter aangepast zijn aan lagere worteltemperaturen. De verwachting is echter dat deze ook bij hogere worteltemperaturen superieur zullen zijn (Nieuwhof *et al.*, 1999).

In het onderzoeksprogramma 'Rassen onder glas met minder gas' is onderzoek gedaan naar de fysiologische achtergrond van de gevoeligheid voor lage temperaturen tussen de cultuurtomaat en wilde soortgenoten (Venema, 2001). Cultuurtomaten en 4 andere *Lycopersicon* soorten werden gedurende 14 dagen blootgesteld aan 10 °C en vervolgens teruggezet naar de oorspronkelijke groeiomstandigheden in een warme kas (25/20 °C dag/nacht). Gedurende de koudebehandeling was in alle vijf onderzochte *Lycopersicon* soorten de groei van de plant sterk geremd. De verschillen in koudegevoeligheid van de groei tussen soorten kwam gedurende de herstelperiode naar voren, waarbij de cultuurtomaat veruit het geringste herstel van de groei vertoonde. Tijdens de koudebehandeling was de fotosynthese van alle soorten vergelijkbaar geremd (data niet getoond), maar de fotosynthesesnelheid herstelde zich na de koude beter in de wilde soorten die hoog in de bergen voorkomen, dan in de cultuurtomaat en *L. pimpinellifolium*, een soort die lager in de bergen voorkomt (Venema *et al.*, 1999a).



Figuur 4.3. Netto fotosynthesesnelheid van volwassen bladeren van vijf *Lycopersicon* soorten. De meting bij 0 dagen geeft de fotosynthesewaarde van bladeren van planten die zijn opgekweekt bij 25/20 °C (dag/nacht). Vervolgens hebben de planten 14 dagen bij 10 °C en laag licht gestaan. Daarna zijn de planten teruggeplaatst bij 25/20 °C. De metingen bij 1 en 7 dagen geven het herstel van de fotosynthese na 1 en 7 dagen bij 25/20 °C weer (Venema *et al.*, 1999a).

Vervolgens werd een studie gedaan naar de groei van cultuurtomaten en wilde soortgenoten bij (lucht)temperaturen van 25/20 °C (optimaal) en 16/14 °C (suboptimaal) (Venema *et al.*, 1999b). De groei van de cultuurtomaat bleek sterker geremd bij suboptimale temperaturen dan die van de wilde soortgenoten. Dit verschil was niet toe te schrijven aan verschillen in de bladafsplittingsnelheid, maar wel aan de bladgrootte. In de cultuurtomaten was de netto fotosynthesesnelheid van bladeren bij suboptimale temperatuur lager dan die van bladeren bij optimale temperatuur. In wilde soorten was de fotosynthesesnelheid onder beide temperatuursregimes gelijk (Venema *et al.*, 1999b).

In een studie naar de eisen die gesteld worden aan de gewassen voor de toekomst bleek dat er een grote genetische variatie is in groei en ontwikkeling (Bot *et al.*, 2004). Groei en ontwikkeling worden bepaald door een aantal factoren zoals de fotosynthesesnelheid, vruchtzetting, verdamping, bladdikte, ademhaling etc. In deze studie werd de aanbeveling gedaan dat groeianalyses noodzakelijk zijn om de genetische achtergrond van verschillen in groei en ontwikkeling op te sporen. Op die manier mag verwacht worden dat op termijn nieuwe rassen ontwikkeld kunnen worden die aangepast zijn aan energiebesparende klimaatcondities (lagere temperatuur, hogere luchtvochtigheid) (Bot *et al.*, 2004). In gewassen als tomaat, paprika en komkommer is de genetische variatie die nodig is voor veredeling binnen het assortiment van cultuurgewassen al vrijwel volledig benut, waardoor er weinig ruimte is voor genetische verbeteringen. Dan is het nodig om nieuwe genetische variatie te introduceren uit wilde soorten. Uit recent onderzoek is bijvoorbeeld gebleken dat door de introductie van een gering aantal genen uit wilde soorten een opbrengststijging is te bereiken van 50% (Gur & Zamir, 2004).

## 4.2 Paprika

In Nederland wordt paprika nog maar op beperkte schaal geënt, omdat de meeropbrengst van het enten nog niet duidelijk is aangetoond. Ook in Korea en Japan worden paprika en andere pepersoorten nog maar sinds kort geënt. Er is over het enten bij paprika dan ook maar beperkt literatuur beschikbaar. In tegenstelling tot andere leden van de *Solanaceae* familie, zijn *Capsicum* soorten alleen compatibel (verenigbaar) met *Capsicum* soorten (Kim, 1999), hetgeen de mogelijkheden om tot een goede onderstam te komen beperkt. In 2004 zijn in België proeven gedaan met het enten van rode en groene paprika's (Tabel 4.6). Naast de onderstammen Snooker, BS 15 en WS 0005 werden ook de productierassen Meteor en Kentucky als onderstam gebruikt (Van de Ven, 2004). Bij de rode paprika bleven de producties en het vruchtgewicht van de geënte planten ver achter bij die van de niet geënte planten. Ook bij de groene paprika Meteor produceerden de niet geënte planten het beste, maar hier waren de verschillen kleiner dan bij het rode ras Zamboni (Van de Ven, 2004).

Tabel 4.6. Resultaten van een entproef waarbij de rassen Zamboni (rood) en Meteor (groen) geënt werden op een aantal onderstammen. Oogstperiode: maart – augustus 2004 (Van de Ven, 2004).

Onderstam	Zamboni			Meteor		
	Opbrengst (kg/m <sup>2</sup> )	Opbrengst relatief (%)	Gemiddeld vruchtgewicht (g)	Opbrengst (kg/m <sup>2</sup> )	Opbrengst relatief (%)	Gemiddeld vruchtgewicht (g)
Geen (ongeënt)	18.9	100	248	23.6	100	177
Snooker	14.8	78	236	22.6	96	168
Meteor	16.8	89	222	-	-	-
Kentucky	15.9	84	237	21.6	92	169
BS 15	16.4	87	233	23.5	100	173
WS 0005	15.4	81	241	22.5	95	169

In een onderstamentest voor de biologische teelt werd daarentegen wel een meeropbrengst gerealiseerd door het gebruik van een onderstam bij een grondteelt paprika (Tabel 4.7). Zoals in andere onderzoeken ook werd gevonden, bleek het gemiddeld vruchtgewicht aantoonbaar lager te zijn als geënte planten werden gebruikt. Dit heeft te maken met het feit dat er bij geënte planten minder vruchtabortie optrad en het aantal gezette vruchten dus hoger is (Cornelissen, 2004).

Tabel 4.7. Opbrengst rood en groen geoogste vruchten en gemiddeld vruchtgewicht van paprika Carthago geënt op Snooker of ongeënt. Plantdatum 18 februari 2003. Oogstperiode vanaf 7 april. Verschillende letters geven significante verschillen aan binnen een kolom (Cornelissen, 2004).

Onderstam	Opbrengst (kg/m <sup>2</sup> )				Gemiddeld vruchtgewicht (g)
	Rood	Groen begin	Groen eind	Totaal	
Geen	9.7 b	0.8 a	1.3 a	11.8	174 a
Snooker	10.7 a	0.9 a	1.2 a	12.9	163 b

In de periode 2002-2004 is in Nederland een groot (vertrouwelijk) onderzoeksproject uitgevoerd om onderstammen voor paprika te zoeken die een productieverhoging van 10-15% zouden moeten realiseren (Disco, 2005). Het bleek echter dat in alle gevallen de productie van geënte rassen op een reeks onderstammen lager lag dan wanneer het ras op eigen wortel stond. Uit dit onderzoek bleek dat niet geënte planten later starten met productie dan geënte planten, maar éénmaal op stoom gekomen streeft de productie van de niet geënte planten die van de geënte planten voorbij (Disco, 2005). De gemiddelde vruchtgewichten van geënte planten lagen over het algemeen (veel) lager dan van niet geënte planten. Wel was het zo dat bij geënte planten minder vruchtabortie optrad (Disco, 2005). Wanneer een onderstam in staat zou zijn al deze vruchten uit te laten groeien met een hoger gemiddeld vruchtgewicht, zou zo'n onderstam wel perspectief bieden voor productieverhoging.

### 4.3 Komkommer

In Nederland worden komkommers tegenwoordig voornamelijk op eigen wortel geteeld. In de (biologische) grondteelt worden nog wel onderstammen gebruikt vanwege de hogere groeikracht en daardoor een verminderde gevoeligheid voor aaltjes en schimmels. Tijdens de energiecrises (rond 1980) werd voor komkommer de onderstam *Sicyos angulatus* geïntroduceerd vanwege de in dit materiaal aanwezige tolerantie voor lage temperaturen (Den Nijs, 1984).

In een Frans onderzoek werd gevonden dat door het gebruik van onderstammen in een komkommerteelt in de grond de productie met 75% verhoogd werd vergeleken met de teelt op eigen wortel (Roos *et al.*, 2004). In de eerste twee oogstweken waren er nog nauwelijks verschillen in productie tussen de niet geënte en de geënte planten, maar daarna bleef de productie van de niet geënte planten duidelijk achter. De drie geteste onderstammen, RZ 6405, Black Seeded en RS 841, bleken nauwelijks te verschillen in productieniveau (Tabel 4.8).

