

Beperkende factoren voor de groei en fotosynthese van tomaat bij suboptimale temperatuur (K3)

Organisation:	Laboratorium voor Plantenfysiologie - Rijksuniversiteit Groningen
Scientist:	Jan Henk Venema
Period	01/05/00 - 30/04/04
Email	j.h.venema@rug.nl

Samenvatting

Het nu afgeronde project 'Beperkende factoren voor groei en fotosynthese van tomaat bij suboptimale temperatuur' (projectnummer 10450-K3) binnen het veredelingsprogramma 'Rassen onder glas met minder gas' had tot doelstelling de fysiologische processen die cruciaal zijn voor de relatief sterke vermindering van het energierendement van tomaat bij verlaging van de kastemperatuur nader te precisieren. Hiertoe werd vergelijkend onderzoek aan de koudegevoelige kastomaat (*L. esculentum* cv. Moneymaker) en de wilde koudetolerantere soortgenoot *L. hirsutum* LA 1777 uitgevoerd. Eén van de hoofddoelen was om de oorzaak van het verschil in benutting van suikers tussen de deze beide soorten bij suboptimale temperatuur op te helderen. Uit de resultaten kan worden geconcludeerd dat verschillen in 'sinkactiviteit' (de mate waarin geproduceerde suikers gebruikt worden voor ontwikkeling in een bepaald orgaan) van de wortel hierin een belangrijke rol spelen. Zo werd gevonden dat de koudetolerantere wilde tomaat na het overzetten van een optimale naar suboptimale groeitemperatuur de allocatie (verdeling) van biomassa wijzigt ten gunste van de wortel. Van een dergelijke aanpassing (verhoging wortel/spruit ratio en wortelmassa ratio) is in de kastomaat echter nauwelijks sprake. Het idee dat een sterke remming van de sinkactiviteit van de wortel een rol speelt bij de accumulatie van suikers in de bladeren van de kastomaat werd bevestigd in experimenten waarbij de sinkactiviteit van de wortels kunstmatig werd gestimuleerd door: (1) verhoging van de worteltemperatuur, en (2) door het enten van de kastomaat op de wortel van de wilde tomaat *L. hirsutum*. Het voordeel van een sterkere wortelgroei bij suboptimale temperatuur voor de spruit is dat zich minder koolhydraten (zetmeel) ophopen in het blad wat de afname in specifieke bladoppervlakte (SLA, bladoppervlak per eenheid bladmassa) en fotosynthesecapaciteit beperkt. Het voordeel van een sterker ontwikkeld wortelstelsel bij lage temperatuur is verder dat het de spruit, zeker bij sterk fluctuerende kastemperaturen, beter kan voorzien van water, nutriënten en groeistimulerende wortelhormonen. Dit alles maakt een snellere groei en ontwikkeling van de spruit bij suboptimale temperatuur mogelijk. Verder onderzoek moet duidelijk maken wat de mechanistische achtergrond is waarom de wortelgroei (vooral de strekkingsgroei) van de kastomaat sterker wordt geremd dan in de wilde tomaat. Op het einde van dit rapport worden enkele suggesties gedaan voor verder onderzoek.

Inleiding

De doelstelling van dit project was om de cruciale fysiologische processen die de groei- en ontwikkelingssnelheid van de kastomaat (*Lycopersicon esculentum*) bij suboptimale temperatuur beperken op te helderen. Deze eigenschappen zouden vervolgens gebruikt kunnen worden als criterium voor de selectie van energie efficiënte tomatenrassen in veredelingsprogramma's.

In voorgaand onderzoek was al vast komen te staan dat de groei van de kastomaat niet beperkt werd door fotosynthese: jonge tomatenplanten hopen grote hoeveelheden koolhydraten (oplosbare suikers en zetmeel) op in hun volgroeide bladeren bij verlaging van

de teelttemperatuur. Tevens bleek dat bij de koudetolerantere wilde soortgenoten van grote hoogte uit het Andesgebergte (o.a. *L. hirsutum* LA 1777) relatief minder groeiremming en ophoping van koolhydraten optrad dan in de kastomaat bij suboptimale temperatuur. Tevens bleken de wilde tomatensoorten beter in staat hun fotosynthese op peil te houden en om foto-oxidatieve stress te weerstaan.

Dit project heeft specifiek tot doel gehad meer inzicht te verkrijgen in de mechanismen die dit verschil in benutting van beschikbare koolhydraten bij lage temperatuur veroorzaken. Hiertoe is gedurende dit project vergelijkend onderzoek verricht aan de gedateerde Nederlandse kastomaat Moneymaker en de wilde tomatensoort *L. hirsutum* LA 1777 (**Fig. 1**).

Koudegevoelige kastomaat
(*L. esculentum* cv. Moneymaker)



Koudetolerantere wilde tomaat
(*L. hirsutum* LA 1777)



Figuur 1: Foto's van de koudegevoelige kastomaat (links) en wilde soortgenoot (rechts) die gebruikt zijn in dit onderzoek.

Overigens is hetzelfde plantenmateriaal gebruikt in het project 'Opbrengstbepalende eigenschappen bij de kastomaat' (projectnummer 10450-K2) voor de ontwikkeling van een collectie terugkruisings-inteeltlijnen (BILs) die het mogelijk maakt positieve eigenschappen van deze wilde verwant in kaart te brengen. Uit de eerste inleidende experimenten bleek dat vooral de sinkactiviteit van de wortels, de mate waarin geproduceerde suikers gebruikt worden voor ontwikkeling van de wortel, sterker geremd werd in de kastomaat in vergelijking met de wilde tomaat. In het vervolg van dit onderzoek is op dit resultaat voortgeborduurd door de sinkactiviteit van de wortel van de kastomaat kunstmatig te verhogen middels het toepassen van wortelverwarming en door het enten van de kastomaat op de wortels van de wilde tomatensoort. De bevindingen van deze experimenten en daaruit voortvloeiende aanbevelingen om tot een energie efficiëntere teelt van tomaten te komen staan in dit verslag beschreven.

