Eindrapportage TOM4.0

Juli 2025

Uitgevoerd door:

Ridder

Van der Hoeven Horticultural Projects

Hortiplan

Financiële ondersteuning:

Innovatiefonds Hagelunie.

Rapportage TOM4.0

Ad de Koning juli 2025

Inleiding

Beschikbaarheid van arbeid is een toenemende uitdaging voor de glastuinbouw in Nederland. Om primaire productie in Nederland te behouden zal de arbeidsproductiviteit flink moeten toenemen, o.a. door vergaande automatisering en robotisering. De huidige teeltwijze van vruchtgroenten blijkt echter lastig te robotiseren. Er is een aantal initiatieven voor robotisering van gewaswerkzaamheden maar tot nu toe met beperkt technisch en nog geen commercieel succes. Het één op één vervangen van de huidige handmatige werkzaamheden door robots blijkt in de huidige teeltwijze (te) ingewikkeld. Een rigoureuze systeemverandering kan een oplossing zijn om de toekomst van de tomatenteelt veilig te stellen. Het nieuwe systeem moet een betere omgeving bieden voor robots en kan ook de teeltstrategie eenvoudiger maken. Dit kan door tomatenplanten met een beperkt aantal trossen te telen in een mobiel systeem. Bovendien kan met een systeemverandering een duurzaamheidsslag gemaakt worden.

Het beoogde systeem is een kort-cyclische teeltwijze waarin planten ongeveer 16 weken oud worden. Voor een continue productie worden iedere week nieuwe planten opkweekt. De opkweek zal op het productiebedrijf plaatsvinden. De jonge planten worden onder volledig geconditioneerde omstandigheden (volledig kunstlicht) opgekweekt om jaarrond een constante kwaliteit te waarborgen. Naast het optimale klimaatrecept (lichtintensiteit, lichtspectrum, temperatuur en luchtvochtigheid) zal ook het teeltsubstraat onderwerp van onderzoek zijn. Het streven is om een volledig afbreekbaar teeltsubstraat te gebruiken zodat na afloop van de teeltcyclus het gewas inclusief teeltsubstraat geschikt is als grondstof voor bio-based producten of bio-vergisting.

Ridder, Van Der Hoeven Horticultural Projects (VDH) en Hortiplan onderzoeken gezamenlijk het telen van korte tomatenplanten op mobiele NFT goten. Resultaten van modelsimulaties en een eerste teeltproef (in potten) op het WHC bieden voldoende positief voor verdere ontwikkeling van het systeem. De huidige uitdagingen zijn (1) de opkweek van een korte plant met weinig en volledig afbreekbaar substraat en (2) een mobiele NFT goot inclusief ondersteuning van het gewas.

Dit rapport beschrijft een vervolg waarin het genoemde samenwerkingsverband, met financiële ondersteuning van het Innovatiefonds Hagelunie, onderzoek gedaan heeft naar de bovenstaande uitdagingen. In 2023-2024 is een eerst reeks teelten gedaan (TOM4.0-1) waarna voor een verlenging (TOM4.0-2) een extra bijdrage van het Innovatiefonds Hagelunie is ontvangen voor 2024-2025.

.

TOM4.0-1

Voor TOM4.0-1 zijn 2 werkpakketten gedefinieerd:

WP 1: Het optimaliseren van de opkweek van tomatenplanten voor een duurzaam teeltconcept met in hoogte bepekte tomatenplanten op een mobiel systeem.

WP 2: Ontwikkeling van een mobiele NFT goot met gewasondersteuning voor een kort-cyclische teelt van tomaten

Proefopzet.

De proeven zijn van januari t/m augustus uitgevoerd bij het WHC (Vertify) in een zg LED-container (daglichtloze Vertical Farm) en een kasafdeling van 74 m2.