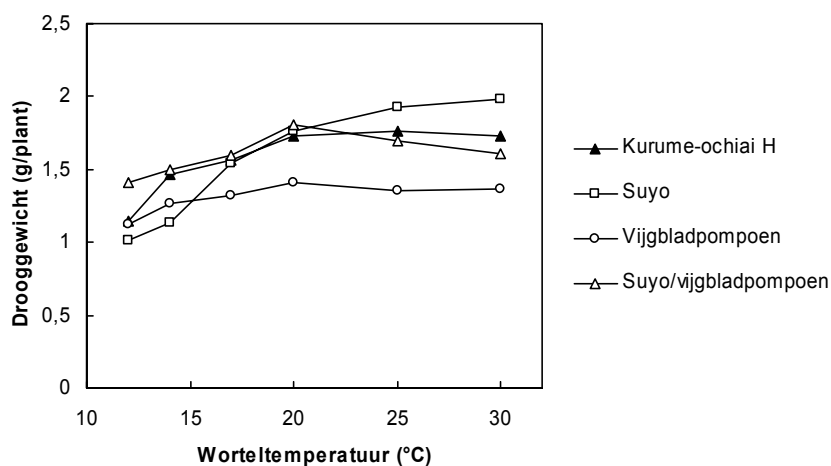
Tabel 4.8. Effect van onderstammen op vruchtproductie en vruchtgewicht van komkommer 'Aramon'. Plantdatum 14 mei 2003 in grond onder onverwarmde tunnels. Oogstperiode 16 juni – 8 september. Verschillende letters geven significante verschillen aan binnen een kolom (Roos *et al.*, 2004).

Onderstam	Aantal vruchten/m <sup>2</sup>	Productie (kg/m <sup>2</sup> )	Gemiddeld vruchtgewicht (g)
Eigen wortel (ongeënt)	19.5	8.1	417
Black Seeded	30.8	14.4	466
RZ 6405	31.2	14.8	475
RS 841	31.4	14.1	450

In een Nederlands onderzoek voor de biologische komkommerteelt werden ook de onderstammen Black Seeded en RZ 6405 getest, evenals een aantal andere onderstammen (Hoogendonk en Steenberg, 2004a, b). Volgens opgave van de veredelaar (Sakata) heeft de onderstam Black Seeded met name bij lagere temperaturen een krachtiger wortelgestel. Evenals in bovengenoemd Frans onderzoek vonden ook Hogendonk en Steenberg nauwelijks verschillen in prestaties tussen de verschillende onderstammen.

De teeltoomstandigheden voor vruchtgroenten in Azië verschillen sterk van de Nederlandse omstandigheden. In landen als Korea en Japan worden ook in de winter komkommers geteeld in onverwarmde kassen. Niet geënte komkommer groeit dan nauwelijks meer, maar komkommer geënt op *Cucurbita ficifolia* (vijgbladpompoe) groeit dan nog wel goed (Ahn *et al.*, 1999). Deze onderstam is bij uitstek geschikt om te gebruiken bij lage (bodem)temperaturen vanwege zijn vermogen water en nutriënten op te nemen bij lage temperaturen (Lee, 2003). In Korea zijn uitgebreide testen gedaan met 151 accessies die onderzocht werden op hun groei-kracht bij lage temperaturen en ziekteresistentie (Kim *et al.*, 1997). Zij vonden duidelijke verschillen binnen en tussen soorten (*Cucurbita maxima*, *C. pepo*, *C. moschata*, *C. ficifolia* en *Sicyos angulatus*) in de tolerantie voor lage temperaturen. In het warme zomerseizoen wordt komkommer in Azië gewoonlijk geënt op de onderstam Sintozwa, een interspecifieke hybride *C. maxima* x *C. moschata* (Lee, 1994). Deze onderstam heeft een uitgebreid wortelstelsel en is daarom goed in staat in de warme periode water op te nemen.

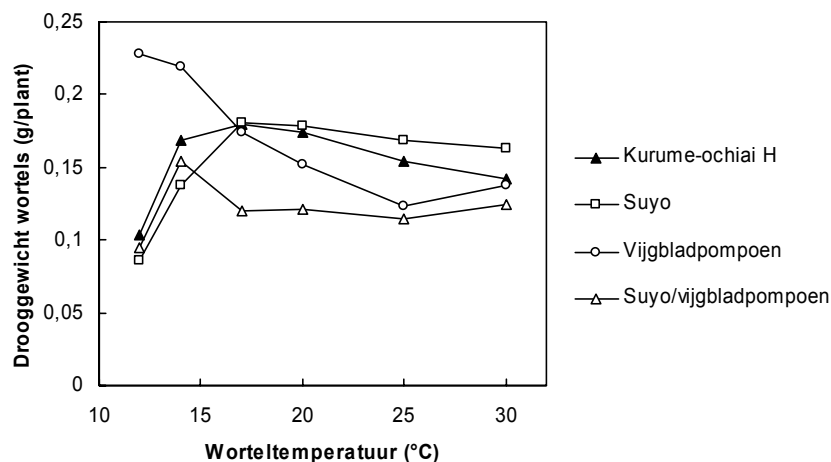
Door Tachibana (1982, 1987, 1988) is onderzoek gedaan naar de effecten van onderstammen op de groei van komkommerplanten geteeld bij lage worteltemperaturen. Hij plaatste komkommerplanten Kurume-ochiai H (ras voor voorjaarsteelt) en Suyo (ras voor de zomerteelt) bij een reeks worteltemperaturen van 12 °C tot 30 °C. Dit deed hij ook voor vijgbladpompoeplanten (*Cucurbita ficifolia*) en Suyo geënt op vijgbladpompoe. Het bleek dat met name het ras Suyo erg gevoelig is voor de worteltemperatuur. Als de worteltemperatuur werd verlaagd van 30 tot 12 °C nam het plantgewicht met de helft af (Figuur 4.4). Het ras Kurume-ochiai H was minder gevoelig voor de worteltemperatuur. Alleen bij een worteltemperatuur van 12 °C werd de groei ernstig geremd. Vijgbladpompoe bleek ook bij 12 °C nog een redelijke groei te vertonen. Wanneer het temperatuurgevoelige ras Suyo werd geënt op vijgbladpompoe bleek de plant veel minder gevoelig te worden voor de worteltemperatuur dan het niet geënte ras.



Figuur 4.4. Effect van worteltemperatuur op het drooggewicht van komkommerplanten Kurume-ochiai H en Suyo, vijgbladpompoe (*Cucurbita ficifolia*) en Suyo geënt op vijgbladpompoe (Tachibana, 1982).

Het gewicht van de wortelstelsels van de rassen Kurume-ochiai H en Suyo heeft een optimum bij circa 17 °C. Bij lagere worteltemperaturen neemt het wortelgewicht sterk af (Figuur 4.5). Het wortelgewicht van vijgbladpompoe daarentegen neemt bij lagere temperaturen sterk toe. De afhankelijkheid van de worteltemperatuur van Suyo wordt afgevlakt als deze geënt wordt op de vijgbladpompoe onderstam (Tachibana, 1982).

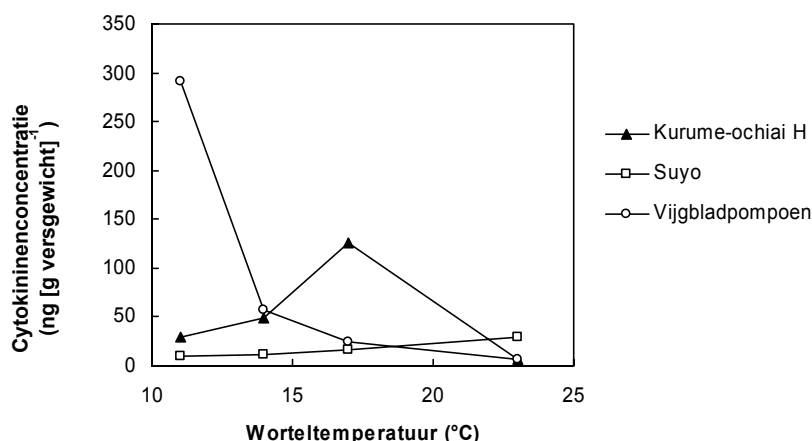
Het drogestofpercentage in de bladeren nam toe bij lagere worteltemperaturen. Deze toename was het sterkst in het ras Suyo (van 11 naar 16%). Wanneer Suyo werd geënt op vijgbladpompoen was deze toename veel minder (van 9.5% naar 12%) (Tachibana, 1982). Lagere worteltemperaturen verlaagden de nutriëntengehaltes in de bladeren, voornamelijk fosfaat en mangaan. Uit de analyse van de gegevens bleek dat de mate van groeivermindering bij lage temperaturen een sterke correlatie vertoonde met de afname in de nutriëntengehaltes in de bladeren, voornamelijk stikstof, fosfaat en kalium. Daaruit kan geconcludeerd worden dat de verbeterde groei van Suyo geënt op vijgbladpompoen bij lage worteltemperaturen (gedeeltelijk) veroorzaakt wordt door de verbeterde nutriëntenopname (Tachibana, 1982). Uit vervolgonderzoek (Tachibana, 1987) bleek dat de wateropname en stikstofopname door vijgbladpompoen op een vergelijkbaar niveau ligt bij een reeks worteltemperaturen van 12 tot 30 °C. De water- en stikstofopname bij de komkommerrassen daarentegen nam sterk af bij temperaturen lager dan 17 °C (Tachibana, 1987).



