



**Fundamental
Systems**

Bevindingen tulpenproef

Wesselman Flowers

Van januari t/m mei 2024



Inhoudsopgave

Inleiding	2
Samenvatting	3
Methode	4
<i>Plantenmateriaal</i>	<i>4</i>
<i>Opkweekproces</i>	<i>4</i>
<i>Proefopzet en kasconfiguratie</i>	<i>5</i>
<i>Waterbehandeling en -gift</i>	<i>7</i>
<i>Waarnemingen en metingen</i>	<i>8</i>
Analyses en resultaten	10
<i>Groei en oogstresultaten</i>	<i>10</i>
<i>Broeitijd</i>	<i>13</i>
<i>Plantritme analyse</i>	<i>14</i>
<i>Redox- en zuurstofmetingen</i>	<i>15</i>
Conclusie	17
Discussie	20



Inleiding

Wesselman Flowers heeft in 2023 geparticipeerd in een onderzoek naar de effecten van waterstof en zuurstof geïnfuseerd water met nanoclusters op de groei van o.a. tulpen. Dat onderzoek is uitgevoerd door Vertify in opdracht van Fundamental Systems. Vervolgens heeft Fundamental Systems een nieuwe infusie-unit ontwikkeld die schaalbaar is in de hoeveelheid te infuseren water en instelbaar in de verhouding van het geïnfuseerde waterstof en zuurstof. Naar aanleiding van de positieve resultaten en deze ontwikkeling, zijn Wesselman Flowers en Fundamental Systems een samenwerking aangegaan en is besloten dit vervolgonderzoek te doen aan de hand van de volgende doelstellingen:

1. Het ervaren in hoeverre er een verbetering van het bewortelingsproces van de tulpenbollen plaatsvindt resulterend in b.v. het eerder traceren van uitval en/of ziekten gedurende het bewortelingsproces, danwel beter weerbare wortels oplevert, waardoor er tijdens de broei minder uitval optreedt
2. Het uittesten van de effecten van de te leveren oplossing m.b.t. het meer gelijkmatig groeien en kunnen oogsten van de tulpen in het broeiproces; Deze testen zullen parallel lopen aan de implementatie van de SKID in het huidige watersysteem
3. Na te gaan of het mogelijk is een kleinere bolmaat te gaan gebruiken welke voldoet aan de vereisten van de klant inzake kwaliteit en gewicht van de daarmee gebroeide tulp.
4. Te onderzoeken wat de effecten van de te leveren oplossing zijn op de kwaliteit van het gebruikte water en het (langer) circuleerbaar zijn van het gebruikte water waardoor mogelijk er geen of minder gebruik van chloor, UV of ozon
5. De dagvoorraad is door de inzet van een ozon desinfectie die op 750mV redox is ingesteld op een gemeten waarde van 700mV met een pH van 6,4. We zullen onderzoeken of we een streefwaarden van pH 6 bij 200mV of lager kunnen realiseren. Dit zodat het water wat naar de productie gaat in de groene zone (zie afbeelding) komt 200mV bij pH 6 voor beworteling en tulpen productie. We streven naar een lagere redox-waarde in de dagvoorraad met een hoge concentratie waterstofionen zodat een hoge antioxidantwerking in het watersysteem en de productie van tulpen kan plaatsvinden. De infusie van waterstof zorgt voor de verlaging van de redox-waarde.



Samenvatting

Wesselman Flowers heeft samen met Fundamental Systems onderzoek gedaan naar de effecten van waterstof en zuurstof geïnfuseerd water met nanoclusters op de groei van tulpen. Het doel was om te onderzoeken of de waterbehandeling 1) het bewortelingsproces verbetert, 2) zorgt voor een meer gelijkmatige groei, 3) het mogelijk maakt om een kleinere bolmaat te gebruiken, 4) de benodigde desinfectie verlaagt en 5) toegepast kan worden in het volledige watersysteem.

Het onderzoek bestond uit tien proeven waarbij de tulpenbollen in twee groepen werden verdeeld: een controlegroep die regulier water kreeg en een behandelde groep die geïnfuseerd water kreeg. Uit de proeven bleek het volgende:

- De tulpen die behandeld water kregen, waren gemiddeld 4,26% langer en 4,08% zwaarder dan de controlegroep.
- De variatie (standaarddeviatie en spreiding) in lengte en gewicht was lager bij de behandelde groep, wat wijst op een gelijkmatigere groei. De tweede sortering (A2) was ook gemiddeld 13,61% lager bij de behandelde groep.
- Er is een correlatie gevonden tussen de broeitijd en het effect van geïnfuseerd water. Een langere broeitijd gaf grotere positieve verschillen in lengte en gewicht. Dit onderzoek is gedaan in het tweede deel van het seizoen met een teruglopende broeitijd, waardoor minimaal >5% verschil in lengte en gewicht verwacht mag worden gedurende een volledig broeiseizoen.
- In één proef was er sprake van een hogere fenolendruk. Hierbij waren de wortels van de behandelde tulpen minder aangetast, wat suggereert dat het geïnfuseerde water fenolgerelateerde problemen kan verminderen. Ook waren er aanzienlijke verschillen in lengte en gewicht t.o.v. de controlegroep.
- De infusie-unit kan de dagvoorraad en watergiftpunten tijdig op de beoogde waarden brengen en houden, met het waterverbruik op warme dagen.