De LED-container was voorzien van 12 eb en vloedtafels, verdeeld over 4 lichtgroepen. In totaal zijn er 5 batches (Rexoso, RZ) gezaaid en vervolgens opgekweekt onder volledig kunstlicht in de LED-container. Na een opkweek van 4 (5 weken voor eerste batch) weken na zaaien zijn van 10 planten van iedere behandeling plantlengte, breedte van blad, versgewicht van de bladeren en versgewicht van de stengel gemeten. Ook is van 5 planten per behandeling het droge stof percentage van blad en stengel bepaald.

Na de opkweek zijn de planten op NFT goten in de kas gezet. De plantdichtheid werd gevarieerd door de afstand tussen de goten de wijzigen. De dichtheid was 20, 10 en 20 planten per m2 voor resp. bloeifase, vruchtgroeifase en rijpingsfase. De voedingsoplossing werd aangeleverd door de bemestingsunit van Vertify. Met een eigen irrigatie-unit werd verse voedingsoplossing met drain gemengd tot de gewenste irrigatie EC. EC en frequentie van watergift was afhankelijk van gewasstadium en stralingsintensiteit.

Planten werden getopt op 1 blad boven de tweede tros. Trossen werden gesnoeid op 9 vruchten. Na 4 weken in de kas werden het aantal bladeren onder de eerste en tweede tros geteld en de lengte onder de eerste en tweede tros gemeten om het effect van de behandelingen tijdens de opkweek in de LED-container vast te stellen. Aan het einde van de teelt zijn aantal vruchten per tros en trosgewicht bepaald.

Gedurende de proeven is er teeltadvies gegeven door vertegenwoordigers van Rijkzwaan, Grodan, de Landelijke Tomatencommissie en Duijvestijn Tomaten.

Resultaten

Opkweek in LED-container.

Uit het literatuuronderzoek bleek dat voor het realiseren van korte, compacte tomatenplanten relatief veel blauw licht in het spectrum gunstig is. In de eerste opkweekproef is een standaard recept voor tomaten vergeleken met een recept met extra blauw bij dezelfde totale lichtintensiteit. De planten extra blauw licht waren duidelijk korter terwijl de bladlengte niet beïnvloed werd (foto 1).

Foto 1. Tomatenplanten 5 weken na zaaien. Links standaard lichtrecept, rechts met relatief meer blauw licht.

Bij een volledige opkweek van 5 weken (bloei van de eerste tros) moesten de planten van een stokje en clip voorzien worden om niet om te vallen. Bovendien raakten de toppen van de planten bijna de lampen. Daarom zijn vanaf de 2de zaaiing de planten 4 weken na zaaien naar de kas overgezet. Deze 4-weekse planten blijken echter nog te groot om in de toekomst volledig door een robot in de goot gezet te worden. 3 Weken na zaaien lijkt een beter moment om de planten (gerobotiseerd) over te zetten naar de goot.

In de 2de zaaiing is de invloed van substraatvolume is onderzocht. Steenwol blokken (Grodan) van 100x100x65 mm3 (standaard opkweekblok voor tomaat), 50x50x50 mm3, 40x40x40 mm3 en 36x36x40 mm3 zijn getest. Bij het grootste blok is zowel zaaien in een plug en daarna overplanten als direct in de pot zaaien getest. Bij alle kleinere volumes werd direct in het blok gezaaid (5mm diep). De planten in de 100x100 blokken waren uiteindelijk iets groter dan de 50x50 en 40x40. 36x36 Resulteerde in kleinere planten en blijkt dus suboptimaal.

Foto 2. Opkweek in verschillende volumes steenwol, 4 weken na zaaien.

De 100x100 blokken zijn te groot voor de goot en moeten bij overzetten verkleind worden. De 40x40 gaf een goede plant en is bovendien eenvoudig in de goot te plaatsen. Voor de vervolg proeven is 40x40 als standaard opkweek materiaal gekozen.