*Figuur 4.5. Effect van worteltemperatuur op het drooggewicht van de wortels van de komkommerplanten Kurume-ochiai H en Suyo, vijgbladpompoen (Cucurbita ficifolia) en Suyo geënt op vijgbladpompoen (Tachibana, 1982).*

Verder spelen cytokininen mogelijk een rol in de groei van bovengrondse delen bij lagere worteltemperaturen. Tachibana (1988) onderzocht de cytokininengehalten van xyleemsap en wortelstelsel van de komkommerrassen Kurume-ochiai H en Suyo en van vijgbladpompoen bij worteltemperaturen van 11 tot 23 °C. Het bleek dat cytokininenconcentratie in het xyleemsap van de rassen bij 11 °C lager was dan bij de hogere temperaturen. Vijgbladpompoen daarentegen had bij 11 °C een cytokininenconcentratie in het xyleemsap die ongeveer 2.5 maal zo hoog was als bij 23 °C (Tachibana, 1988). De cytokininenconcentraties in de wortelstelsels vertonen een vergelijkbaar verloop (Figuur 4.6).

Ook Ahn *et al.* (1999) deden onderzoek naar de groei van komkommer bij lagere temperaturen. Bij lage bodemtemperaturen wordt de groei van de plant beperkt door een beperkte opname van water en nutriënten. Dit probleem is mogelijk te verhelpen door het gebruik van onderstammen, zoals vijgbladpompoen, die, zoals hierboven al werd beschreven, goed groeit bij een lage bodemtemperatuur (15 °C). Ahn *et al.* teelden jonge planten 8 dagen bij bodemtemperaturen van 12, 15 en 20 °C. Het bleek dat het drooggewicht en bladoppervlak van komkommerplanten ongeveer halveerde wanneer de bodemtemperatuur werd verlaagd van 20 naar 15 °C. Daarentegen hadden zowel vijgbladpompoenplanten als komkommer geënt op vijgbladpompoen bij 15 °C een hoger drooggewicht en een groter bladoppervlak dan bij 20 °C (Tabel 4.9).



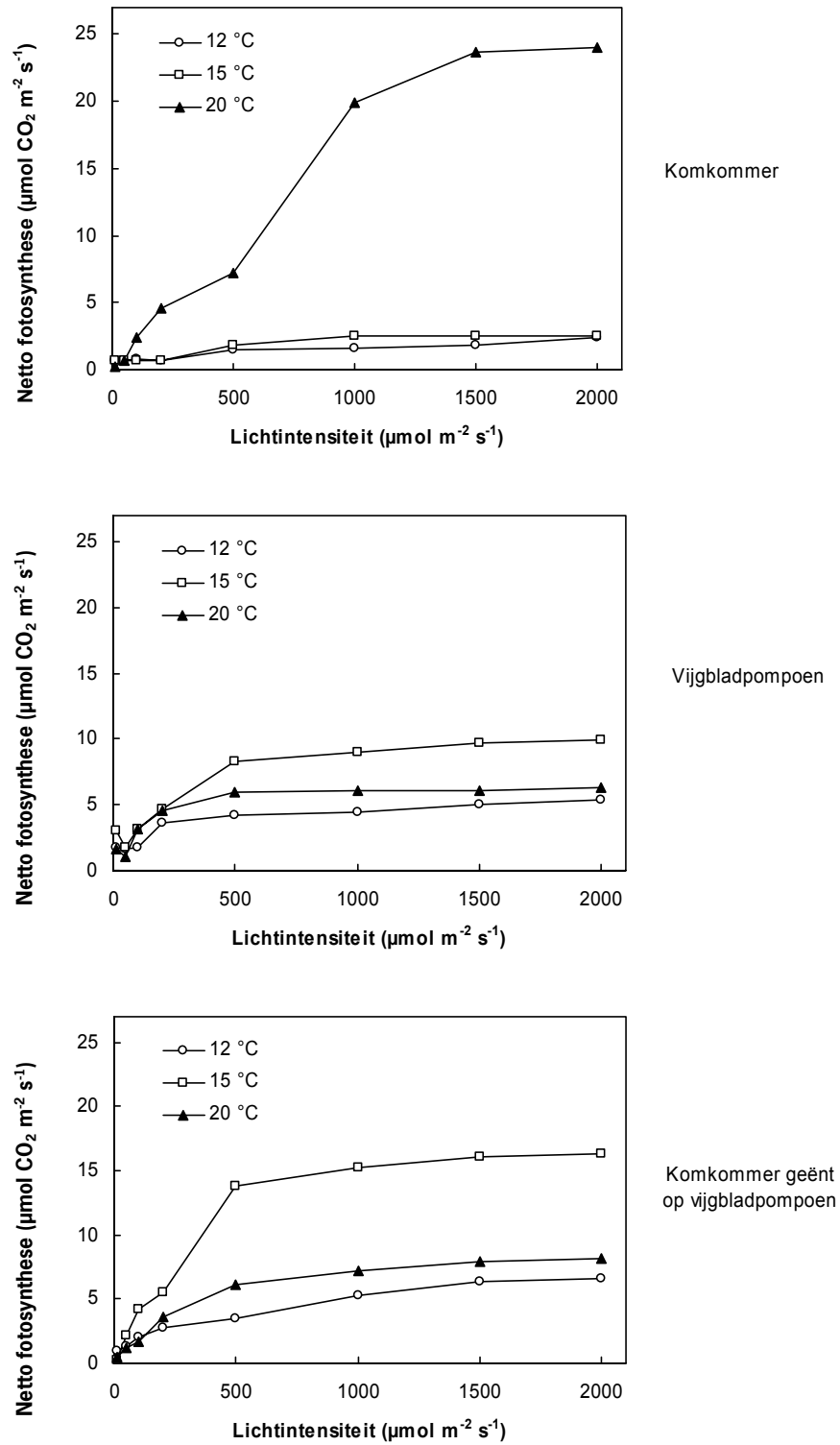
Figuur 4.6. Effect van worteltemperatuur op de cytokininenconcentraties in de wortels van de komkommerrassen Kurume-ochiai en Suyo en vijgbladpompoen (Tachibana, 1988).

Tabel 4.9. Effect van de worteltemperatuur op het drooggewicht van de scheut en bladoppervlakte van komkommer, vijgbladpompoen en komkommer geënt op vijgbladpompoen (Ahn *et al.*, 1999).

Worteltemperatuur (°C)	Drooggewicht scheut (g)			Bladoppervlakte (cm <sup>2</sup> )		
	Komkommer	Vijgbladpompoen	Komkommer geënt op vijgbladpompoen	Komkommer	Vijgbladpompoen	Komkommer geënt op vijgbladpompoen
20	5.6 ± 0.2	3.8 ± 0.4	5.7 ± 0.2	722 ± 15	881 ± 23	715 ± 10
15	2.8 ± 0.2	4.3 ± 0.2	6.2 ± 0.1	403 ± 19	933 ± 42	766 ± 21
12	2.5 ± 0.1	3.3 ± 0.3	3.9 ± 0.1	311 ± 21	789 ± 34	433 ± 19

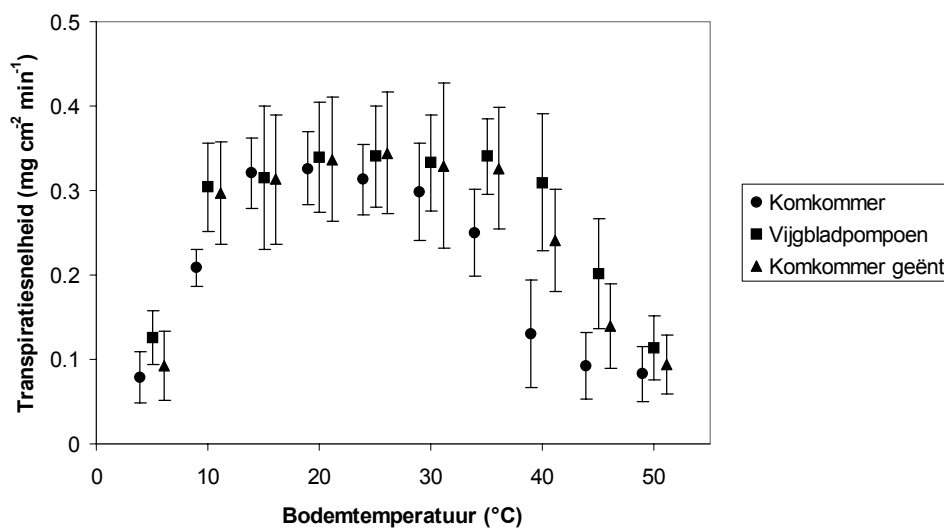
Bij lage worteltemperaturen wordt de wateropname beperkt zodat de verdamping verminderd wordt. Uit metingen van Ahn *et al.* (1999) aan komkommer bleek dat een worteltemperatuur van 12 °C leidde tot bladtemperaturen die boven de luchttemperatuur uitkomen. Bij vijgbladpompoen en komkommer geënt op vijgbladpompoen werd het temperatuurverschil tussen blad en lucht wel kleiner bij lagere worteltemperaturen, maar het blad bleef een lagere temperatuur houden dan de omringende lucht (data niet getoond).