Uit dit onderzoek kan geconcludeerd worden dat het gebruik van waterstof- en zuurstof geïnfuseerd water leidt tot een meer uniforme groei van tulpen, met langere en zwaardere tulpen, een lager A2-percentages en gezondere wortels bij een hogere fenolendruk. Daarnaast kan de infusie-unit het watersysteem gedurende het hele seizoen op de beoogde waarde houden. Er zijn vervolgprouven nodig om te testen of het interessant kan zijn om een kleine bolmaat te gebruiken en de extra desinfectie middels chloor mogelijk te kunnen verlagen.



Methode

Het onderzoek besloeg een volledige productiecyclus. Hierbij maakten we gebruik van extra geplaatste tafels in de productiekas waarop de regulier gebruikte kratten met overloop werden geplaatst. In totaal zijn er tien proeven gedaan, waarvan de eerste proef een test was. Mede omwille van een snelle start, hebben in deze eerste proef de bollen in de koelcelperiode geen behandeld water gekregen. Dit heeft ook inzicht gegeven in de effectiviteit van de behandeling wanneer enkel bij de kasbroei behandeld water wordt gegeven.

Plantenmateriaal

In deze proef is gebruik gemaakt van verschillende soorten tulpen. De First Class tulp is gebruikt bij zes van de tien proeven. Daarnaast zijn de volgende tulpen bij één proef gebruikt: Aafke, Jan Seignette, Verandi en KungFu. In de eerste vijf proeven is niet specifiek gecontroleerd of binnen een proef de gebruikte bollen uit dezelfde kist afkomstig zijn. Vanaf proef 6 is hier wel een controle op geweest, waardoor er met zekerheid gesteld kan worden dat er geen conditieverschillen waren tussen de bollen. In tabel 1 staat een overzicht van het gebruikte plantenmateriaal.

Tabel 1: gebruikt plantenmateriaal

Proef	Soort	Bolmaat	Trek
1	Aafke	10-11	10
2	First class	10-11	15
3	First class	10-11	16
4	Jan Seignette	10-11	23
5	First class	11-12	20
6	First class	11	22
7	First class	12-14	24
8	First class	12	26
9	Verandi	10	37
10	KungFu	10	16



Gewas
Tulp

Maat
10-11

Lengte
41 cm

Gewicht
22,5 gr

Naam
First Class

Uitval
1,4%

Wortellengte
5 cm

Gewicht per cm
0,6 gr

Opkweekproces

Het opkweekproces is zoveel mogelijk gelijk gehouden met de daadwerkelijke productie. Daarom hebben de bollen uit de proeven dezelfde koelcelfase gekregen als de reguliere bollen, waarbij ze op dezelfde wijze gestapeld stonden en dezelfde waterversing kregen.



Vervolgens werden de bollen geplaatst op extra tafels aan de zijkant van de productiekas. Hierdoor hebben de tulpen in relatief vergelijkbare condities kunnen groeien als in de reguliere productie, op enige verschillen na. Er was minder licht door een permanent aanwezig schermdoek en de tulpen hebben enkel in de opweekkas gestaan terwijl de tulpen in de reguliere productie de laatste dagen naar de trekkas gaan om te kunnen sturen op het bloeitijdstip.

Proefopzet en kasconfiguratie

De bollen zijn in twee gelijke groepen onderverdeeld. De ene helft werd behandeld met geïnfuseerd water en de andere helft fungeerde als controlegroep. Elke proef bestond uit 96 kratten tulpen, waarvan 48 kratten tot de behandelde groep hoorden en 48 kratten tot de controlegroep. In iedere krat zaten 115 (proef 6 t/m 8) of 128 (proef 1 t/m 5, 9 en 10) bollen, waardoor elke groep per proef bestond uit 5.520 of 6.144 bollen.

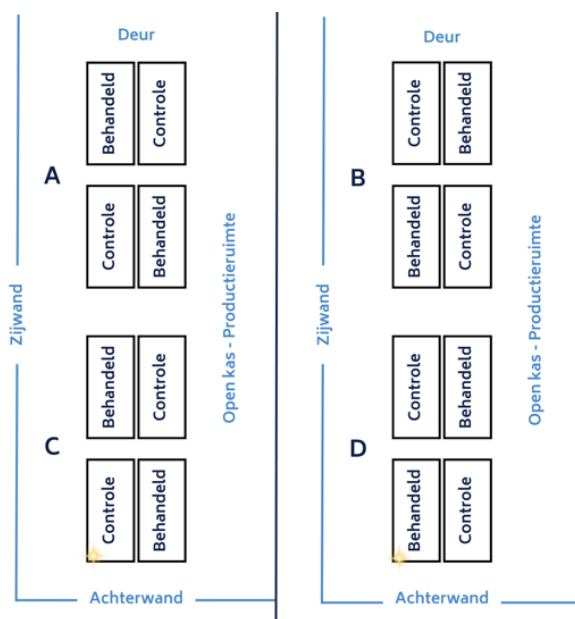
De bollen in de controlegroep werden geïrrigeerd met onbehandeld water, dit was standaard water uit de dagvoorraad zonder enige vorm van infusie. De bollen in de behandelde groep werden geïrrigeerd met hetzelfde standaard water uit de dagvoorraad dat vervolgens geïnfuseerd werd met de nanoclusteroplossing van waterstof en zuurstof, geproduceerd door de technologie van Fundamental Systems.