Opzet van de experimenten

In dit project is uitsluitend onderzoek verricht aan jonge tomatenplanten gedurende de vegetatieve ontwikkelingsfase. Hiervoor is gekozen omdat juist deze fase in de praktijk plaatsvindt gedurende de koude en donkere wintermaanden wanneer met de opkweek van nieuw plantenmateriaal plaats vindt. Er is dus *niet* gekeken naar vroegheid, vruchtopbrengst en/of kwaliteit. Om goed onderzoek te kunnen doen aan de wortels werden de planten gekweekt op hydrocultuur (**Fig. 2**).



Figuur 2: Jonge kastomaten gekweekt op hydrocultuur (30 L reservoirs met een beluchte 50% Hoagland voedingsoplossing die wekelijks verversd werd).

Gedurende het project werden een drietal verschillende proefopzetten gebruikt om de mechanismen die ten grondslag liggen aan de groeiremming en ophoping van koolhydraten bij de kastomaat, en de rol die de wortel daarbij speelt in het bijzonder, nader te bestuderen. De opzet van deze experimenten wordt hieronder kort beschreven.

1. *Vergelijkend onderzoek naar effecten van langdurige koudestress*

Vergelijkend onderzoek naar koudegevoeligheid van de kastomaat en wilde verwanten tot dusverre beschreven in de literatuur en uitgevoerd op ons eigen lab was vrijwel uitsluitend gericht op bestudering van de effecten op groei en functioneren van de spruit. Dit experiment was erop gericht om de effecten van koudestress op zowel spruit als wortel te bestuderen. Hiertoe werden zowel de kastomaat (*L. esculentum* cv. Moneymaker) en de wilde soortgenoot (*L. hirsutum* LA 1777) na een eerste opkweekfase bij optimale temperatuur (25°C) gedurende 14 dagen overgezet naar 10°C (continu) en een lage lichtintensiteit (75 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Bepaald werden de effecten op groei, biomassaverdeling, suiker/zetmeelconcentraties in blad, stengel en wortel, drogestof percentages, specifieke bladoppervlakte (SLA), chemische samenstelling van het blad (N, C, K, Ca, Mg en P) en wortelademhaling.

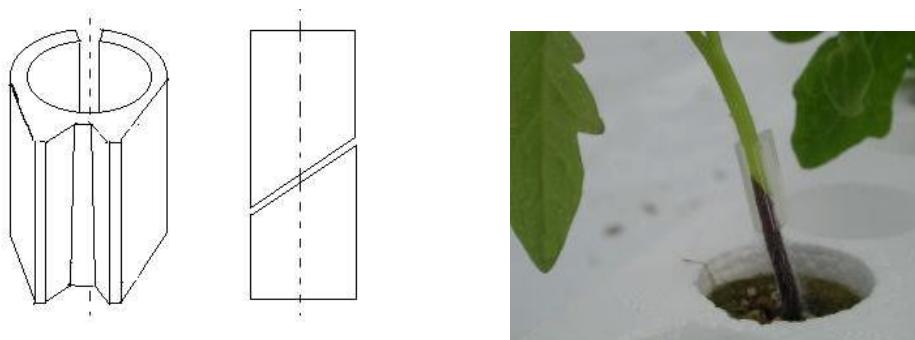
2. *Onderzoek naar effecten suboptimale spruit en/of worteltemperatuur*

Kweek op hydrocultuur maakt het op een betrekkelijk eenvoudige manier mogelijk de worteltemperatuur onafhankelijk van de spruittemperatuur te variëren en zo de specifieke reacties van wortel en spruit op temperatuurverlaging te bestuderen. Zo werden de kastomaat en de wilde tomaat gedurende 4 weken overgezet naar een viertal combinaties van spruit en worteltemperaturen, te weten 25/25, 25/15, 15/25 en 15/15°C. Gedurende deze periode werden de effecten op groei, biomassaverdeling, suiker en zetmeelconcentraties in blad,

stengel en wortel, drogestofpercentages, wortelademhaling, en concentratie en opwaarts transportsnelheid van cytokinine en abscisinezuur (ABA) via het xyleem vergeleken in beide tomatensoorten.

3. Entexperimenten

Door middel van enten van de kastomaat op de wortel van de wilde tomatensoort kon nader inzicht verkregen worden in welke mate de wortel de groei en ontwikkelingssnelheid van de spruit bij optimale en suboptimale temperatuur kan beïnvloeden. Op het moment dat beide soorten het derde blad gingen vormen werden ze met behulp van de Japanse top methode geënt. Hierbij werden de jonge planten met een hoek van 45° net boven de zaadlobben doorsneden. De kastomaat (*Le*) werd gebruik als ent en met behulp van een siliconen entclip (**Fig. 3**) geplaatst op een onderstam van de wilde tomatensoort (*Le/Lh*). Als controle werd de kastomaat op zijn eigen wortel (*Le/Le*) geënt.



Figuur 3. Siliconen entclip (links) en manier waarop deze het best geplaatst kan worden (midden) om ent en onderstam optimaal met elkaar te verbinden (rechts).

Na vergroeiing van de ent en daaropvolgend herstel in groei en ontwikkeling (14 dagen) werden beide entcombinaties gedurende 14 dagen overgezet naar een viertal spruit/worteltemperatuur combinaties, te weten 25/25, 25/15, 15/25 en 15/15°C. Gedurende deze periode werden de effecten op groei, biomassaverdeling, totaal N, C en suiker/zetmeelconcentraties in spruit en wortel vergeleken in beide entcombinaties.