De fotosynthese van komkommerbladeren was bij een worteltemperatuur van 20 °C vele malen hoger dan bij worteltemperaturen van 15 of 12 °C (Figuur 4.7 boven; Ahn *et al.*, 1999). Vijgbladpompoen daarentegen heeft bij 15 °C de hoogste fotosynthese (Figuur 4.7 midden). Het niveau van de fotosynthese was echter maar de helft van dat bij komkommer. Komkommerplanten geënt op vijgbladpompoen bleken de hoogste fotosynthese te hebben bij 15 °C (Figuur 4.7 onder), een eigenschap van de onderstam en niet van de ent. De fotosynthesesnelheid van komkommerplanten geënt op vijgbladpompoen bleek op een niveau te liggen tussen die van komkommer en vijgbladpompoen in (Ahn *et al.*, 1999).



Figuur 4.7. Effect van worteltemperaturen op de fotosynthese van komkommer (boven), vijgbladpompoe (midden) en komkommer geënt op vijgbladpompoe (onder) (Ahn et al., 1999).

Eguchi & Koutaki (1986) onderzochten het effect van een serie bodemtemperaturen op de verdampingssnelheid van komkommer, vijgbladpompoe en komkommer geënt op vijgbladpompoe. Bij bodemtemperaturen tussen de 15 en 30 °C beïnvloedde de bodemtemperatuur de verdamping niet (Figuur 4.8). De verdampingssnelheden van komkommer, vijgbladpompoe of geënte komkommerplanten verschilden tussen 15 en 30 °C niet van elkaar. Bij temperaturen lager dan 15 °C of hoger dan 30 °C bleek de verdampingssnelheid van komkommerplanten meer beïnvloed te worden door de bodemtemperatuur dan die van vijgbladpompoeplanten. Wanneer komkommer geënt werd op vijgbladpompoe bleek dat de gevoeligheid van de ent voor bodemtemperatuur sterk beïnvloed werd door de onderstam. Bij de geënte komkommerplanten was de temperatuurgevoeligheid namelijk vergelijkbaar met die van de onderstam (Eguchi & Koutaki, 1986).



*Figuur 4.8. Effect van de bodemtemperatuur op de transpiratiesnelheid van komkommerplanten, vijgbladpompoe en komkommer geënt op vijgbladpompoe. Gemiddelden van de transpiratiesnelheid berekend na 180 min belichting door 4 planten van elke soort te gebruiken zijn weergegeven met de bijbehorende 95% betrouwbaarheidsintervallen (Eguchi & Koutaki, 1986)*

In de energiecrises in de 70er en 80er jaren is er in Nederland een veredelingsprogramma geweest, waarin gezocht werd naar genotypes van komkommer die met minder energie geteeld zouden kunnen worden. Dit onderzoeksprogramma richtte zich op de mogelijkheden om komkommer bij lagere temperaturen te kunnen telen (Den Nijs, 1980; Bulder *et al.*, 1987). Dit programma resulteerde in de selectie van 30 snelgroeïende lijnen met een hoge opbrengst (Den Nijs, 1980). De meeste lijnen produceerden meer vruchten en een hoger totaal vruchtgewicht bij de hoge temperatuur (23/20 °C dag/nacht) dan bij de lage temperatuur (20/15 °C dag/nacht). Drie lijnen bleken echter bij lagere temperaturen een hogere productie op te leveren dan bij de hogere temperatuur (Den Nijs, 1980). In Tabel 4.10 staan de opbrengsten van de 3 beste selectielijnen en 3 controlerassen weergegeven. Hieruit blijkt dat deze geselecteerde lijnen bij lagere temperaturen evenveel produceren als de controlerassen bij het normale temperatuurregime. Dit voordeel kwam gedeeltelijk door een snellere start van de productie (Den Nijs, 1980).



Tabel 4.10. Aantal vruchten en vruchtgewicht van 3 geselecteerde komkommerlijnen en 3 controlerassen bij twee temperatuurregimes. Plantdatum 18 januari, oogstperiode 10 maart – 20 april (Den Nijs, 1980).

Lijn / Ras	Aantal vruchten		Totaal vruchtgewicht (kg)	
	20/15 °C (d/n)	23/20 °C (d/n)	20/15 °C (d/n)	23/20 °C (d/n)
2	7.0	8.7	2.1	2.1
5	8.0	6.6	2.4	2.3
18	7.4	6.3	2.3	2.3
Farbiola	2.0	7.0	0.7	2.1
Corona	2.5	8.1	0.8	2.5
Toska	4.5	7.5	1.3	2.2

Uit een analyse van de groeigegevens viel af te leiden dat de hoog producerende geselecteerde lijnen een hogere 'leaf area ratio' (LAR) hadden (Den Nijs, 1980). Dat betekent dat ze per kg plantgewicht een groter bladoppervlakte hadden. Dit betekent dat de jonge planten sneller een groter bladoppervlakte hebben en daardoor meer licht kunnen onderscheppen, waardoor de groei sneller zal verlopen. Een andere reden voor de betere productie van de geselecteerde lijnen was dat jonge vruchten uitgroeiden, terwijl de uitgroei van deze vruchten aan de commerciële rassen nog wel eens stopte. Mogelijkerwijs hadden de nieuw geselecteerde lijnen een betere balans tussen vegetatieve en generatieve groei, of waren hun vruchten bij lagere temperaturen meer effectieve sinks (assimilatenvragers) (Den Nijs, 1980).

Binnen dit programma werd een serie accessies getest als onderstam en een aantal ook als ent (Zijlstra *et al.*, 1994). Er bleek voor geen van de geteste eigenschappen een interactie te zijn tussen de ent en de onderstam. Met andere woorden, de onderstam die het beste presteerde deed dat altijd, onafhankelijk van het type ent. Deze screening liet zien dat er in komkommer voldoende genetische variatie is voor de bijdrage van het wortelstelsel aan groei en vruchtproductie en dat entexperimenten veredelaars de mogelijkheid bieden voor verbetering van de productie. (Zijlstra *et al.*, 1994). In het algemeen is het zo dat onderstammen die een sterke groei bij de ent induceren de hoogste vruchtproductie realiseren. De onderstammen die speciaal voor lagere temperaturen geselecteerd waren, bleken bij optimale temperaturen niet de hoogste productie te induceren (Zijlstra *et al.*, 1994).

## 4.4 Aubergine

Aubergine wordt in Nederland over het algemeen geënt op tomatenonderstammen zoals Beaufort en Maxifort. In een onderzoek uitgevoerd in het seizoen 1998-1999 werd de onderstam Beaufort vergeleken met een aantal andere onderstammen. Het bleek dat de verwachte vrij grote verschillen tussen de onderstammen in dit onderzoek niet bevestigd werden (Rijpsma *et al.*, 1999; Berents, 1999). De onderstammen verschilden nauwelijks in productie en vruchtkwaliteit. Ook Hogendonk en Steenbergen (2004a, b) die onderstammenonderzoek deden voor de biologische teelt van aubergine vonden geen grote verschillen in prestaties tussen 7 geteste onderstammen.

Resultaten van een onderstamentest in een onverwarmde kas in Italië laten zien dat de productie van aubergineplanten die niet geënt zijn (controle) of geënt werden op eigen wortels, 2 tomatenonderstammen of op Beaufort (interspecificke hybride) nauwelijks verschillen vertoonde (Romano & Paratore, 2001). Ook de vruchtkwaliteit werd niet door het gebruik van onderstammen beïnvloed. Ook in Azië is onderzoek gedaan aan het gebruik van onderstammen bij aubergine. Deze literatuur is bijna uitsluitend in het Japans en Koreaans verschenen. In Griekenland werd het ras Tsakoniki ongeënt en geënt op *Solanum torvum* en *S. sisymbriifolium* beproefd (Bletsos *et al.*, 2003) in een grondteelt. In 1998 hadden de geënte planten een veel hogere productie dan de niet geënte, terwijl er in 1999 geen verschillen waren in de productie aan het einde van het seizoen.

Uit een studie naar de groei van aubergine op tomatenonderstammen bleek dat het bladoppervlakte van geënte planten groter was dan dat van niet geënte planten (Tabel 4.11; Vuruskan en Yanmaz, 1990). Het aantal bladeren verschilde echter niet. De vroege en totale opbrengst bleek hoger te zijn wanneer het ras Prelane was geënt op een tomatenonderstam dan wanneer Prelane niet werd geënt (Tabel 4.11).

*Tabel 4.11. Effect van enten op het bladoppervlak, aantal bladeren, vroege en totale opbrengst van auberginerassen Prelane en Baluroi. Verschillende letters geven significante verschillen aan binnen een entras (Vuruskan & Yanmaz, 1990).*

Ent	Onderstam	Bladoppervlak (cm <sup>2</sup> )	Aantal bladeren	Vroege opbrengst (kg/plant)	Totale opbrengst (kg/plant)
Prelane	-	17.8 b	2.4	0.58 b	1.13 b
Prelane	Kyndia	21.0 b	2.6	1.13 a	1.57 ab
Prelane	Dario	27.7 a	2.6	1.19 a	1.88 a
Baluroi	-	15.8 c	2.3	0.55 b	1.22 b
Baluroi	Kyndia	23.6 b	3.0	0.98 a	1.49 ab
Baluroi	Dario	35.8 a	2.9	1.22 a	1.84 a

Aubergine enten op een groeikrachtige onderstam kan leiden tot problemen met de vruchtkwaliteit (Van Gastel, 1996; Boonekamp, 1998). Hetzelfde werd gevonden bij meloen. Dit is een gewas waarbij in Azië kwaliteit duur betaald wordt. Kwaliteitsverlies van de vruchten is daar niet acceptabel (Lee en Oda, 2003). Bij meloen worden juist minder groeikrachtige onderstammen gebruikt om vruchtkwaliteit te handhaven. Ook de vruchtzetting gaat makkelijker bij de minder groeikrachtige onderstammen.