Kasindeling

De proeven zijn uitgevoerd op vaste tafels, in de laatste afdeling van de 'platte' kas op locatie Sotaweg 51 van Wesselman Flowers te Roelofarendsveen. Hierbij zijn twee rijen van twee tafels opgesteld. De behandelde groep en controlegroep werden halverwege gespiegeld zodat er evenveel kratten met tulpen aan de kaszijde als aan de kaswand zouden staan. Op deze manier konden er steeds opeenvolgende proeven gedaan worden met twee batches tulpen. Hierbij zou de opstelling steeds gewisseld worden: 1A, 3B, 5A, etc. en 2C, 4D, 6C, etc. Hieronder staat een overzicht van de verschillende proefopstellingen.



Tijdens de proef is geconstateerd dat de hoek welke zowel de zijwand als de achterwand heeft een afwijkend resultaat gaf. Het lijkt erop dat de klimaatomstandigheden hier idealer waren, waardoor de (controle) planten hier beter groeiden. Deze verschillen waren ook met het oog zichtbaar. Dit is waarschijnlijk het gevolg van een warmte/ventilatie opeenhoping in deze hoek. De betreffende tafel is met een sterretje aangegeven in opstelling C en D.



Tijdslijn

De bollen hebben een aantal dagen de koelcel gestaan voordat ze in de kas geplaatst werden. Zowel in de koelcel als in de kas kreeg de behandelde groep het behandelde water, met uitzondering van proef 1 waarbij enkel in de kas behandeld water is gegeven. Op 13 februari 2024 is de kas gekrijt. Op dit moment stond proef twee nog in de kas en werd proef drie vanuit de koelcel in de kas geplaatst. Verder werd de kas bij proef 9 en 10 niet langer meer verwarmd, waardoor de broeitijd toenam.

De proeven zijn in drie fasen op te delen. De eerste proef fungeerde als test en daarna is er in elke opstelling een proef gedaan, dit waren proef 2 t/m 5. Vervolgens hebben we een tussentijdse evaluatie gedaan en de opgedane kennis meegenomen in de tweede fase van proef 6 t/m 10. Hieronder staat de tijdslijn van de verschillende proeven weergegeven.



Tabel 2: tijdlijn van de proeven

Nr.	Proef		Duur		Datum		
	Opstelling		Cel	Broei	Cel	Kas	Oogst
1	B	Test	-	17	-	19-01-24	05-02-24
2	D	Deel 1	20	16	19-01-24	08-02-24	24-02-24
3	A		14	17	31-01-24	14-02-24	02-03-24
4	C		17	16	14-02-24	02-03-24	18-03-24
5	B		19	14	21-02-24	11-03-24	25-03-24
6	C	Deel 2	17	14	02-03-24	19-03-24	02-04-24
7	A		15	14	11-03-24	26-03-24	09-04-24
8	C		16	14	18-03-24	03-04-24	17-04-24
9	B		15	17	26-03-24	10-04-24	27-04-24
10	D		12	15	05-04-24	17-04-24	02-05-24

Waterbehandeling en -gift

Het water dat werd gebruikt, was afkomstig uit de dagvoorraadtank van Wesselman Flowers. Deze is viermaal gemeten voorafgaand aan de proef en had gemiddeld een DO van 235% met een ORP van 770mV. De dagvoorraadtank wordt gevoed door een mix van drainwater en vers regenwater. Voordat het water wordt toegevoegd aan de dagvoorraadtank krijgt het een ozonbehandeling ter desinfectie. Met behulp van een bemestingsunit wordt het water daarna op het gewenste bemestingsniveau gebracht. Dit water is gebruikt voor zowel de controlegroep als de infusie van de behandelde groep om consistentie te garanderen. Om inzicht te geven in het gebruikte water, is in bijlage 1 de uitkomst van een bemestingsonderzoek toegevoegd.

In de koelcel werd het water wekelijks ververs. Vervolgens werd in de kas om de dag handmatig een watergift gedaan, waarbij het water in de kratten werd aangevuld met een vaste afgemeten hoeveelheid water.

Infusieproces

Het water werd geïnfuseerd met een nanoclusteroplossing van 66% waterstof en 34% zuurstof. De infusie vond plaats op het moment dat er gietwater benodigd was. Hierbij werd maximaal 1m³ (1000 liter) behandeld. Het behandelde water werd als voorraad opgeslagen in een tank van 350 liter op wielen die naar de koelcel en kas kon worden gereden. Het overgebleven water werd geloosd waardoor de verrijdbare tank en de infusietank weer leeg waren.



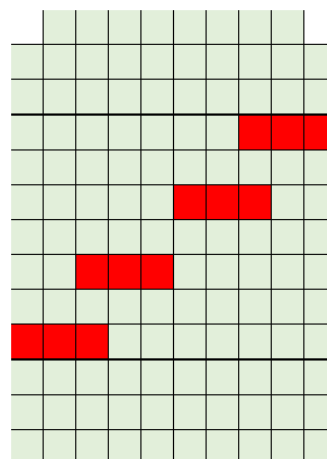
Validatie van nanoclusteroplossing

De nanoclusteroplossing werd geproduceerd met behulp van gespecialiseerde apparatuur van Fundamental Systems. De validatie van de aanwezigheid en stabiliteit van de nanoclusteroplossing is in een eerder stadium gemeten met behulp van de HORIBA SZ-100. Hierbij werd de grootte en dispersie van de nanoclusteroplossing in het water gemeten. Deze validatie toonde aan dat de nanoclusteroplossing in 4 verschillende metingen 81Nm gemiddeld consistent aanwezig en stabiel waren in het water. In bijlage 2 is de uitkomst van een van deze metingen opgenomen.