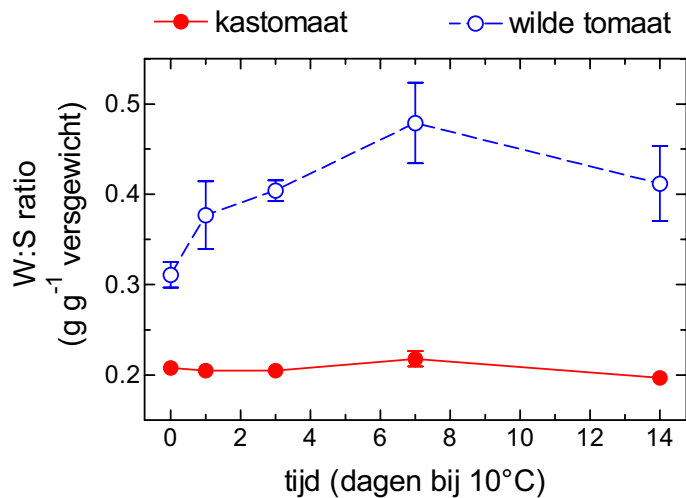
Resultaten

Hieronder zijn de meest belangrijke resultaten gepresenteerd die uit de drie experimenten naar voren zijn gekomen. Voor een volledig overzicht van alle resultaten van dit project verwijs ik naar de publicaties die binnenkort zullen verschijnen in de vakliteratuur.

Experiment 1

Vergelijkend onderzoek naar effecten van langdurige koudestress.

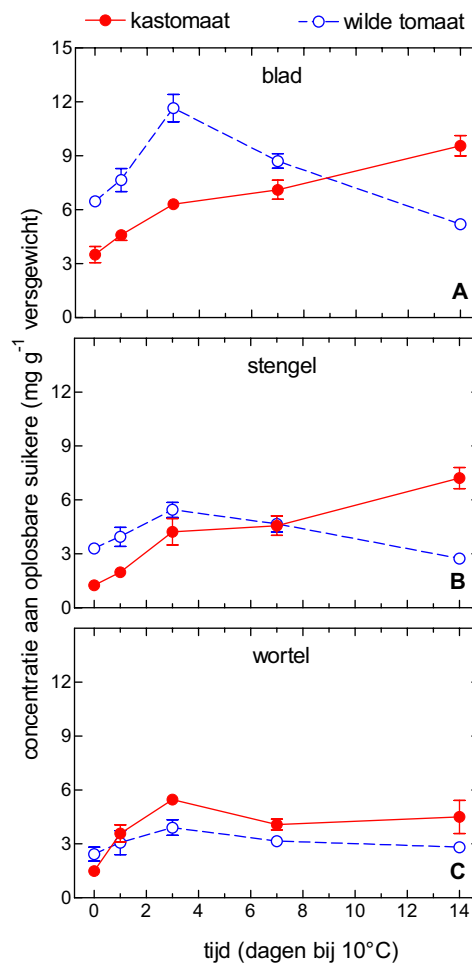
Opmerkelijk voor de wilde tomaat was dat deze soort in reactie op koudestress de verdeling van biomassa vrijwel direct wijzigde ten gunste van de wortel, dit in tegenstelling tot de kastomaat (**Fig. 4**). Naast betere biomassa toename van de wortel was toename van het spruitgewicht in de kou aanzienlijk minder geremd in de wilde tomaat. Eerder was al vastgesteld dat wilde tomaten de groeisnelheid sneller konden herstellen wanneer de planten na 14 dagen kou overgeplaatst werden naar 25°C. Wellicht heeft een betere ontwikkeld wortelstelsel hiermee te maken.



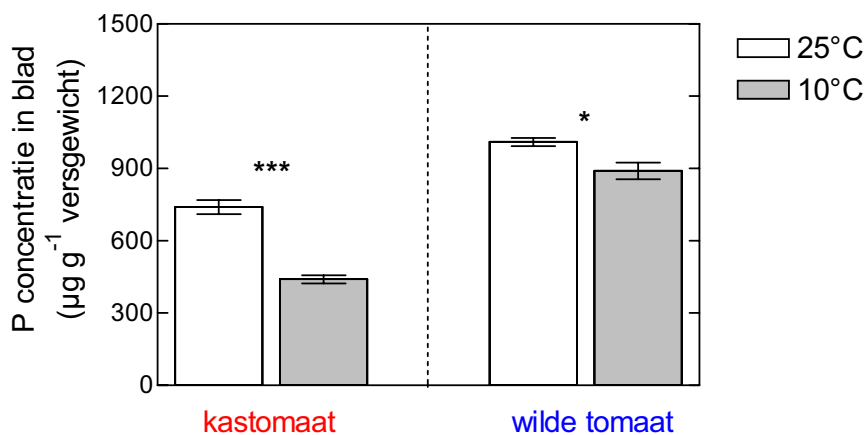
Figuur 4: Wortel:spruit ratio van de kastomaat en de wilde tomaat gedurende 14 dagen na overzetten van 25 naar 10°C (n=3, ± sd).

Doordat de sinkcapaciteit van de wortels, en in mindere mate ook van de spruit, minder sterk geremd worden in de wilde tomaat in de kou, vindt in deze soort na een aanvankelijke stijging in de eerste drie dagen uiteindelijk geen noemenswaardige ophoping van oplosbare suikers plaats in blad, stengel of wortel (**Fig. 5**). Wellicht dat in deze soort naast een minder sterke groeiremming ook een betere terugkoppeling plaatsvindt van de fotosynthesesnelheid in de kou. De kastomaat laat echter een steeds verdere toename in suikerconcentratie zien in blad en stengel, terwijl in de wortel de concentraties na een aanvankelijke stijging in de eerste drie dagen zich stabiliseren.