## 5. Discussie en aanbevelingen

Enten is een techniek die al eeuwenlang wordt toegepast in de fruitteelt, maar in de teelt van vruchtgroentengewassen nog relatief nieuw is. Sinds begin van de 20<sup>e</sup> eeuw worden vruchtgroenten geënt in Azië om productie-verlies door grondgebonden ziekten te verminderen (Lee & Oda, 2003). In Nederland werden ook bijvoorbeeld komkommers tot circa 20 jaar geleden nog op onderstammen geteeld om uitval van planten door grondgebonden ziektes te voorkomen. Bij de overstap van de teelt van vruchtgroenten op substraat verdween echter het gebruik van onderstammen vrijwel geheel uit de teelt van vruchtgroentengewassen in Nederland. Sinds een aantal jaren staan onderstammen weer in de belangstelling. Bij tomaat bleken geënte planten beter bestand te zijn tegen *Verticillium* en pepinomozaïekvirus. Daarnaast bleek bij tomaat ook een opbrengstverhoging door het gebruik van onderstammen mogelijk te zijn, al vergt dat wel een goede (generatieve) sturing van het gewas.

Voor tomaat en aubergine zijn een aantal goede onderstammen beschikbaar, voornamelijk kruisingen van de cultuur-tomaat met wilde tomatensoorten. In de teelt van paprika zijn tot nu toe nog geen onderstammen beschikbaar die een productiestijging op kunnen leveren. Eén van de problemen hierbij is dat paprika alleen verenigbaar is met andere *Capsicum* soorten. Voor de (biologische) komkommerteelt is de onderstam Harry beschikbaar, een selectie van een komkommerachtige uit Azië (*Sicyos angulatus*).

Een nadeel van het gebruik van onderstammen is dat de vruchtkwaliteit negatief beïnvloed kan worden. In Nederland is het voorbeeld van drukplekken bij aubergine het best bekend. Ook bij komkommer is wel gevonden dat er dofheid van de vruchten op kan treden door te enten (Yamamoto *et al.*, 1989). Verder komt het voor dat het suikergehalte in tomatenvruchten lager is bij geënte tomaten dan bij tomaten op eigen wortel, hetgeen de smaak niet ten goede komt. Over het algemeen kunnen deze problemen opgelost worden door teeltmaatregelen (bijvoorbeeld het verhogen van de EC van het gietwater), al gaat dat soms ten koste van de productiestijging als gevolg van de onderstam.

Enten wordt in de teelt van vruchtgroenten in Azië en rond de Middellandse Zee ook veel toegepast om planten weerbaarder te maken tegen ongunstige omstandigheden zoals hoge temperaturen, lage temperaturen, hoge zoutgehalten in het gietwater en droogte. Groei en fotosynthese van geënte planten blijken onder deze omstandigheden beter op niveau blijven dan die van niet geënte planten. De wortelstelsels van onderstammen zijn over het algemeen beter geschikt om onder dit soort omstandigheden te groeien dan de eigen wortels van de entrassen. De onderstam kan geselecteerd worden voor de specifieke groeiomstandigheden. Zo wordt komkommer voor de winterteelt in Azië geënt op vijgbladpompoe (*Cucurbita ficifolia*) om een betere groei bij lage (bodem)temperaturen mogelijk te maken. Voor de zomerteelt daarentegen wordt komkommer in Azië geënt op de onderstam Sintozwa, een interspecifieke hybride (*C. maxima* x *C. moschata*). Deze onderstam heeft een uitgebreid wortelstelsel en is daarom goed in staat in de warme periode water op te nemen.

In Azië is uitgebreid onderzoek gedaan naar de teelt (in grond) van komkommer op onderstammen. Komkommer heeft een optimale groei en de hoogste fotosynthese bij een bodemtemperatuur van 20 °C (Ahn *et al.*, 1999). Vijgbladpompoe heeft als optimale temperatuur 15 °C. De groei van vijgbladpompoe is bij die temperatuur overigens wel lager dan de groei van komkommer bij 20 °C. Maar wanneer komkommer op vijgbladpompoe geënt wordt blijkt het temperatuuroptimum van deze combinatieplant ook bij 15 °C te liggen. Het drooggewicht van de plant is dan vergelijkbaar met dat van niet geënte komkommerplanten bij 20 °C. Dit geeft aan dat er mogelijkheden liggen in het gebruik van onderstammen om energiezuiniger te telen. Voor komkommer is dit het meest uitgebreid onderzocht. Er is echter geen reden om aan te nemen dat deze principes niet gelden voor de andere vruchtgroentengewassen. Wel is het zo dat het meeste van dit onderzoek is gedaan in Aziatische landen, onder andere klimaatcondities en bij teeltwijzen die sterk verschillen van de huidige Nederlandse kasteelten. Het zou aanbeveling verdienen te onderzoeken in hoeverre in de huidige teelt van vruchtgroenten onderstammen gebruikt kunnen worden om bij lagere temperaturen te telen zonder in te leveren aan productie en vruchtkwaliteit.

Uit onderzoeksprogramma's in de 70er en 80er jaren gericht op energiebesparing in de teelt van vruchtgroenten door te telen bij lagere temperaturen bleek dat er voor zowel tomaat als komkommer lijnen geselecteerd konden worden die bij lagere temperaturen een goede groei vertoonden (Den Nijs, 1980; Zijlstra & Den Nijs, 1987). Echter, het bleek dat er vaak een groot verschil was tussen de prestatie van een genotype als onderstam of datzelfde genotype als ent. Zo bleek uit een studie van Zijlstra *et al.* (1984) dat de tomatenrassen Alcobacca en Moneymaker laat vrucht zetten en een laag trosgewicht hebben. Echter, wanneer deze rassen als onderstam worden gebruikt leiden ze tot vroege vruchtzetting en een hoog trosgewicht. Dit geeft aan dat bij de selectie van onderstammen die geschikt zijn om bij lage temperaturen te gebruiken, specifiek op worteleigenschappen geselecteerd moet worden en niet uitsluitend naar het gedrag van de bovengrondse delen bij lagere temperaturen gekeken moet worden.

In hoofdstuk 3 is aangegeven via welke processen een verlaging van de kasluchttemperatuur de gewasgroei en productie beïnvloedt. Wanneer onderstammen ingrijpen op deze processen, biedt dit perspectieven om bij lagere temperaturen door het gebruik van een onderstam toch de groei en productie te handhaven. Door het gebruik van onderstammen moeten dan de effecten van lagere temperaturen op de ent 'opgeheven' worden. Het is gewenst dat de onderstam de ent aanzet tot:

- Een hogere bladafplitsingsnelheid
- Dunnere bladeren (groter bladoppervlak per eenheid bladgewicht)
- Hogere fotosynthesesnelheid per eenheid bladoppervlak
- Goede vruchtzetting

In de meeste literatuur die gevonden is, is de groei van geënte planten niet zodanig nauwkeurig geanalyseerd dat over de invloed van de onderstam op bovenstaande processen een uitspraak gedaan kan worden. Verder heeft veel literatuur betrekking op jonge planten, waaraan nog geen vruchten gevormd waren. In een aantal gevallen worden er wel uitspraken gedaan over bovenstaande processen:

- Er is geen verschil in het aantal bladeren tussen aubergineplanten op eigen wortel of geënt op twee verschillende onderstammen (Vuruskan & Yanmaz, 1990)
- Ahn *et al.* (1999) vond een groter bladoppervlak bij lagere temperaturen voor komkommer geënt op vijfbladpompoe dan komkommer op eigen wortels. Niet duidelijk is of dit te maken heeft met een groter aantal bladeren (hogere bladafplitsingsnelheid) of met grotere of dunnere bladeren.
- Het temperatuuroptimum van de fotosynthese verschuift naar lagere temperaturen wanneer komkommer geënt wordt op vijfbladpompoe (Ahn *et al.*, 1999).
- Kell & Jaksch (1998) vonden dat de vruchtzetting in de zomermaanden beter was bij geënte planten dan bij niet geënte tomatenplanten.
- Het aantal vruchten bij lagere temperaturen (20/15 °C dag/nacht) van een aantal geselecteerde komkommerlijnen is hoger dan bij hogere kasluchttemperaturen (23/20 °C) (Den Nijs, 1980)
- Er is variatie in de blad dikte tussen verschillende lijnen van komkommer (Den Nijs, 1980).
- Er is nauwelijks verschil in fotosynthesesnelheid tussen verschillende lijnen van komkommer (Den Nijs, 1980)

Uit bovenstaand overzicht blijkt dat niet alle genoemde processen door onderstammen beïnvloed worden. De grotere bladoppervlakte, betere vruchtzetting en het verschuiven van de optimumtemperatuur van de fotosynthese geven wel redenen om aan te nemen dat het mogelijk is om door het gebruik van onderstammen bij een lagere temperatuur een goede groei en productie te realiseren, vergelijkbaar met het huidige niveau in de praktijk. Het zou aanbeveling verdienen de potenties van een aantal onderstammen bij lagere kasluchttemperaturen in experimenteel onderzoek na te gaan.