Waarnemingen en metingen

Tijdens de proef is er bij het oogsten een visuele beoordeling gedaan op de wortelontwikkeling, wortelkleur, bladkleur en bloeigelijkheid. Daarnaast is zowel de lengte als het gewicht gemeten van de geoogste tulpen.

Van zowel de behandelde groep als de controlegroep zijn 350 tulpen geoogst uit vaste kratten en op vaste posities om randinvloeden uit te sluiten. In de afbeelding hiernaast is een voorbeeld te zien met de geoogste posities bij een proef met bolmaat 10-11. Van deze tulpen is de steel handmatig afgebroken op de bolrand, waar de bol eindigt en de steel begint. Deze tulpen zijn allemaal gewogen op 1 decimaal nauwkeurig. Daarnaast zijn er random 100 tulpen gemeten in hele centimeters van de steelbodem tot de punt van de bloem. Op deze wijze is er sprake van een statistisch significante uitslag van dit onderzoek.



De overige tulpen die niet zijn gebruikt voor de testmetingen, werden op de gebruikelijke wijze geoogst en middels de bosmachine gebost. Bij zes proeven is ook de tweede sortering (A2) geregistreerd bij de bosmachine. Hieronder verstaan wij tulpen met te korte of kromme stelen.

Bij de analyse van de metingen kijken we naar percentuele verschillen. Hierbij berekenen we het verschil van de behandelde groep ten opzichte van de controlegroep. Daarnaast kijken we naar de standaarddeviatie en de spreiding.





De standaarddeviatie geeft aan hoe ver de waarden gemiddeld van het gemiddelde afliggen. Een kleine standaarddeviatie betekent dat de meeste cijfers dicht bij het gemiddelde liggen. Een grote standaarddeviatie betekent dat de cijfers veel van elkaar verschillen en dus verder van het gemiddelde af liggen. De spreiding is een breder begrip en geeft de range aan waar alle waarden binnen liggen. Hieraan kun je zien wat het verschil tussen de uitersten is. Omdat Wesselman Flowers streeft naar een gelijkmatige groei, met een minimale tweede sortering (A2) door te korte stelen, is het wenselijk om een zo laag mogelijke de standaarddeviatie en spreiding te hebben.

Feedback vanuit biosensoren

We hebben biosensoren van Vivent geplaatst om de activiteit van de tulpen te monitoren. Per tafel hebben we 2x8 sensoren geplaatst. Hierdoor konden verschillende zaken geconstateerd worden, waaronder de reactie van de plant op het toedienen van water, verschillen tussen het toedienen van behandeld of onbehandeld water en de mate van optimale groeiperioden, incl. dag- en nachtritme.



Analyses en resultaten

Groei en oogstresultaten

Resultaten per proef

In de eerste (test)proef (opstelling B, Aafke) zijn subtiele verschillen gevonden: de behandelde tulpen waren 1,85% langer en 0,54% zwaarder. Uit deze proef hebben we lering getrokken uit de hoeveelheid water per gift.

De partij in proef 2 (opstelling D, First Class) had een duidelijke fenolen reactie. Hierbij waren de verschillen aanzienlijk: de behandelde tulpen waren 9,49% langer en 6,43% zwaarder dan de tulpen uit de controlegroep. Ook de wortels van de behandelde tulpen waren zichtbaar minder aangetast door de fenolen. In onderstaande afbeelding is te zien dat de wortels van de behandelde groep (rechts, bak 41) witter en voller zijn dan de wortels van de controlegroep (links, bak 13).



In proef 3 (opstelling A, First Class) waren de verschillen opnieuw substantieel: de behandelde tulpen waren 3,39% langer en 11,65% zwaarder. Bij proef 4 (opstelling C, Jan Seignette) waren de verschillen daarentegen beperkt: de behandelde tulpen waren 0,66% langer en 1,02% zwaarder. Proef 5 (opstelling B, First Class) gaf weer significant positieve resultaten: de behandelde tulpen waren 6,06% langer en 6,34% zwaarder.

Na het afronden van deel 1 (proef 2 t/m 5, opstelling A t/m D) is er een tussentijdse evaluatie geweest. Hierbij werd geopperd dat de bollen voor de behandelde groep mogelijk niet uit dezelfde kist zijn gekomen als de bollen voor de controlegroep. Er kon met zekerheid gesteld dat de gebruikte bollen voor beide groepen van dezelfde batch afkomstig zijn, maar niet of deze uit dezelfde kist of verschillende kisten kwamen. Hierdoor is het niet te bepalen in hoeverre



dit invloed heeft gehad op de resultaten. Om deze reden is hier in de volgende proeven nadrukkelijk naar gekeken. Daarnaast was het opvallend dat proef 4 in opstelling C met Jan Seignette bollen aanzienlijk minder verschil gaf dan de andere proeven. Hierdoor ontstond het vermoeden dat opstelling C beïnvloed werd door de plek in de kas.