Voor wat betreft de chemische samenstelling van het blad bleek dat kou vooral de fosfaatconcentratie duidelijk verschillend beïnvloedt in beide soorten. In de wilde tomaat vond slechts een geringe daling van 12% plaats terwijl in de kastomaat het fosfaatgehalte maar liefst 40% lager was t.o.v. controle planten bij 25°C (**Fig. 6**). Wellicht heeft het verschil in wortelontwikkeling en/of verschillen in functionaliteit van de wortels in de kou te maken met dit verschil tussen beide soorten. Het verklaart de sterke paarskleuring van de bladeren van kastomaat in de kou.



Figuur 5: Concentratie aan oplosbare suikers in blad (A), stengel (B) en wortel (C) van de kastomaat en de wilde tomaat gedurende 14 dagen na overzetten van 25 naar 10°C (n=3, ± sd).

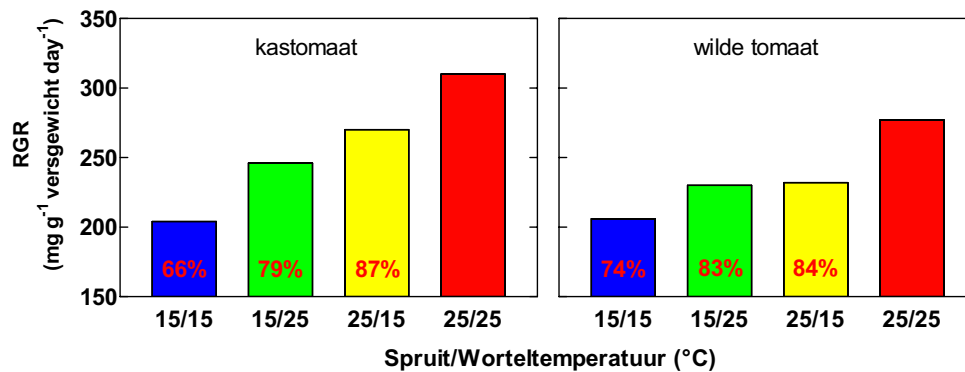


Figuur 6: Totale fosfaatconcentratie in bladeren van de kastomaat en de wilde tomaat 14 dagen na overzetten van 25 naar 10°C (n=3 ± sd; * = P ≤ 0.05, *** = P ≤ 0.001).

Experiment 2

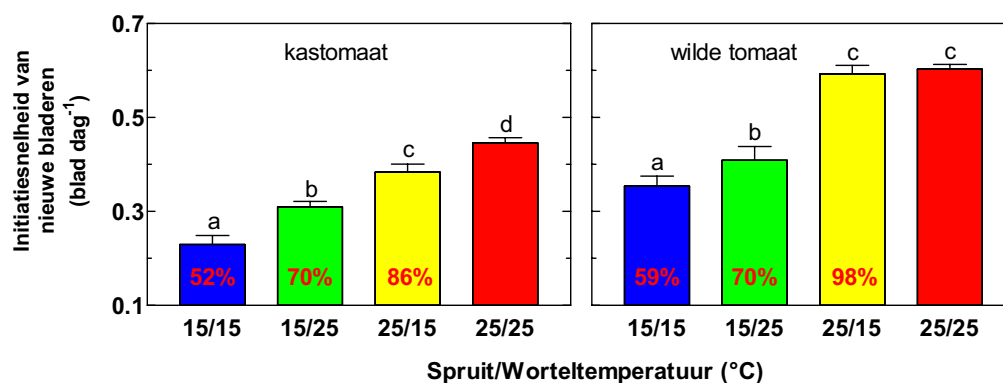
Onderzoek naar effecten suboptimale spruit en/of worteltemperatuur.

De relatieve groeisnelheid bij 15/15 t.o.v. 25/25°C spruit/worteltemperatuur is in de kastomaat groter dan bij de wilde tomaat (Fig. 7). Dit komt doordat de wilde tomaat een lagere absolute groeisnelheid heeft bij 25°C, terwijl die bij 15°C gelijkwaardig is onder de door ons opgelegde groeicondities. Koeling van de spruit of de wortel levert een min of meer intermediaire groeisnelheid op bij beide soorten. Verwarming van de wortel bij suboptimale spruittemperatuur levert een significante stimulatie op van zowel de relatieve groeisnelheid (Fig. 7) en ontwikkelingssnelheid (Fig. 8) bij beide tomatensoorten.



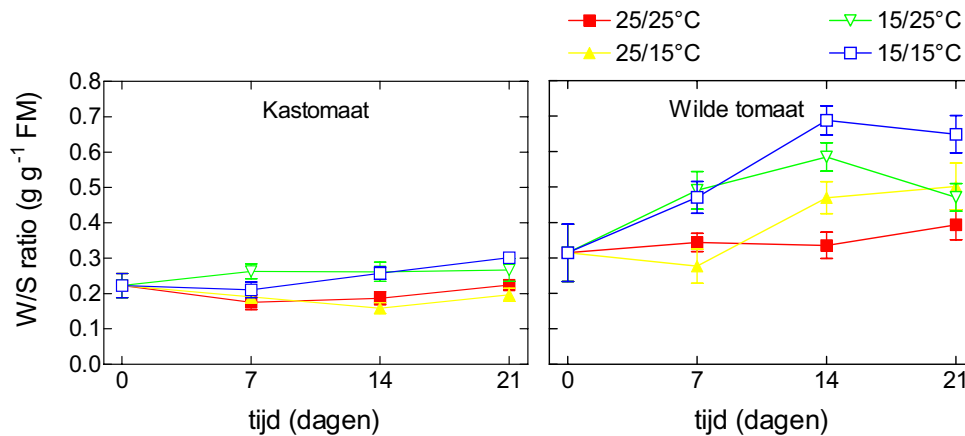
Figuur 7: Relatieve groeisnelheid (RGR) van de gehele plant van zowel kastomaat en wilde tomaat o.i.v. vier spruit/worteltemperatuur combinaties. Percentages geven relatieve waarde t.o.v. 25/25°C aan.