Eén van de redenen waarom onderstammen in staat zijn bij lagere (bodem)temperaturen een goede groei van de ent te induceren is dat de wortelstelsels van onderstammen bij lage temperaturen beter in staat zijn water en nutriënten op te nemen dan de wortels van de (ent)rassen. Een andere reden is het feit dat onderstammen bij lagere temperaturen meer cytokininen aanmaken en via de opwaartse sapstroom naar de ent sturen, waar ze tot groei aanzetten. Over wat het effect is van onderstammen op de transpiratie van de bovengrondse delen is bijzonder weinig bekend. Uit een studie van Eguchi & Koutaki (1986) bleek dat bij temperaturen tussen de 15 en 30 °C de verdamping van komkommer op eigen wortel of geënt op vijfbladpompoe op hetzelfde niveau ligt. Er zijn voor zover ons bekend geen studies waarin aangetoond wordt dat een onderstam de verdamping van de ent beïnvloedt.

Het gebruik van onderstammen biedt voor elk (teelt)seizoen de mogelijkheid beter om te gaan met de bijzonderheden van dat seizoen. In de volgende paragrafen staat beschreven welke eisen er in de winter, voorjaar, zomer en herfst aan de onderstam gesteld worden en wat dit voor consequenties heeft voor het energiegebruik, wateropname en productie.

De winter (periode november tot en met februari) is voor vruchtgroenten de periode waarin de teelt gestart wordt. In deze fase is de opbouw van het gewas van groot belang. Het is dan van belang een groeiachtige onderstam te hebben, die een snelle afsplitsing van bladeren en de vorming van grote bladeren stimuleert. Hiermee kan het gewas snel tot volledige lichtonderschepping komen. Naast vegetatieve groei is het van groot belang dat de onderstam ook een goede vruchtzetting bewerkstelligt. Het is gewenst dat de onderstam zowel zorgt voor een goede opbouw van het gewas als een goede vruchtzetting. Verder is de winter de periode van het jaar waarin de (buiten)temperaturen het laagst zijn, de daglengtes kort en de lichtintensiteiten laag. In deze periode wordt veel energie gebruikt om de temperatuur in de kas op het gewenste niveau te houden. Het zou dan zeer wenselijk zijn een onderstam te hebben die bij lagere temperaturen eenzelfde gewasgroei kan induceren, zodat het energieverbruik verminderd wordt. Uit dit rapport is al gebleken dat er perspectieven zijn om onderstammen te selecteren die gebruikt kunnen worden om bij lagere temperaturen te telen met behoud van groei en productie. Aan het begin van de teelt is water- en nutriëntopname geen beperkende factor. Aan de onderstam worden derhalve geen specifieke eisen gesteld met betrekking tot de opnamecapaciteit voor water en nutriënten.

Het voorjaar (periode maart tot en met mei) wordt gekarakteriseerd door sterke wisselingen in het klimaat. In deze periode heeft het gewas een onderstam nodig die er voor zorgt dat het gewas goed om kan gaan met de wisselingen in licht, temperatuur en luchtvochtigheid. Door het gebruik van een dergelijke onderstam kan de tuinder toestaan dat de temperatuur en vochtigheid in de kas meer fluctueren zonder dat dit effect heeft op groei, ontwikkeling en productie. Het toestaan van deze wisselingen kan een behoorlijke energiebesparing opleveren. Het voorjaar is de periode waarin de vruchtgroentegewassen beginnen met de vruchtproductie. In deze periode is het van belang dat de onderstam een goede verdeling van de assimilaten naar de vruchten induceert. De onderstam moet het gewas meer generatief sturen dan in de beginfase van de teelt, waarin met name opbouw van het bladpakket van belang is. Het gebruik van onderstammen kan leiden tot problemen met de kwaliteit van de vruchten. Het bekendste voorbeeld is aubergine, waarbij in de beginperiode van het enten drukplekken en doffe vruchten optraden. Door het aanpassen van de teeltstrategie zijn deze problemen grotendeels te voorkomen.

In de warme zomermaanden (juni tot en met augustus) is er behoefte aan onderstammen die er voor zorgen dat de vruchtgroentegewassen bij hoge temperaturen goed te telen zijn. In de zomermaanden kan zetting een probleem zijn bij hoge temperaturen, met name gewassen als paprika en tomaat hebben dan problemen met een goede vruchtzetting. De onderstam moet in deze periode dus aanzetten tot een goede vruchtzetting, ook al zijn de omstandigheden hiervoor ongunstig. In de zomermaanden, wanneer de instraling en kasluchttemperatuur hoog zijn en het vochtgehalte in de lucht laag, is het van groot belang dat het gewas voldoende vocht op kan nemen. Het is dan van belang een onderstam te hebben met een groot wortelstelsel dat goed vertakt is en waarmee de plant gemakkelijk water op kan nemen. De wortels moeten ook goed nutriënten zoals calcium op kunnen nemen om in de zomer problemen met neusrot te voorkomen. Specifiek voor tomaat geldt dat in de zomermaanden problemen op kunnen treden met 'kort blad'. Naast een goede vruchtzetting moet de onderstam in de zomer dus ook zorgen voor de aanleg van grote, dunne bladeren. In de zomermaanden wordt bijna alleen energie verstoekt ten behoeve van de CO<sub>2</sub> voorziening. In deze periode spelen onderstammen dus nagenoeg geen rol in het energieverbruik.

In de herfstmaanden (september en oktober) zijn de temperaturen buiten vaak nog redelijk hoog. Omdat de meeste vruchtgroentegewassen in deze periode aan het einde van de teelt zitten, staat er een gewas in de kas met veel (verdampend) blad. De luchtvochtigheid in de kas is daardoor over het algemeen (erg) hoog, wat risico's met zich meebrengt ten aanzien van schimmelaantastingen van het gewas. In deze periode is er behoefte aan een onderstam die de plant weerbaarder of resistent maakt tegen schimmelaantastingen. In de herfstmaanden wordt veel energie gebruikt om de kas 'droog te stoken'. Wanneer een gewas op een onderstam beter bestand zou zijn tegen hogere luchtvochtigheden, zou dit veel energie kunnen besparen. Een mogelijkheid zou kunnen zijn te zoeken naar een onderstam die er voor zorgt dat het bovengrondse gewas minder verdampt, al zijn er in de literatuur geen aanwijzingen gevonden dat er onderstammen met deze eigenschap zijn. Omdat de verdamping van een gewas over het

algemeen met ten minste 10% verminderd zou kunnen worden zonder dat dit effect heeft op de groei en productie, zou dit wel een mogelijkheid zijn om de luchtvochtigheid in de kas te verlagen. Aan het einde van de teelt is een goede zetting ook van belang. De onderstam moet er in deze periode dus ook voor zorgen dat een goede zetting optreedt. In deze fase van de teelt is het gewenst dat het grootste gedeelte van de assimilaten naar de vruchten gaat, omdat een toename van het vegetatieve deel van de plant niet meer nodig is. Hiervoor is een generatieve sturing door de onderstam gewenst.

Uit de beschrijving van de gewenste onderstameigenschappen per seizoen blijkt dat de eigenschappen die van de onderstam gevraagd worden sterk wisselen gedurende het jaar. Om jaarrond een optimale gewasgroei te realiseren met een verlaagde inzet van energie zou het mogelijk beter zijn niet meer jaarrond met hetzelfde gewas te telen, maar per jaar 2 of meer teelten te hebben. Om in productie te blijven moet daarvoor de nodige aandacht besteed worden aan de manier waarop deze teeltwisselingen plaatsvinden. Dit zou bijvoorbeeld met tussenplanten kunnen, iets wat in de 80er jaren voor tomaat heel gewoon was en waar recent op een aantal bedrijven opnieuw ervaring mee opgedaan is. In de komkommerteelt worden meerdere teelten per jaar uitgevoerd. Voor dit gewas zou de toepassing van een specifiek voor die teelt geselecteerde onderstam ook kunnen leiden tot een betere groei bij een lagere energiebehoefte. Ook in de belichte teelt wordt op dit moment gesproken over de vraag of een gewas dat in de wintermaanden in het begin van de teelt zwaar belicht wordt wel een heel teeltseizoen mee kan gaan. Ook bestudeert men daar de mogelijkheden en wenselijkheid van meerdere teelten per seizoen. Waarschijnlijk kan een belicht gewas op een groeikrachtige onderstam wel langer doorgeteeld worden met behoud van productie en productkwaliteit dan een gewas op eigen wortels.

Wanneer een plant geënt wordt op een onderstam houdt dat over het algemeen in dat de groei van de aldus verkregen combinatieplant beter is dan van de plant op eigen wortels. Nadeel van enten is dat de kosten van een geënte plant hoger zijn dan van een niet geënte plant. Dat betekent dat enten in de praktijk alleen toegepast wordt voor teelten waarin het aantal planten dat per hectare per jaar gebruikt wordt niet te hoog is. Ook in teelten waarin maar één maal per jaar geplant wordt, zoals bijvoorbeeld paprika of tomaat, spelen de entkosten een rol. In deze teelten is men overgegaan tot het aanhouden van meer stengels per plant, waardoor het aantal benodigde planten afgenomen is en daarmee ook de plantkosten.