Proef 6 (opstelling C, First Class) doorbrak de trend en gaf voor het eerst een licht positief resultaat in het voordeel van de controlegroep: de behandelde tulpen waren 1,59% korter en 0,20% lichter. Dit versterkte het vermoeden dat de plek in de kas van opstelling C invloed heeft op de resultaten.

Bij proef 7 (opstelling A, First Class) werd de trend weer opgepakt en waren de behandelde tulpen 2,88% langer en 2,44% zwaarder. Daarentegen gaf proef 8 (opstelling C, First Class) weer minimaal verschil: de behandelde tulpen waren 1,69% langer en 0,14% lichter. Dit bevestigde dat opstelling C afwijkende resultaten geeft en dat er gestreefd moet worden naar een gelijk aantal proeven per opstelling om tot een juiste conclusie te kunnen komen.

Tijdens de laatste twee proeven raakt de kaslocatie qua reguliere productie leeg en wordt er niet langer op hetzelfde niveau verwarmd. Ondanks deze verandering in de condities was er bij proef 9 (opstelling B, Verandi) weer een aanzienlijk verschil: de behandelde tulpen waren 8,45% langer en 5,33% zwaarder. Proef 10 (opstelling D, KungFu) gaf eveneens een positief resultaat: de behandelde tulpen waren 3,45% langer en 0,98% zwaarder.

Overzicht resultaten

In de visuele beoordeling op wortelontwikkeling, wortelkleur, bladkleur en bloeigelijkheid zijn geen verschillen waargenomen tussen de controlegroep en de behandelde groep, met uitzondering van de wortels bij proef 2. In deze proef waren de wortels van de behandelde tulpen zichtbaar minder aangetast door de fenolen dan de wortels van de tulpen uit de controlegroep.

In onderstaande tabellen zijn de resultaten van de proeven weergegeven. In tabel 3 zijn de resultaten op het gebied van lengte te vinden en in tabel 4 op het gebied van gewicht. Naast de resultaten per proef, is hierin ook een gemiddelde opgenomen. In dit gemiddelde is de eerste proef niet meegenomen, aangezien



dit een test was en de bollen pas in de kas behandeld water hebben gekregen. Daarnaast is tijdens de proeven gebleken dat de opstelling invloed had op de resultaten. In proef 2 t/m 9 kwamen opstelling A, B en D tweemaal voor en opstelling C driemaal. Om dit recht te trekken, is het gemiddelde van de proeven in opstelling C tweemaal meegenomen in het totale gemiddelde.

Tabel 3: lengte in cm, standaarddeviatie en spreiding

Nr.	Lengte in cm			SD-lengte			Spreiding lengte		
	Contr.	Beh.	Δ	Contr.	Beh.	Δ	Contr.	Beh.	Δ
1	42,27	43,05	1,85%	-	-		13	18	
2	37,60	41,17	9,49%	10	7		18	15	
3	38,34	39,64	3,39%	10	9		19	16	
4	38,06	38,31	0,66%	8	8		15	17	
5	41,12	43,61	6,06%	8	10		18	20	
6	42,09	41,42	-1,59%	8	8		21	18	
7	36,43	37,48	2,88%	7	7		14	14	
8	39,04	39,70	1,69%	6	7		18	13	
9	39,17	42,48	8,45%	11	9		21	23	
10	37,70	39,00	3,45%	13	10		25	17	
Gem.	38,73	40,38	4,26%	8,10	7,57	-6,48%	17,25	15,46	-10,39%

Tabel 4: gewicht in gram, standaarddeviatie en spreiding

Nr.	Opst.	Gewicht in gram			SD-gewicht			Spreiding gewicht		
		Contr.	Beh.	Δ	Contr.	Beh.	Δ	Contr.	Beh.	Δ
1	B	26,16	26,30	0,54%	-	-		19	19	
2	D	21,01	22,36	6,43%	14	13		16	18	
3	A	21,89	24,44	11,65%	15	12		17	15	
4	C	20,59	20,80	1,02%	12	13		16	14	
5	B	21,61	22,98	6,34%	16	16		21	19	
6	C	24,90	24,85	-0,20%	14	13		22	23	
7	A	25,42	26,04	2,44%	18	16		29	23	
8	C	28,02	27,98	-0,14%	14	14		21	24	
9	B	30,01	31,61	5,33%	17	17		31	34	
10	D	21,34	21,55	0,98%	18	19		24	21	
Gem.		23,79	24,76	4,08%	14,13	13,63	-3,54%	20,38	19,24	-5,58%

Tweede sortering (A2)

Naast de lengte en het gewicht van de tulpen, is er ook gekeken naar de tweede sortering door te korte of kromme stelen tijdens het bossen op de bosmachine.