De bladafsplittingsnelheid van de wilde tomaat is bij alle behandelingen hoger dan die van de kastomaat. Opvallend is dat wortelkoeling bij de wilde tomaat, in tegenstelling tot de kastomaat, geen significante daling van de bladafsplittingsnelheid te weeg brengt bij een optimale spruittemperatuur (Fig. 8).



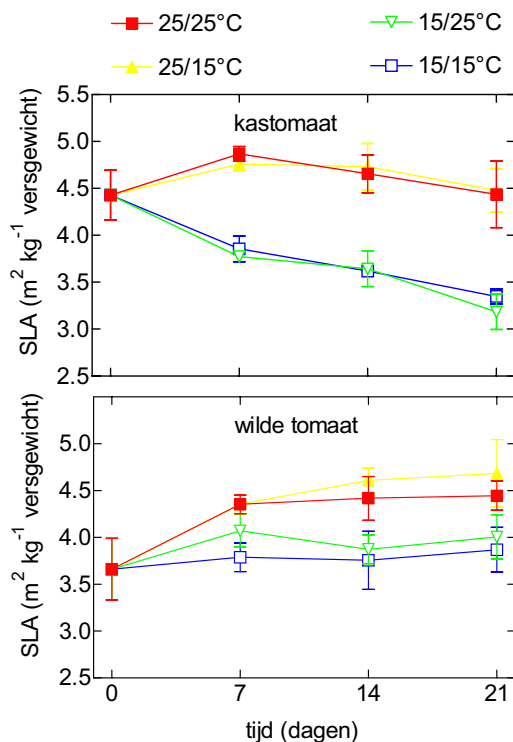
Figuur 8: Snelheid waarmee nieuwe bladeren geïnitieerd (afgesplitst) worden in zowel de kastomaat en de wilde tomaat o.i.v. vier spruit/worteltemperatuur combinaties. Percentages geven relatieve waarde t.o.v. 25/25°C aan. Waarden geven gemiddelde (n=10) ± sd. Staven met verschillende letters zijn significant verschillend (P≤0.05).

De wortel/spruit ratio van de kastomaat reageert nauwelijks op de 4 verschillende temperatuursbehandelingen (Fig. 9). De wilde tomaat investeert echter zeer duidelijk in extra wortelmassa bij teelttemperaturen waarbij (een deel van) de plant wordt blootgesteld aan suboptimale temperatuur.



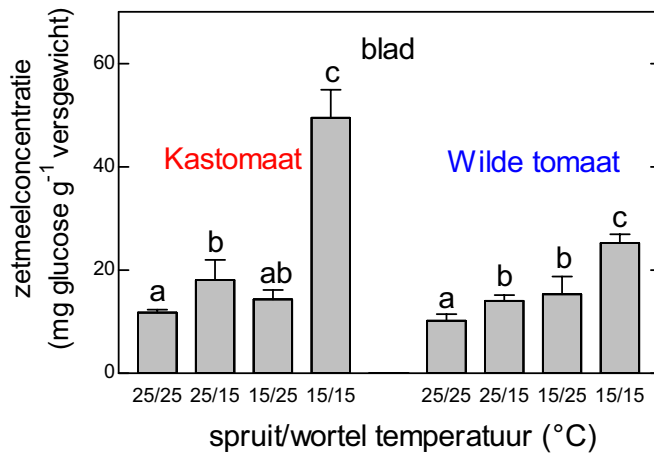
Figuur 9: Wortel/Spruit ratio van de kastomaat en wilde tomaat o.i.v. vier spruit/worteltemperatuur combinaties. Waarden geven gemiddelde (n=10) ± sd.

De specifieke bladoppervlakte (SLA) is verlaagd bij suboptimale spruittemperatuur terwijl de worteltemperatuur weinig invloed heeft op de SLA bij beide tomatensoorten (Fig. 10). De afname in SLA s o.i.v. suboptimale spruittemperatuur is in de kastomaat veel sterker dan in de wilde tomaat.



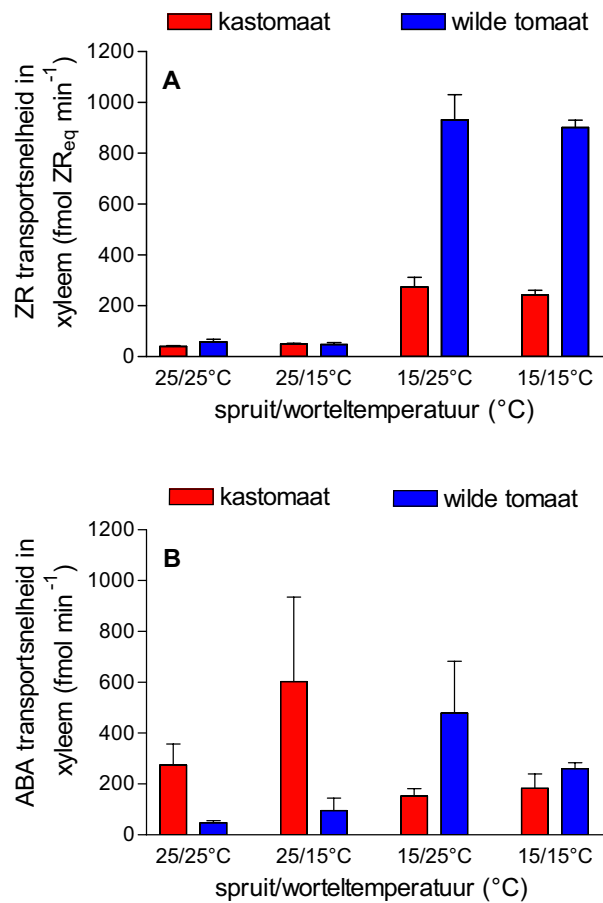
Figuur 10: Specifieke bladoppervlakte (SLA) van de kastomaat en wilde tomaat o.i.v. vier spruit/worteltemperatuur combinaties. Waarden geven gemiddelde (n=10) ± sd.