In dit rapport wordt het gebruik en de potenties van onderstammen bij vruchtgroenten onder glas beschreven. In andere sectoren van de glastuinbouw worden onderstammen maar beperkt toegepast. In de sierteelt werden tot midden jaren 90 voornamelijk geënte rozen geteeld. Hiervoor waren een aantal groeikrachtige onderstammen beschikbaar. Daarna kwamen steeds meer cultivars op de markt met sterke wortelstelsels, waardoor enten minder noodzakelijk was. Daarbij kwam nog dat cultivars steeds sneller 'uit' waren. Ging een rozen gewas in de 80er jaren nog 5 tot 7 jaar mee voordat het vervangen werd, aan het einde van de 90er jaren was dat nog slechts 1-3 jaar. Hierdoor gingen de kosten van het enten zwaarder wegen en werden steeds meer rozen onder glas op eigen wortel geteeld. In korte teelten met een hoge plantdichtheid zoals chrysant kan enten niet uit door het grote aantal planten dat nodig is. Wel zou het mogelijk zijn dat in een bepaald seizoen ook dergelijke gewassen geënt zouden worden. Bijvoorbeeld in een zomerteelt zou een onderstam gebruikt kunnen worden die zorgt voor een goede wateropname of in de winterteelt een onderstam die goed te telen is bij lagere temperaturen. In de vollegrondsgroenteteelt geldt ook dat het aantal planten dat nodig is voor een teelt vaak hoog is en de marges (financieel) erg klein. De hogere plantkosten door te enten vormen in deze teelten dus een niet te overkomen barrière. In de potplantenteelt zou het met onderstammen mogelijk kunnen zijn compacte planten te telen, naar analogie van het gebruik van groeiremmende onderstammen in de fruitteelt. In deze sector wordt voor een bijzonder product nog wel goed betaald, dus de hogere plantkosten door het enten zijn daar bij de teelt van de duurdere planten waarschijnlijk wel terug te verdienen.

Uit deze literatuurstudie is te concluderen dat het mogelijk is door het gebruik van onderstammen in de teelt van vruchtgroenten het energieverbruik te verminderen door bij lagere etmaaltemperaturen te telen met behoud van productie en vruchtbaarheid. Om optimaal gebruik te kunnen maken van onderstammen zal voor elk van de onderzochte vruchtgroentengewassen de teeltwijze aangepast moeten worden aan het gebruik van onderstammen. Hierbij verdient het aanbeveling om te onderzoeken wat de mogelijkheden zijn om in de vruchtgroenteteelt meerdere teelten per jaar toe te passen, waarbij per teelt een onderstam met specifieke eigenschappen gebruikt wordt.

## 6. Literatuur

- Abdelhafeez, A.T., H. Harssema & K. Verkerk, 1975.  
Effect of air temperature, soil temperature and soil moisture on growth and development of tomato itself and grafted on its own and eggplant rootstock. *Scientia Horticulturae* 3: 65-73.
- Adriaenssens, W., L. van Herck, L. van Looy & F. van Gucht, 2001.  
Tomaat, vergelijking onderstammen 1998, 1999 en 2000. *ProeftuinNieuws* 1: 14-16.
- Adriaenssens, W., L. van Herck & L. van Looy, 2001.  
Tomaat, vergelijking onderstammen 2001. *ProeftuinNieuws* 20: 26-27.
- Adriaenssens, W., G. Van de Ven, L. Van Looy & L. Van Herck, 2002.  
Onderstammenproef middelvroege teelt 2002: Maxifort en Eldorado bevestigen. *Proeftuin Nieuws* 22: 18-19.
- Ahn, S.J., Y.J. Im, G.C. Chung, B.H. Cho & S.R. Suh, 1999.  
Physiological response of grafted-cucumber leaves and rootstock roots affected by low root temperature. *Scientia Horticulturae* 81: 397-408.
- Berents, X., 1999.  
Onderstammen laten kleine verschillen zien. *Groenten en Fruit* 40: 30.
- Bhatt, R.M., N.K. Srinivasa Rao & A.T. Sadashiva, 2002.  
Rootstock as a source of drought tolerance in tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill.). *Indian Journal of Plant Physiology* 7: 338-342.
- Bletsos, F., C. Thanassouloupoulos & D. Roupakias, 2003.  
Effect of grafting on growth, yield and *Verticillium* wilt of eggplant. *HortScience* 38(2): 183-186.
- Boonekamp, G., 1997.  
Met enten eindelijk weer nieuwe uitdaging. *Groenten + Fruit / Glasgroenten* 29: 12-13.
- Boonekamp, G., 1998.  
Kiezen voor kwaliteit bij geënte aubergine kost productie. *Groenten en Fruit* 6: 6-7.
- Boonekamp, G., 2003.  
Zaadfirma's worstelen met eigen succes. *Groenten & Fruit* 36: 38-39.
- Bot, G., A. Dieleman, S. van Heusden, E. Heuvelink, P. Lindhout & L. Marcelis, 2004.  
Visie op de rol van veredelingsonderzoek in de ontwikkeling van nieuwe rassen voor veranderende kasomstandigheden. *Rapport Wageningen UR*, 15 pp.
- Bulder, H.A.M., P.R. van Hasselt & P.J.C. Kuiper, 1987.  
The effect of temperature on early growth of cucumber genotypes differing in genetic adaptation to low-energy conditions. *Scientia Horticulturae* 31: 53-60.
- Cornelissen, K., 2004.  
Discussie enten van biopaprika opnieuw open. *Proeftuin Nieuws* 16: 7-8.
- Cooper, A.J., 1973.  
Root temperature and plant growth. *Research review* 4. *Common wealth Bureau of Horticultural and Planting Crops*, 73 pp.
- De Koning, A. N. M., 1994.  
Development and dry matter distribution in glasshouse tomato: a quantitative approach. PhD dissertation Wageningen Agricultural University, Wageningen, 240 pp.
- De Vries, D.P., 1993.  
The vigour of glasshouse roses. Scion-rootstock relationships. *Proefschrift Landbouwniversiteit Wageningen*, 169 pp.
- Den Nijs, A.P.M., 1980.  
Adaptation of the glasshouse cucumber to lower temperatures in winter by breeding. *Acta Horticulturae* 118: 65-72
- Den Nijs, A.P.M., 1984.  
Ervaringen met een nieuwe onderstam voor komkommer: *Sicyos angulatus*. *Groenten en Fruit* 39(40): 38-41.

- Dieleman, J.A., F.W.A. Verstappen & D. Kuiper, 1998.  
Bud break and cytokinin concentration in bleeding sap of *Rosa hybrida* as affected by the genotype of the rootstock. *Journal of Plant Physiology* 152: 468-472.
- Disco, A., 2001.  
Hernieuwde belangstelling voor paprika op onderstam. *Groenten en Fruit. Vakdeel Glasgroenten* 7: 14-15.
- Disco, A., 2003.  
Enten nog geen passende sleutel tot meerproductie. *Groenten & Fruit* 29: 18-19.
- Disco, A., 2005.  
Perspectief enten paprika vaag. *Groenten & Fruit* 10: 25.
- Dueck, T., A. Elings, F. Kempkes, P. Knies, N. van de Braak, N. Garcia, G. Heij, J. Janse, R. kaarsemaker, P. Korsten, R. Maaswinkel, F. van Noort, M. Ruijs, C. Reijnders & R. van der Meer, 2004.  
Energie in kengetallen: op zoek naar een nieuwe balans. *Plant Research International*, nota 312, 104 pp.
- Eguchi, H. & M. Koutaki, 1986.  
Analysis of soil temperature effect on transpiration by leaf heat balance in cucumber, cucurbit and their grafted plants. *Biotronics* 15: 45-54.
- Esmeijer, M.H., 1998.  
Minimale transpiratie in relatie tot energieverbruik, productie en kwaliteit van glastuinbouwgewassen. Rapport 154, Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente.
- Fernández-García, N., V. Martínez, A. Cerdá & M. Carvajal, 2002.  
Water and nutrient uptake of grafted tomato plants grown under saline conditions. *Journal of Plant Physiology* 159: 899-905.
- Gur, A. & D. Zamir, 2004.  
Unused natural variation can lift yield barriers in plant breeding. *PLoS Biology* 2(10): e245.
- Halfacre, R.G. & J.A. Barden, 1979.  
*Horticulture*. McGraw-Hill Book Company, New York, 722 pp.
- Heijens, G., 2004.  
Enten niet meer weg te denken bij tomaat. *Groenten & Fruit* 2:22-23.
- Heuvelink, E., 1989.  
Influence of day and night temperature on the growth of young tomato plants. *Scientia Horticulturae* 38: 11-22.
- Heuvelink, E. & C. Stanghellini, 2004.  
Verdamping en productie: geen onafscheidelijk duo. *Groenten & Fruit* 32: 24-25.
- Heuvelink, E & T. Kierkels, 2005.  
Onderstam snel alternatief voor langzame veredeling. *Onder Glas* 8: 28-29.
- Hogendonk, L. & P. Steenbergen, 2004a.  
Onderstammen voor biologisch geteelde groentegewassen. Onderzoek op praktijkbedrijven bij komkommer, aubergine, tomaat en paprika. Rapport PPO Glastuinbouw, 69 pp
- Hogendonk, L. & P. Steenbergen, 2004b.  
Grondteelt ontbeert onderstam. *Groenten & Fruit* 46: 23.
- Hogendonk L., J. Amsing, F. Zoon, P. Steenbergen & M. de Jong, 2004.  
Biologisch uitgangsmateriaal komkommer. Eigenschappen en toepasbaarheid van de onderstam *Sicyos angulatus*. Rapport PPO Glastuinbouw, 33 pp
- Jakupaj-de Snoo, E., 2003.  
Geënte tomaat vergt andere blik. *Oogst Tuinbouw* 42: 37.
- Jakupaj-de Snoo, E., 2004.  
Onderstam wil maar geen succes worden in paprika. *Oogst Tuinbouw* 39: 30-31.
- Jasperse, H., 1998.  
Geënte aubergine goed te telen met juiste maatregelen. *Groenten en Fruit* 18: 16-17.
- Kato, T. & H. Lou, 1989.  
Effect of rootstock on the yield, mineral nutrition and hormone level in xylem sap in eggplant. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* 58: 345-352.
- Kell, K. & T. Jaksch, 1998.  
Veredelungsunterlagen bei Tomaten im Vergleich. *Gemüse* 12: 700-704.