Naast steenwol zijn er twee biologisch afbreekbare substraten getest: Nygaia en Growfoam. Hoewel beide substraten beschikbaar zijn als kleine zaaipluggen is een volume groter dan 30x30x30 niet beschikbaar. De testen zijn daarom in samenwerking met de ontwikkelaars uitgevoerd met speciaal voor de proef gemaakte samples van ongeveer 40 mm diameter. Kiemingspercentage en groei waren voor beide substraten echter significant minder dan de 40x40 steenwolblokken (foto 3). Hierdoor zijn deze substraten nu nog geen goed alternatief voor steenwol.

Foto 3. Kieming in Nygaia (onder) en steenwol (boven).

Op basis van de eerste zaaiing is een recept met extra blauw licht (23%) als standaard gekozen voor de rest van de experimenten. In latere zaaiingen gaf een behandeling met 40% hoger lichtintensiteit (309 umol) en lichtsom (20 mol/m2.dag) geen aanmerkelijk beter resultaat dan het standaard lichtrecept.

Ondersteuning van goot en gewas.

Door Hortiplan is een bevestiging ontwikkeld die omvallen van de goot voorkomt. Deze blijkt in de proef, na enkele kleine aanpassingen, te voldoen. Er is ook een beugel ontwikkeld en getest die de planten met vruchten adequaat ondersteunt. Echter, de ontwikkelde ondersteuning kan een obstakel zijn voor vergaande robotisering van de gewashandelingen en behoeft daarom aanpassingen.

Teelt op NFT-goten.

De eerste batch planten groeiden na het plaatsen in de goten enorm in de lengte en boven de ondersteuning van 1 m uit. De teelt is daarom voortijdig beëindigd. Waarschijnlijk is een combinatie van hoge plantdichtheid (20 pl/m2), lage lichtintensiteit en frequent watergeven de reden van de ongewenste lengtegroei. Ook de trossen waren erg gerekt waardoor deze in een later stadium knikten. In de tweede teelt op de NFT goten werden de goten eerder wijder gezet en de watergeeffrequentie was lager dan in de eerste teelt. De lengtegroei was uiteindelijk minder dan in de eerste teelt maar de planten groeiden nog erg vegetatief wat zich uitte in grote lange bladeren. Bij de derde teelt werd de watergeeffrequentie nog verder verlaagd (tot ongeveer 4 x per dag voor de jonge planten) en de EC van de voedingsoplossing verhoogd naar 6 mS. Dit resulteerde in mooie generatieve planten met korte bladeren. In de laatste 2 proeven is die irrigatie verfijnd door stralingsafhankelijke frequentie en verlaging van de EC met instraling en plantleeftijd.