De zetmeelconcentraties in het blad zijn in de kastomaat alleen hoger dan in de wilde tomaat wanneer de gehele plant wordt blootgesteld aan 15°C (**Fig. 11**).

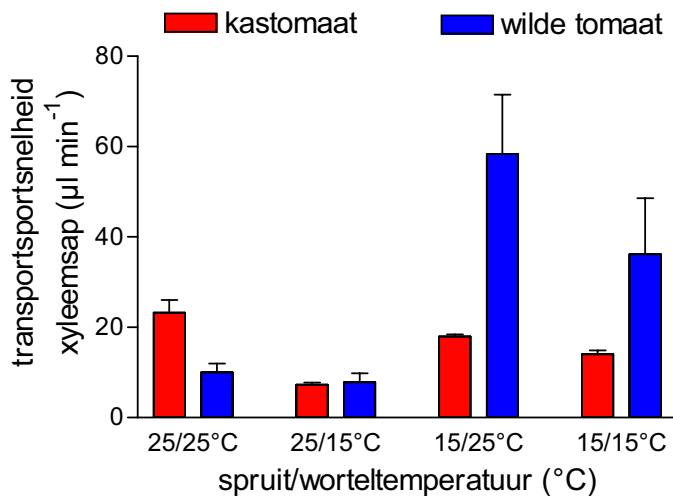


Figuur 11: Zetmeelconcentratie in het blad van de kastomaat en wilde tomaat vergeleken na 14 dagen o.i.v. vier spruit/worteltemperatuur combinaties. Waarden geven gemiddelde (n=4) ± sd. Binnen iedere soort geven verschillende letters een significant verschil aan (P≤0.05).

Bij beide soorten vindt een verhoogde transportsnelheid van het groeihormoon cytokinine o.i.v. suboptimale spruittemperatuur (**Fig. 12A**). In de wilde tomaat is deze toename veel sterker dan in de kastomaat. De opwaartse transportsnelheid van abscisinezuur (ABA), ondermeer verantwoordelijk voor sluiting van de huidmondjes, is in de kastomaat hoger bij optimale spruittemperatuur (m.n. in combinatie met lage worteltemperatuur), terwijl in de wilde tomaat juist de hoogste ABA transportsnelheden bij suboptimale spruittemperatuur worden gemeten (**Fig. 12B**). Een deel van deze verschillen kan worden verklaard door verschillen in de opwaartse sapstroomsnelheid (**Fig. 13**) welke worden geïnduceerd door verschillen in wortelmasse (opnamecapaciteit), spruitgrootte, interne en huidmondjesweerstand. Vergelijken we alleen de concentratie van de twee hormonen in het xylemsap dan verschillen deze voor cytokinine alleen bij 25/25 en 15/15°C, waar in beide gevallen de wilde tomaat 2.5 maal hogere concentraties heeft. Voor ABA werd alleen een duidelijk verschil gevonden bij 25/15 waar de kastomaat een bijna 4 maal hogere concentratie had in vergelijking met de wilde tomaat.



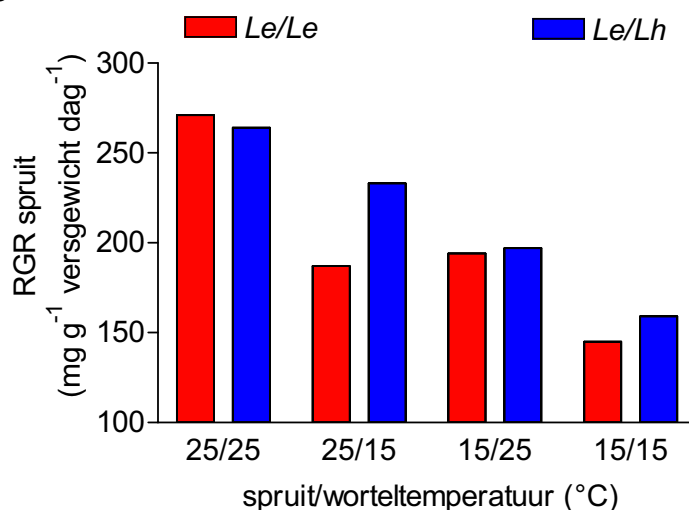
Figuur 12: Opwaartse transportsnelheid van de plantenhormonen cytokinine (**A**; Zeatin Riboside equivalenten) en abscisinezuur (**B**) via het xyleem (van wortel naar spruit) in de kastomaat en wilde tomaat vergeleken na 10 dagen o.i.v. vier spruit/worteltemperatuur combinaties. Waarden geven gemiddelde ($n=5$) \pm sd.



Figuur 13: Opwaartse transportsnelheid xylemsap (van wortel naar spruit) in de kastomaat en wilde tomaat vergeleken na 10 dagen o.i.v. vier spruit/worteltemperatuur combinaties. Waarden geven gemiddelde (n=5) ± sd.

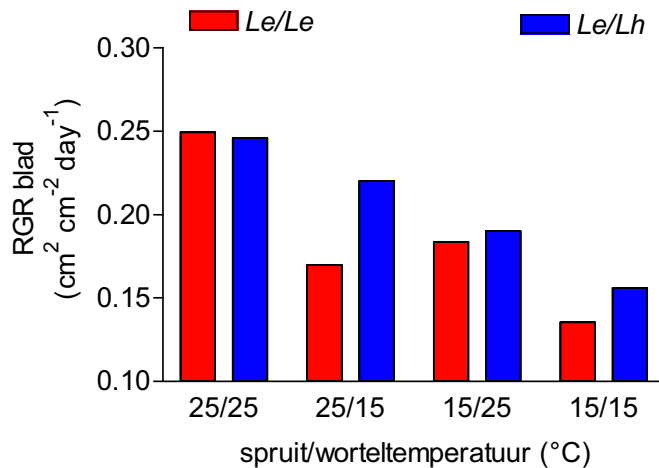
Experiment 3 Entexperimenten

Enten van de kastomaat op een onderstam van een wilde tomaat verhoogt de relatieve groeisnelheid van de ent bij suboptimale worteltemperatuur (**Fig. 14**). Vooral bij de 25/15°C spruit/worteltemperatuur combinatie levert de wilde onderstam beduidend meer vegetatieve groeikracht op voor de ent. Bij 15/15°C is dit verschil gering maar wel aanwezig. Bij een optimale worteltemperatuur blijkt dat de onderstam geen duidelijk negatief effect op de groeisnelheid van de ent heeft.