- Khayat, E., D. Ravad & N. Zieslin, 1985.  
The effect of various night-temperature regimes on the vegetative growth and fruit production of tomato plants. *Scientia Horticulturae*, 27, 9-13.
- Kim, H.T., N.J. Kang, K.Y. Kang, J.W. Cheong, H.J. Jung & B.S. Kim, 1997.  
Characteristics of *Cucurbita* spp. for as to use cucumber rootstock. *RDA Journal of Horticultural Science* 39(2): 8-14.
- Kim, W.K., 1999.  
Effects of rootstocks on the growth and contents of capsaicins and sugars in hot pepper (*Capsicum annuum* L.). MSc Thesis, Kyung Hee University, Korea.
- Lee, J.M., 1994.  
Cultivation of grafted vegetables. I. Current status, grafting methods, and benefits. *HortScience* 29: 235-239.
- Lee, J.M., 2003.  
Advances in vegetable grafting. *Chronica horticulturae* 43 (2): 13-19.
- Lee, J.M. & M. Oda, 2003.  
Grafting of herbaceous vegetable and ornamental crops. *Horticultural Reviews* 28: 61-124.
- Marcelis, L.F.M., 1993.  
Fruit growth and biomass allocation to the fruits in cucumber. 1. Effect of fruit load and temperature. *Scientia Horticulturae* 54, 107-121.
- Martin, G.C. & G.E. Wilcox, 1963.  
Critical soil temperature for tomato plant growth. *Proceedings of the American Soil Science Society* 27: 565-567.
- Matsubara, S., 1989.  
Studies on salt tolerance of vegetables. 3. Salt tolerance of rootstocks. *Bulletin of the Okayama University of Agriculture* 73: 17-25.
- Matsuzoe, N., H. Nakamura, H. Okubo & K. Fujieda, 1993.  
Growth and yield of tomato plants grafted on *Solanum* rootstocks. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* 61(4): 847-855.
- Middendorp, C.W., 2005.  
Does an increase in LAI mitigate the negative effect of salinity on yield in tomato. Msc Thesis, Tuinbouwproductieketens, Wageningen Universiteit.
- Nieuwhof, M., F. Garretsen & J.C. van Oeveren, 1991.  
Growth analyses of tomato genotypes grown under low energy conditions. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 39: 191-196.
- Oda, M., 2002.  
Grafting of vegetable crops. Scientific report of the Graduate School of Agriculture and Biological Sciences, Osaka Prefecture University 54: 49-72.
- Oda, M., M. Nagata, K. Tsuji & H. Sasaki, 1996.  
Effects of scarlet eggplant rootstock on growth, yield, and sugar content of grafted tomato fruits. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* 65(3): 531-536.
- Picken, A. J. F., 1984.  
A review of pollination and fruit set in the tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Journal of Horticultural Science* 59: 1-13.
- Rijpsma, E., X. Berents, P. Steenbergen, L. Hogendonk & J. van Veldhoven, 1999.  
Aubergine onderstammen onderzoek. Rapport PBG Naaldwijk, 31 pp.
- Rivero, R.M., J.M. Ruiz & L. Romero, 2003.  
Can grafting in tomato plants strengthen resistance to thermal stress? *Journal of the Science of Food and Agriculture* 83: 1315-1319.
- Romano, D. & A. Paratore, 2001.  
Effects of grafting on tomato and eggplant. *Acta Horticulturae* 559: 149-153.
- Roos, J.R., E. Brajeul, L. Fouyer, D. Lesourd & A. Bez., 2004.  
Intérêt du greffage et evaluation variétale. *Infos-Ctifl* 198: 39-42.

- Santa-Cruz, A., M.M. Martinez-Rodriguez, F. Perez-Alfocea, R. Romerio-Aranda & M.C. Bolarin, 2002.  
The rootstock effect on the tomato salinity response depends on the shoot genotype. *Plant Science* 162: 825-831.
- Smeets, L. & F. Garretsen, 1986.  
Growth analyses of tomato genotypes grown under low night temperatures and low light intensity. *Euphytica* 35: 701-715.
- Tachibana, S., 1982.  
Comparison of effects of root temperature on the growth and mineral nutrition of cucumber cultivars and figleaf gourd. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* 51 (3): 299-308.
- Tachibana, S., 1987.  
Effect of root temperature on the rate of water and nutrient absorption in cucumber cultivars and figleaf gourd. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* 55 (4): 461-467.
- Tachibana, S., 1988.  
Cytokinin concentrations in roots and root xylem exudate of cucumber and figleaf gourd as affected by root temperature. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* 56 (4): 417-425.
- Tromp, J., H. Jonkers & S.J. Wertheim, 1976.  
Grondslagen van de fruitteelt., Staatsuitgeverij 's-Gravenhage, 356 pp.
- Van de Ven, G., 2004.  
Enten bij paprika. *Proeftuin Nieuws* 16: 28.
- Van Gastel, T., 1996.  
Kwaliteitsproblemen dempen feestvreugde. *Groenten + Fruit / Glasgroenten* 23: 14-15.
- Venema, J.H., 2001.  
Low-temperature tolerance of tomato and related wild *Lycopersicon* species. A comparative study on chloroplast functioning. Proefschrift Rijksuniversiteit Groningen, 180 pp.
- Venema, J.H., F. Posthumus, M. de Vries & P.R. van Hasselt, 1999a  
Differential response of domestic and wild *Lycopersicon* species to chilling under low light: growth, carbohydrate content, photosynthesis and the xanthophyll cycle. *Physiologia Plantarum* 105: 81-88.
- Venema, J. H., F. Posthumus & P.R. van Hasselt, 1999b.  
Impact of suboptimal temperature on growth, photosynthesis, leaf pigments and carbohydrates of domestic and high-altitude wild *Lycopersicon* species. *Journal of Plant Physiology* 155: 711-718.
- Verbruggen, J., 2004.  
Extra power van geënte tomaat beheersbaar houden. *Groenten & Fruit* 39: 28-29.
- Visser, P., 2003.  
Nieuwe trostomaat staat liefst op onderstam. *Groenten & Fruit* 40: 32-33.
- Vuruskan, M.A. & R. Yanmaz, 1990.  
Effects of different grafting methods on the success of grafting and yield of eggplant/tomato graft combination. *Acta Horticulturae* 287: 405-409.
- Weng, J.H., 2000.  
The role of active and passive water uptake in maintaining leaf water status and photosynthesis in tomato under water deficit. *Plant Production Science* 3 (3): 296-298.
- Yamamoto, Y., M. Hayashi, T. Kanamaru, T. Watanabe, S. Mametsuka & Y. Tanaka, 1989.  
Studies on bloom on the surface of cucumber fruits. 2. Relation between the degree of bloom occurrence and contents of mineral elements. *Bulletin of the Fukuoka Agricultural Research Centre* B9: 1-6.
- Zijlstra, S., A.P.M. Den Nijs & N.G. Hogenboom, 1984.  
Contribution of the root system of tomato to the growth and early production at low temperature, studied in grafting experiments. IXth meeting of the EUCARPIA tomato working group, 22-24 May 1984, Wageningen, The Netherlands: 61-65.
- Zijlstra, S. & A.P.M. Den Nijs, 1987.  
Effects of root systems of tomato genotypes on growth and earliness, studied in grafting experiments at low temperature. *Euphytica* 36: 693-700.
- Zijlstra, S., S.P.C. Groot & J. Jansen, 1994.  
Genotypic variation of rootstocks for growth and production in cucumber; possibilities for improving the root system by plant breeding. *Scientia Horticulturae* 56: 185-196.

## Bijlage I.

### Namen van ent- en onderstamsorten

Latijn	Nederlands	Engels
<i>Capsicum annuum</i>	Paprika	Sweet pepper
<i>Citrullus lanatus</i>	Watermeloen	Watermelon
<i>Cucumis sativus</i>	Komkommer	Cucumber
<i>Cucurbita ficifolia</i>	Vijgbladpompoe	Figleaf gourd
<i>Cucurbita maxima</i>	(Reuzen)pompoe	Pumpkin, winter squash
<i>Cucurbita moschata</i>	Muskaatpompoe	Squash
<i>Cucurbita pepo</i>	Courgette, patisson	Summer squash
<i>Lagenaria siceraria</i>	Fleskalebas	Bottle gourd
<i>Lycopersicon esculentum</i>	Tomaat	Tomato
<i>Lycopersicon hirsutum</i>	'Wilde tomaat'	-
<i>Sicyos angulatus</i>	'Komkommerachtige'	Bur cucumber, star cucumber
<i>Solanum integrifolium</i>	Aubergine	Scarlet eggplant
<i>Solanum mammosum</i>	-	Fox face
<i>Solanum melongena</i>	Aubergine	Aubergine, egg plant
<i>Solanum sisymbriifolium</i>	Raketblad	Sticky nightshade
<i>Solanum torvum</i>	-	Plate brush
<i>Solanum toxicarium</i>	-	-