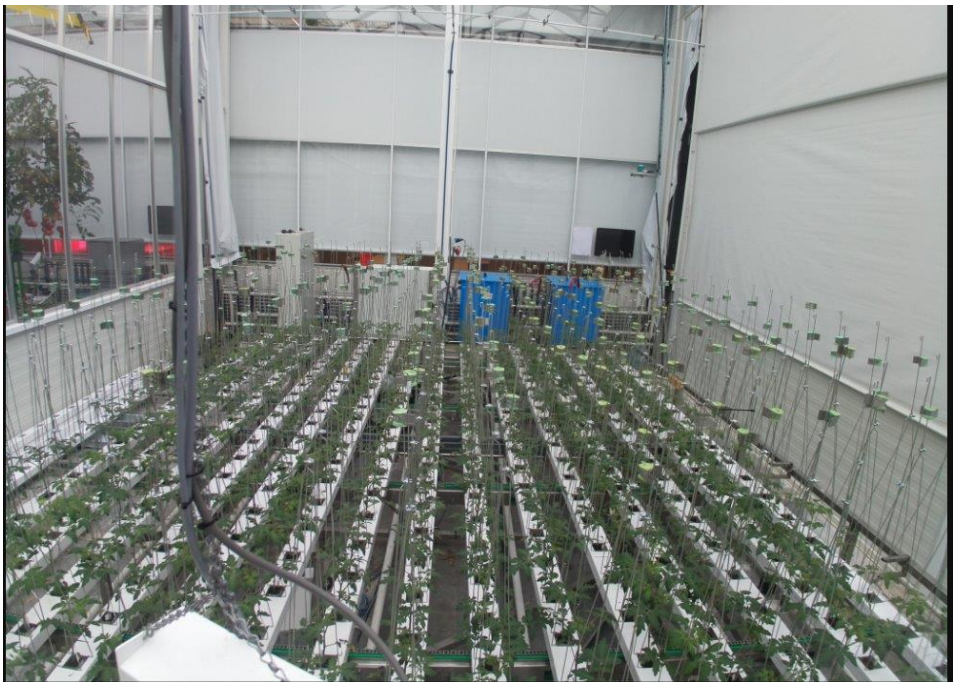

Foto 4. Jonge planten op de NFT goten met gewasondersteuning (4de teelt, 23 mei 2024).

Door de lage irrigatiefrequentie maakten de planten nauwelijks wortels buiten het kleine substraatblokje (foto 5). De lage irrigatiefrequentie in combinatie met de zeer kleine hoeveelheid substraat maakt de teelt wel erg gevoelig voor watertekort bij calamiteiten.

Foto 5. Door lage irrigatiefrequentie maakt de plant nauwelijks wortels buiten het substraatblokje.

Door heel hoge temperatuur in de proefkas was de bestuiving door hommels tijdens de zomerperiode niet goed. De zetting van de tweede tros bij de laatste (5de) teelt was zeer matig door overbevlieging van zeer actieve hommels. De productie van de laatste 2 teelten was hierdoor niet representatief voor de mogelijkheden van dit nieuwe teeltconcept.

Conclusies TOM4.0-1

Voor het realiseren van compacte jonge tomatenplanten (cv Rexona, RZ) is een lichtrecept met relatief veel blauw (23%) gunstig. Een hoge (309 umol/m2.s) lichtintensiteit had geen voordeel boven de standaard 220 umol/m2.s. Voor de opkweek voldoen 40x40x40 steenwol (Grodan) goed waarbij direct in de blokjes gezaaid wordt. Twee nieuwe biologisch afbreekbare substraten gaven onvoldoende resultaten en dienen verder ontwikkeld te worden om succesvol te zijn. De planten hebben 3 weken na zaaien de ideale grootte om overgezet te worden in de teeltgoot.

Het ontwerp voor de bevestiging van de goot tegen omvallen voldoet, evenals de gewasondersteuning. De gewasondersteuning moet echter verder ontwikkeld worden zodat deze nog minder een belemmering is voor toekomstige automatisering van gewashandelingen.

Voor een generatieve ontwikkeling van de jonge planten op de NFT goot is spaarzame watergift (4 x per dag) met hoge EC (6 mS) nodig. Als de planten ouder worden en de trossen gezet zijn is een hogere, stralingsafhankelijke irrigatiefrequentie gewenst, inclusief een verlaging van de EC van het voedingswater bij toenemende lichtintensiteit. De spaarzame watergift maakt intensieve meting van irrigatie en drainflow in combinatie met alarmering noodzakelijk.

TOM4.0-2

Voor TOM4.0-2 zijn de volgende werkpakketten gedefinieerd:

WP3: Optimalisatie van het teeltrecept (lichtintensiteit, lichtsamenstelling, plantdichtheid, EC en irrigatiefrequentie) voor verlengde opkweek (week 4, 5 en 6 na zaaien) van jonge tomatenplanten in NFT goten.

WP4: Zijn commercieel beschikbare ‘semi-zelftoppers’ betere rassen voor het TOM4.0 teeltsysteem dan de gebruikelijke rassen voor hogedraad teelt.

WP5: Validatie van productiepotentieel in de winter van kortcyclische tomatenplanten op NFT met gebruik van LED-licht.