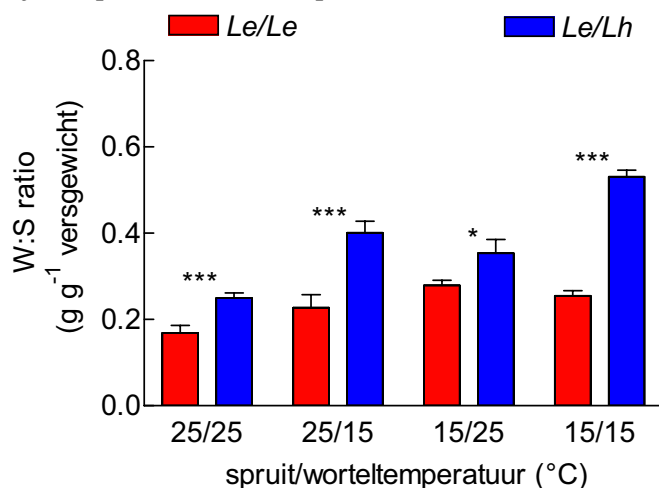
Figuur 14: Relatieve groeisnelheid (RGR) van de spruit van kastomaat geënt op zijn eigen wortel (*Le/Le*) of op de wortel van de wilde tomaat (*Le/Lh*) o.i.v. vier spruit/worteltemperatuur combinaties.

De relatieve toename in bladoppervlak, een maat voor de expansiesnelheid van de bladeren, vertoont hetzelfde beeld als de RGR van de spruit (**Fig. 15**). Het gebruik van een wilde tomaat als onderstam kan dus een snellere gewasopbouw van de kastomaat bij suboptimale teelttemperaturen bewerkstelligen. Daarentegen bleek dat bij geen van de temperatuurcombinaties de bladafsplittingsnelheid significant verandert was o.i.v. de onderstam.



Figuur 15: Relatieve groeisnelheid (RGR) van de bladeren van de kastomaat geënt op zijn eigen wortel (*Le/Le*) of op de wortel van de wilde tomaat (*Le/Lh*) o.i.v. vier spruit/worteltemperatuur combinaties.

Het gebruik van deze wilde tomaat als onderstam resulteert in tomatenplanten met een verhoogde wortel:spruit ratio, vooral bij suboptimale worteltemperaturen (**Fig. 16**). Op de foto's (**Fig. 17**) is dit verschil duidelijk te zien. Het lijkt er op dat met name de lengtegroei van de wortels van de kastomaat veel sterker geremd wordt dan die van de wilde tomatensoort bij suboptimale worteltemperatuur.



Figuur 16: Wortel:Spruit ratio van kastomaat geënt op zijn eigen wortel (*Le/Le*) of op de wortel van de wilde tomaat (*Le/Lh*) na 14 dagen o.i.v. vier spruit/wortel-temperatuur combinaties. Waarden geven gemiddelde (n=5) ± sd. Asterisks geven significante verschillen aan: * = P<0.05, *** = P<0.001.

Le/Le entcombinatie

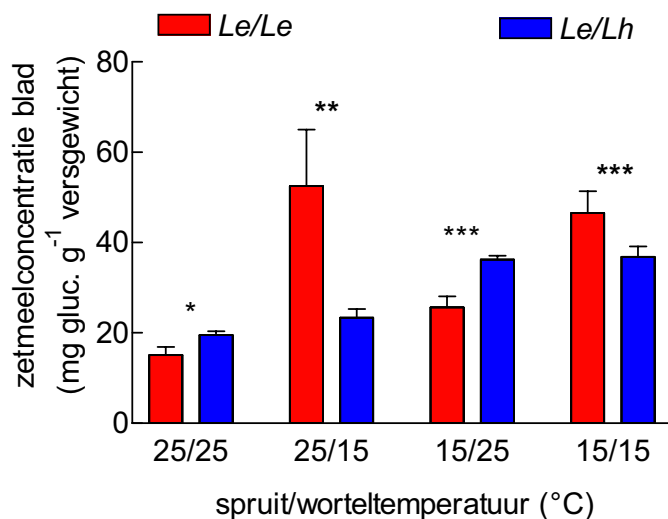


Le/Lh entcombinatie



Figuur 17: Fenotype van de kastomaat geënt op zijn eigen wortel (links) en op de wortel van de wilde tomaat (rechts) na 14 dagen bij 15/15°C spruit/worteltemperatuur.

In overeenstemming met de verwachtingen uit de groeianalyses resulteert het gebruik van deze wilde tomaat als onderstam in een betere benutting van koolhydraten bij suboptimale worteltemperatuur: de ophoping van zetmeel in de bladeren is minder groot (**Fig. 18**). Bij optimale worteltemperaturen vindt er echter een minder efficiënt gebruik van koolhydraten plaats bij de entcombinaties met de wilde onderstam: de zetmeelconcentraties zijn hier hoger dan in de enten met de eigen onderstam.