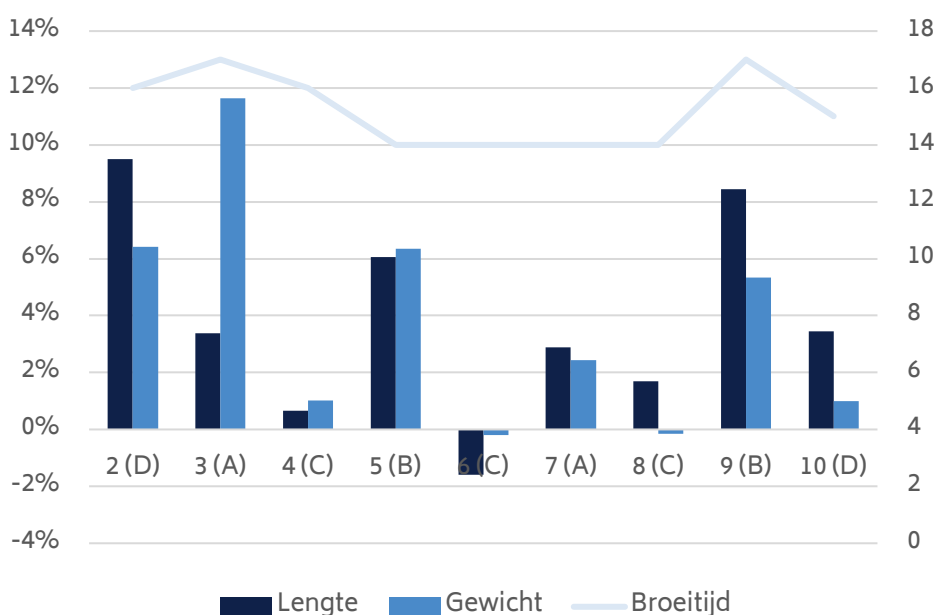
Tabel 5: totaal aantal gebost en tweede sortering (A2) in aantal en percentage

Nr.	Controle			Behandeld			Δ
	Geb.	A2	%	Geb.	A2	%	
2	2.358	137	5,81%	2.367	108	4,56%	-21,17%
6	4.606	214	4,65%	4.606	157	3,41%	-26,64%
7	3.900	164	4,21%	3.900	122	3,13%	-25,61%
8	4.104	140	3,41%	4.104	103	2,51%	-26,43%
9	4.000	287	7,18%	4.000	322	8,05%	12,20%
10	4.800	270	5,63%	4.800	235	4,90%	-12,96%
Totaal	23.768	1.212	5,10%	23.777	1.047	4,40%	-13,61%

Broeitijd

Door het natuurlijke verloop van zonlicht gedurende het seizoen, verschilt de broeitijd per batch. Dit was ook het geval binnen de proeven. Bij de eerste proeven in januari en februari was de broeitijd 16-17 dagen en deze liep richting april terug tot 14 dagen. Er is een duidelijke relatie zichtbaar tussen de effecten van het behandelde water en de broeitijd. Bij een langere broeitijd zijn de verschillen groter dan wanneer de broeitijd terugloopt in de loop van het seizoen. Dit zou logischerwijze het effect kunnen zijn van de langere blootstelling aan behandeld water. Hieronder staat deze relatie visueel weergegeven.

Grafiek 1: relatie tussen broeitijd en procentueel verschil van behandelde groep t.o.v. controlegroep in lengte en gewicht



De proeven zijn in de loop van het seizoen gestart. Aangezien de eerste volledige proef (2) pas op 24 februari is geoogst en een broeitijd van 17 dagen had, mag worden aangenomen dat in de periode van het begin van het seizoen t/m eind februari het aantal broeidagen 17 of hoger is. Doordat het effect van het behandelde water groter was bij een langere broeitijd, is het de verwachting dat het verschil gedurende de periode van december t/m februari gemiddeld gelijk zal zijn aan de resultaten van proeven 2 en 3 of misschien zelfs hoger. Hierbij waren de tulpen gemiddeld 6,44% langer en 9,04% zwaarder. In vergelijking tot 4,47% langer en 4,39% zwaarder bij een broeitijd van 14 dagen (gemiddelde op basis van proef 5 en 7, zodat de afwijkende resultaten van opstelling C het beeld niet vertekenen). Dit betekent dat er minimaal >5% verschil in lengte en gewicht verwacht mag worden gedurende een volledig broeiseizoen.

Plantritme analyse

Watergift

Bij proef 1 werd 2L water gegeven per watergift. Deze hoeveelheid bleek niet voldoende te zijn voor een optimale groei van zowel de behandelde groep als de controlegroep. Daarom is bij proef 2 de hoeveelheid water verhoogd naar deels 3L en deels 4L per watergift. Vanuit feedback van de biosensoren bleek dat 3L per watergift de beste resultaten gaf. Hierdoor is er besloten om voor alle volgende proeven op 3L per watergift aan te houden.

Daarnaast bleek dat bij warmere perioden er in het weekend een extra watergift nodig was, omdat anders de optimale groeiperiode terugliep. Dit toont aan dat het van belang is om zowel de frequentie als de hoeveelheid water per watergift juist af te stellen voor een optimale groei.

Uit de feedback van de biosensoren bleek de watergift zelf een kleine dip in de groeicurve te geven. Het vermoeden was dat dit mogelijk veroorzaakt werd door de aanwezigheid van chloor in het water. Om dit te controleren, zijn er testen gedaan met regulair kraanwater en hierbij was dezelfde dip in bepaalde mate zichtbaar. Om deze reden zijn we hier verder niet op ingegaan.

Dag- en nachtritme

Uit de feedback van de biosensoren bleek dat de tulpen nauwelijks een dag- en nachtritme hadden. Dit betekent dat ze nagenoeg altijd 'aan' staan. Nadat dit is



geconstateerd, hebben we navraag gedaan en bleek dat de belichting 's avonds aangaat en vrij lang aanblijft. Hoewel de lampen een zeer beperkte hoeveelheid groeilicht geven, van +/- 5 μmol en 200 lux, is dit lage lichtniveau al genoeg om het dag- en nachtritme te beïnvloeden. Dit verklaart het ontbreken van een regulier dag- en nachtritme. Aangezien de omstandigheden voor zowel de behandelde groep als de controlegroep hetzelfde waren, is er verder geen aandacht gegeven aan de effecten van belichting. Hoewel een dergelijke optimalisatie buiten dit onderzoek valt, is het mogelijk wel interessant om dit na te gaan vanuit belichtingsonderzoeken met tulpen.