WP6: Is op basis van de nieuw verkregen informatie TOM4.0 economisch haalbaar?

In oktober 2024 is de afdeling bij Vertify voorzien van dimbare multispectrale LED-verlichting. Ook is het een scherm is geplaatst dat de afdeling splitst in een deel voor opkweek en een deel voor de vruchtgroei en rijpingsfase. Dit om tijdens de opkweek relatief meer blauw licht te geven om de planten compact te houden en tijdens de vruchtgroei meet rood voor een maximale fotosynthese efficiency. I.t.t. TOM4.0-1 zijn de planten ook gedurende de eerste 3 weken na zaaien in de kasafdeling opgekweekt. Hiervoor is een opkweekkasje met eb-vloed opkweektafel met eigen lichtgroep in de kas gerealiseerd. In totaal zijn er 6 parallelle teelten geweest met ongeveer 3 weken tussen de zaaidata. De eerste batch is 15 november gezaaid, de laatste 28 februari.

Resultaten

Plantlengte

De opkweek van de eerste 2 teelten was in de winter waarbij vanwege de lage lichtintensiteit buiten beide schermen 24 uur per dag gesloten bleven en de planten dus volledig onder kunstlicht geteeld werden. Door een lichtrecept met relatief veel blauw (68% rood, 23% blauw, 9% groen, DLI 10 mol/dag) bleven de planten mooi compact met korte, goed gezette trossen. Door de voorspelbare omstandigheden kon de irrigatiefrequentie beperkt worden tot maximaal 3 x per dag wat medebepaalde dat de jonge planten zich generatief ontwikkelden. In de eerste proef is ook de semi-zelftopper Costa Red getest. Bij dit ras was de eerste tros pas na een groot aantal bladeren aangelegd en daardoor was de troshoogte dusdanig (tabel 1) dat in de overige proeven dit ras niet meer meegenomen is. In proef 3, zaaidatum 10 december, was de opkweek met natuurlijk licht, aangevuld met kunstlicht. De planten werden langer dan in proef 1 en 2 (tabel 1), waarschijnlijk door het natuurlijk licht met relatief minder blauw. De planten van proef 4 (zaaidatum 6 januari) werden zelfs zo lang dat deze voortijdig geruimd zijn. In proef 5 en 6 (zaaidatum 10 en 28 februari) is onderzocht of een hele hoge EC van de voedingsoplossing leidt tot generatieve planten met minder lengtegroei. Tot aan bloei van de eerste tros werd een EC van 10 toegediend, waarvan de helft als NaCl (keukenzout). De planten groeiden en ontwikkelden prima maar werden ook te lang. In de 7de teelt is getracht om met een hele lage EC (1,8) en weinig N de planten compact te houden. Ook deze strategie blijkt niet de oplossing, de planten werden nog langer dan de voorgaande teelten (tabel 1).

N.a.v. de resultaten van TOM4.0-1 heeft Maan het productieprocedé voor Nygaia pluggen aangepast. Met succes, want in TOM4.0-2 was de kieming in Nygaia prima en even goed als in steenwol. Bij alle proeven waren planten in Nygaia korter. Waarschijnlijk wordt dit veroorzaakt doordat Nygaia iets slechter vocht vasthoudt dan steenwol en het substraatvolume iets kleiner was. Hierdoor was er bij Nygaia wat vaker droogtestress en was er minder voeding beschikbaar.