Figuur 18: Zetmeelconcentratie in de bladeren van kastomaat geënt op de eigen wortel (*Le/Le*) of op de wortel van de wilde tomaat (*Le/Lh*) na 14 dagen o.i.v. vier spruit/worteltemperatuur combinaties. Waarden geven gemiddelde (n=5) ± sd. Asterisks geven significante verschillen aan: * = P ≤ 0.05, ** = P ≤ 0.01, *** = P ≤ 0.001.

Conclusies

De koudetolerante accessie LA 1777 van de wilde tomatensoort *L. hirsutum* wijzigt in reactie op verlaging van de temperatuur de allocatie (verdeling) van biomassa ten gunste van de wortel: de wortel:spruit ratio neemt toe. Van een dergelijk aanpassingsmechanisme aan lage temperatuur is in de kastomaat (*L. esculentum* cv. Moneymaker) echter nauwelijks sprake. Een betere wortelgroei bij suboptimale temperatuur verlaagt de ophoping van koolhydraten in de bladeren en beperkt zo de afname in specifieke bladoppervlakte (SLA) en fotosynthesecapaciteit. Het voordeel van een sterker ontwikkeld wortelstelsel bij lage temperatuur is verder dat het de spruit, zeker bij sterk fluctuerende kastemperaturen, beter kan voorzien van water, nutriënten en groeistimulerende wortelhormonen. Dit alles maakt een snellere groei en ontwikkeling van de spruit bij suboptimale temperatuur mogelijk. Vooral de lengtegroei (ceelongatie) van de wortels van de kastomaat is in vergelijking met de wilde tomaat veel sterker geremd bij suboptimale temperatuur. Wat hiervan de onderliggende oorzaak is dient nader onderzocht te worden.

Kunstmatige stimulatie van de sinkactiviteit en/of functionaliteit van de wortel, door verhoging van de bodem-/substraattemperatuur of door het enten op een koudetolerante (energie-efficiënte) onderstam, kan een deel van de groeiremming door suboptimale temperatuur gedurende de vegetatieve fase voorkomen. Eventuele effecten van (tijdelijke) bodem/substraatverwarming op vruchtzetting, vruchtkwaliteit en (vroeg) opbrengst dient eerst nader onderzocht te worden voordat deze in de praktijk kan worden toegepast. Ook dient nadere onderzoek plaats te vinden naar de effecten van het gebruik van een 'energie efficiënte' onderstam op vruchtopbrengst en kwaliteit gedurende een jaarrond teeltsysteem.

Aanbevelingen voor verder onderzoek

Het onderzoek binnen 'Rassen onder glas met minder gas' heeft goede aanknopingspunten opgeleverd voor vervolgonderzoek om de gewasfysiologische eigenschappen die betrokken zijn bij energie-efficiëntie genetisch te karakteriseren. Voor dit onderzoek zou gebruik kunnen worden gemaakt van twee unieke populaties tomatenlijnen, zogenaamde terugkruising-inteeltlijnen (BILs), die in het onlangs bij het Laboratorium voor Plantenveredeling-WUR afgeronde programma 'Opbrengstbepalende eigenschappen bij de kastomaat' (projectnummer 10450-K2) zijn (of nog worden) ontwikkeld uit kruisingen tussen de kastomaat (*L. esculentum* cv. Moneymaker) met twee wilde tomatensoorten (*L. pennellii* LA 716 en *L. hirsutum* LA 1777). Doordat de genetische verschillen tussen deze lijnen in kaart zijn (of nog kunnen worden) gebracht, is het mogelijk om fysiologische eigenschappen die betrokken zijn bij energie efficiëntie nader genetisch te karakteriseren. Concreet zou dit kunnen inhouden dat de genen of QTLs die betrokken zijn bij een efficiënter gebruik van beschikbare suikers voor de groei van de plant geïdentificeerd zouden kunnen worden.

De resultaten verkregen in dit project, evenals de bevindingen van een literatuurstudie naar de mogelijkheden voor energiebesparing bij de kasteelt van vruchtgroenten door middel van onderstammen door PRI/Wageningen Universiteit in opdracht van Productschap Tuinbouw/LNV (PT projectnummer 11680), onderschrijven dat nader onderzocht moet worden in hoeverre de energiebehoefte van de huidige hoogproductieve tomatenrassen kan worden verlaagd met behoud van productie en vruchtkwaliteit door ze te enten op een groei krachtige onderstam met een hoger tolerantieniveau voor lage temperatuur. Meer dan 75% van de tomatentelers in Nederland maakt al gebruik van geënt plantenmateriaal. De selectie en veredeling van bruikbare 'energie efficiënte' onderstammen wordt op dit moment echter belemmerd door de geringe kennis van de fysiologische en moleculaire processen die ten grondslag liggen aan plant- en vruchtontwikkeling en de interactie tussen onderstam en ent bij verschillende teelttemperaturen.

Publicaties

De resultaten die uit dit project zijn voortgekomen zullen in een viertal artikelen worden aangeboden aan internationale vakbladen. De titels van deze artikelen zijn hieronder weergegeven. Z

Venema, J.H., Dijk, B.E., and van Hasselt, P.R. (2006) Root sink capacity of the cultivated tomato (*Lycopersicon esculentum*) is stronger inhibited than in its wild relative *L. hirsutum* during long-term chilling.

Venema, J.H., Dijk, B.E., Pons, T.L., Duechting, P., Durenkamp, M. and van Hasselt, P.R. (2006) Growth and related physiological parameters of two *Lycopersicon* species in response to suboptimal air and/or root-zone temperatures.

Venema, J.H., Bax, J.M., Dijk, B.E. and van Hasselt, P.R. (2006) Grafting of the cultivated tomato (*Lycopersicon esculentum*) onto the rootstock of a cold-tolerant *L. hirsutum* accession (LA 1777) improves growth rate of the scion at suboptimal root-zone temperature.

Van der ploeg, A., Venema, J.H., Heuvelink, E. (2006) Wild relatives as a source of suboptimal temperature tolerance in tomato.