Redox- en zuurstofmetingen

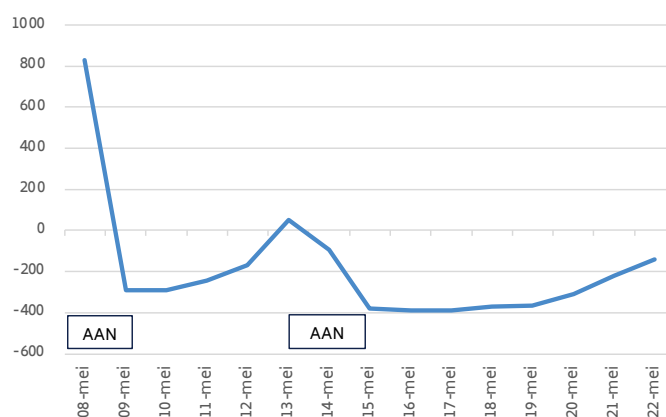
Tijdens de proeven is een aantal keer gemeten hoe de redox-waarde verliep na de watergift. Hierbij viel het op dat het aanwezige antioxidatie potentieel (negatieve redox) in het behandelde water snel werd opgenomen door de bollen en dat het mogelijk ook deels aan de omgeving werd afgegeven. Hierdoor liep de redox-waarde relatief snel op van -300 naar +300mV.

Wanneer de volledige kas behandeld water toegediend krijgt, vindt er vaker een watergift plaats in de kas dan tijdens de proeven en zal er per watergift minder antioxidatie potentieel aan de omgeving afgegeven worden. Hierdoor is het de verwachting dat de redoxwaarde minder snel zal oplopen en er extra effect verwacht mag worden.

In het volledige watersysteem

Na afloop van het seizoen is de dagvoorraadtank volledig behandeld met waterstof en zuurstof geïnfuseerd water. Hierbij was het doel om de tank naar de basiswaarden te brengen met een redoxwaarde van -300mV en een DO-waarde van 200%. Tijdens dit proces zagen we een opmerkelijk verloop van de redoxwaarde. In grafiek 2 is dit verloop van de redoxwaarde gevisualiseerd.

Grafiek 2: verloop van de redoxwaarde in de dagvoorraadtank



Op 8 mei is de infusie-unit aangezet en daalde de redoxwaarde snel tot het beoogde niveau, waarna deze is uitgezet. Vervolgens liep de redoxwaarde in eerste instantie langzaam terug en vanaf een bepaald moment steeds sneller. In de loop van 13 mei en het begin van 14 mei is de infusie-unit weer aangezet waardoor de redoxwaarde weer snel daalde. Na het stopzetten van de infusie-unit bleven de waarden een aantal dagen stabiel laag waarna het weer langzaam opliep.

Hieruit is geconstateerd dat het aanwezige antioxidatie potentieel in eerste instantie 'gebruikt' is om de dagvoorraadtank op te schonen. Hierbij werden de aanwezige ozon, geoxideerde nutriënten en mogelijk andere toxines als gevolg van het ozonproces geëlimineerd. Doordat het water werd gecirculeerd zijn de aanwezige residuen op de bodem van de tank in beweging gekomen en vervolgens opgelost.

Op 13 mei zijn meerdere watergiftpunten in de uiteinden van de twee kassen opgedraaid. Hier liep tot 10m³ per uur aan water uit, wat via de drain weer terugging naar de vuilwatertank. Op een warmere dag in het seizoen wordt tot ongeveer 70% van de dagvoorraadtank gebruikt voor de watergift. Daarom hebben we de dagvoorraadtank tot een niveau van <30% leeg laten lopen middels het opzetten van kranen in de kas. Terwijl deze weer werd aangevuld met batches vanuit de ozoninstallatie, hebben we de infusie-unit weer aangezet en laten draaien tot de volgende ochtend.

Hierbij hebben we geconstateerd dat de infusie-unit zeer goed in staat is om de dagvoorraadtank op de basiswaarden te houden terwijl deze wordt aangevuld met batches ontsmet water vanuit de ozoninstallatie met een redoxwaarde van 700-800mV. Nadat zowel de infusie-unit als de ozoninstallatie een nacht hadden gedraaid, was de dagvoorraadtank weer volledig gevuld en op de basiswaarden, klaar voor watergift gedurende de dag.

Uit de metingen van de watergiftpunten in de uiteinden van de kassen, bleek dat de redoxwaarden in eerste instantie hoger waren dan in de dagvoorraadtank. Na korte tijd kwamen deze op nagenoeg dezelfde waarden. Dit laat zien dat het aanwezige antioxidatie potentieel in eerste instantie de leidingen heeft geantioxiëerd, waarna er 'schone' leidingen overblijven en er geen 'verlies' van



potentieel meer plaatsvond tussen de dagvoorraadtank en het watergiftpunt. Dit proces is visueel weergegeven in bijlage 3. Hierdoor mag verwacht worden dat het geïnfuseerde water alle leidingen en nozzles in de kassen schoon zal houden, wat zich mogelijk vertaalt naar minder schoonmaak of vervanging en minder kans op het ontstaan van ziekten vanuit de vuile leidingen en nozzles. Een vervolgonderzoek zou hier meer inzicht in kunnen geven.