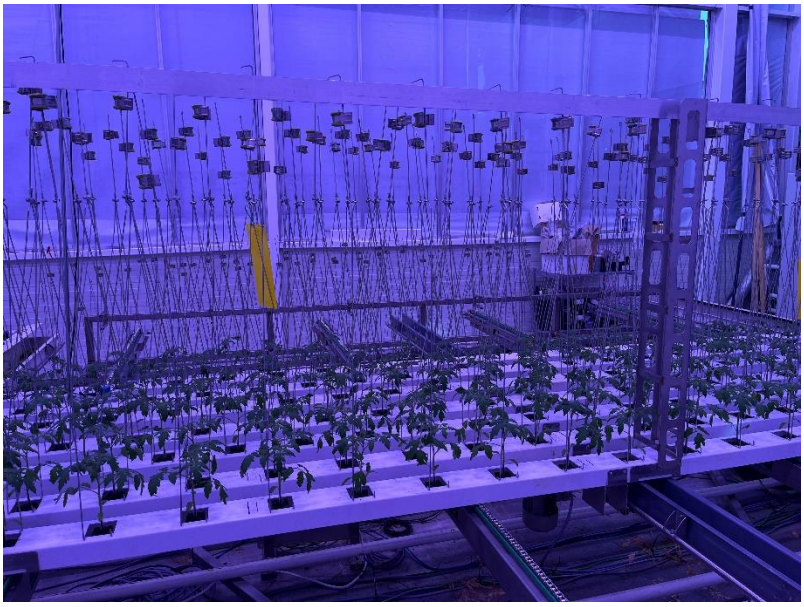

Foto 6. Verlengde opkweek op de goot met hoog percentage blauw licht.

proef	zaaidatum	ras	substraat	EC opkweek	tros 1	tros 2
1	15-Nov	rexoso	steenwol	6	36	65
1	15-Nov	costa red	steenwol	6	52	75
2	3-Dec	rexoso	steenwol	6	43	64
2	3-Dec	rexoso	nygaia	6	36	60
3	20-Dec	rexoso	steenwol	6	52	79
5	10-Feb	rexoso	steenwol	10	69	106
5	10-Feb	rexoso	nygaia	10	53	88
7	29-Maart	rexoso	steenwol	1,8	95	134
7	29-Maart	rexoso	nygaia	1,8	75	117

Tabel 1. Stengellengte (cm) onder de eerste en tweede tros.

Productie

Van proef 1 t/m 3 en 5 is de gemeten oogst vergeleken met de met een simulatiemodel berekende oogst. Input voor het simulatiemodel zijn de gemeten 24-h kastemperatuur, de DLI en het gemeten drogestof % van de rijpe vruchten. De oogst van de eerste proef was nagenoeg gelijk aan de voorspelling van de simulatie (Tabel 2). In proef 2 en 3 werd minder geoogst dan verwacht op basis van het simulatiemodel. De planten in proef 2 en 3 hadden uiteindelijk erg grote bladeren. Waarschijnlijk hebben deze planten zich te vegetatief ontwikkeld ten koste van de groei van de vruchten. In proef 5 werd daarentegen juist een hogere opbrengst gemeten dan gesimuleerd. De reden hiervoor is onduidelijk.

proef		tros 1	tros 2	totaal
1	gemeten	235	266	501
	simulatie	237	246	483
	afw.	-0.8%	8.1%	3.7%
2	gemeten	230	276	506
	simulatie	273	311	584
	afw.	-15.8%	-11.3%	-13.4%
3	gemeten	243	304	547
	simulatie	282	334	616
	afw.	-13.8%	-9.0%	-11.2%
5	gemeten	276	312	588
	simulatie	219	261	480
	afw.	26%	20%	23%

Tabel 2. Geoogst versgewicht vruchten (gram per tros) per plant en gesimuleerde oogst voor de eerste 3 proeven.

Haalbaarheidsstudie

Voor de economische haalbaarheid van de TOM4.0 teeltwijze is uitgegaan van de KWIN (kwantitatieve informatie glastuinbouw) gegevens van een hoge draad teelt van belichte cocktail tomaten. T.o.v. de standaard teelt heeft TOM4.0 door de mobiele goten hogere investeringskosten. Jaarlijkse afschrijving (15j) en onderhoud van kas en kasinstallaties is hierdoor €22 hoger. Verder zijn de kosten voor uitgangsmateriaal €6 hoger. Daar tegenover staat een verwachte meeropbrengst van €20 en arbeidsbesparing (zonder robotisering) van €5. Per saldo komt de hoge draadteelt op een nettomarge van 3% en TOM4.0 op een nettomarge van 2% van de omzet.

Conclusies TOM4.0-2

Zowel teeltkundig, technisch als economisch lijkt TOM4.0 een haalbare teeltwijze. Gedurende de opkweek worden planten nog makkelijk te lang, zowel hele hoge EC als marginale N toediening tijdens opkweek hadden niet het gewenste effect op de lengtegroei. In de winterteelt, met uitsluitend kunstlicht, werd wel een kort en generatief gewas gerealiseerd. In vervolgonderzoek zal onderzocht worden of jonge planten gedurende het hele jaar met uitsluitend kunstlicht opgekweekt kunnen worden. Op basis van de in deze proeven ontwikkeld teeltrecept kost dit aan elektriciteit ongeveer 0,5kWh per plant. Opkweek van uitgangsmateriaal onder volledig kunstlicht is recent geïntroduceerd bij chrysant en ook bij Phaleanopsis is een dergelijke ontwikkeling gaande. Op lange termijn zou veredeling een bijdrage kunnen leveren door het ontwikkelen van kortere en meer generatieve rassen. De vernieuwde Nygaia pluggen voldeden goed en blijken een duurzaam alternatief voor steenwol.

Het simulatiemodel voorspelt een 20% hogere productie op jaarbasis t.o.v. de hoge draad teelt. In de winterteelt onder volledig LED-belichting werd de verwachte productie gerealiseerd. Proef 2 en 3, met toename van het natuurlijk licht resulteerde in een lagere productie dan de simulatie. Met aangepaste opkweek en generatiever telen, eventueel in combinatie met bladsnoei kan waarschijnlijk de voorspelde productie wel gehaald worden.

Het geschatte rendement van TOM4.0 is nog iets lager dan in de hoge draad teelt. De investering in mobiele goten met gewasondersteuning draagt sterk bij aan de totale kosten. Cost engineering van het transportsysteem is belangrijk voor het uiteindelijke rendement van TOM4.0. Verder zal stijging van toekomstige arbeidskosten en robotisering leiden tot een positief rendement van TOM4.0 teeltwijze t.o.v.de hoge draad teelt.

TOM4.0 vervolg

Op basis van de positieve resultaten van dit onderzoek en de noodzaak voor systeemverandering voor vergaande automatisering van de tomatenteelt wordt TOM4.0 experimenten op verschillende plaatsen voortgezet. Bij Inagro (Roeselare, België) is men in juli 2025 gestart met optimalisatie van de teelt. Daarnaast is TOM4.0 op het Proefstation Sint Katelijne Waver (PSKW) opgenomen een 3-jarig project voor robotisering. Men zal hier, in een afdeling van 160m2, het productiepotentieel van TOM4.0 op semi-praktijkschaal valideren. Als derde is het TOM4.0 teeltsysteem een onderdeel van de aanvraag van Greenport West-Holland voor subsidie in het kader van EIP-Experimenteer Locaties. Bij positieve beschikking zal in 2026 TOM4.0 bij Vertify verder ontwikkeld worden.

Begeleidingsgroep:

Peter Reinders, Rijkzwaan

Joost Haenen, Grodan

Alex Stolze, Grodan

Ad van Adrichem, Duijvestijn Tomaten

Marco van Dijk, Red Star

Ferry Adegeest, landelijke tomaten cie

Rob vd Meer, Nygaia

Dank aan Geerten van der Lugt en Ruud Kaarsemaker voor de bemestingsadviezen.

Publicatie:

Onder Glas Focus. https://www.onderglas.nl/nieuw-concept-moet-tomatenteelt-toekomstbestendig-maken/?utm_source=mailpoet&utm_medium=email&utm_source_platform=mailpoet&utm_campaign=Onder%20Glas%20Focus%20week%2023