Conclusie

Hoewel de resultaten van de proeven uiteenlopen, is er een duidelijke trend zichtbaar. De tulpen die behandeld water kregen - dat was geïnfuseerd met waterstof en zuurstof - waren gemiddeld 4,26% langer en 4,08% zwaarder. Daarnaast was de standaarddeviatie lager van zowel de lengte (-6,48%) als het gewicht (-3,54%). Dit verschil was nog groter bij de spreiding voor zowel de lengte (-10,39%) als het gewicht (-5,58%). Dit betekent dat de behandelde tulpen gelijkmatiger waren dan de tulpen uit de controlegroep.

Een lagere standaarddeviatie en lagere spreiding, in combinatie met een langere tulp zou logischerwijs zichtbaar moeten zijn in een lager A2-percentage. Dit is ook bevestigd met 13,61% minder A2. Bij 2/3 van de proeven lag het A2-percentage zelfs >20% lager.

Verder is er een relatie gevonden tussen de broeitijd en het effect van het behandelde water. Bij broeitijd van 16/17 dagen waren de behandelde tulpen 6,44% langer en 9,04% zwaarder t.o.v. 4,47% langer en 4,39% zwaarder bij een broeitijd van 14 dagen. Doordat de proeven in het tweede deel van het seizoen hebben plaatsgevonden, mag aangenomen worden dat de broeitijd van het eerste deel van het seizoen 17 dagen of langer is en dat er minimaal >5% verschil in lengte en gewicht verwacht mag worden gedurende een volledig broeiseizoen.

De resultaten van de eerste proef suggereren dat het van belang is dat de tulpen zowel in de koelcel als in de kas behandeld water krijgen. Daarnaast is uit de feedback van de biosensoren gebleken dat de gebruikelijke watergift van 2L om de dag niet voldoende is voor een optimale groei. Daarom is deze verhoogd naar 3L per watergift, aangevuld met een extra watergift in het weekend bij warmere



perioden. In het standaard productieproces is het van belang de watergift regelmatig te blijven controleren en indien nodig bij te stellen.

In de tweede proef was er sprake van een duidelijke fenolen reactie. De zeer positieve resultaten suggereren dat het behandelde water het nadelige effect van de fenolendruk op de lengte en het gewicht aanzienlijk kan verminderen. Ook de wortels van de behandelde tulpen waren zichtbaar minder aangetast door de fenolen en de tweede sortering lag ruim 20% lager dan bij de controlegroep. Dit is een veelbelovende bevinding, aangezien fenolendruk in iedere partij voor kan komen en regelmatig tot veel A2, uitval of zelfs vernietiging leidt.

Tijdens de proeven bleek dat opstelling C afwijkende resultaten gaf doordat een tafel van de controlegroep in de hoek stond tussen de zijwand en achterwand. Het was visueel zichtbaar dat de planten in deze hoek beter groeiden waardoor het erop lijkt dat de klimaatomstandigheden hier idealer waren. Dit is waarschijnlijk het gevolg van een warmte/ventilatie opeenhoping in deze hoek. Ondanks dit 'voordeel' voor de controlegroep, waren de tulpen in de behandelde groep gemiddeld 0,25% langer en 0,23% zwaarder in deze opstelling. Hierdoor zou je kunnen stellen, dat het behandelde water ervoor zorgt dat de tulpen net zo goed groeien als in idealere omstandigheden.

Bij de behandeling van de volledige dagvoorraadtank is gebleken dat de aanwezige ozon, geoxideerde nutriënten en andere toxines worden geëlimineerd en de residuen op de bodem oplossen. Daarnaast is aangetoond dat de infusie-unit de dagvoorraadtank op de basiswaarden kan brengen terwijl deze wordt aangevuld met batches vanuit de ozoninstallatie. Dit is getest met een simulatie van het waterverbruik op de warmere dagen in het seizoen. Verder is geconstateerd dat zelfs in de verste watergiftpunten het antioxidatie potentieel nagenoeg gelijk is aan de dagvoorraadtank waardoor met zekerheid gesteld kan worden dat de volledige kas voorzien kan worden van behandeld water op de basiswaarden.

Eindconclusie

Aan het begin van dit onderzoek zijn er vijf doelstellingen geformuleerd. Hieronder staan de bevindingen en eindconclusies per doelstelling.



1. *Het ervaren in hoeverre er een verbetering van het bewortelingsproces van de tulpenbollen plaatsvindt resulterend in b.v. het eerder traceren van uitval en/of ziekten gedurende het bewortelingsproces, danwel beter weerbare wortels oplevert, waardoor er tijdens de broei minder uitval optreedt*

Over het algemeen was er niet echt sprake van zichtbare verschillen in de wortelvorming, zowel in de koelcel als in de kas. Bij één partij (proef 2) was er sprake van een hoge aantasting van de wortels door fenolen. Bij deze partij waren de wortels van de behandeld water tulpen opvallend beter (witter). In deze proef waren de verschillen in lengte en gewicht van de behandeld water tulpen uiteindelijk ruim boven het gemiddelde. Dit komt overeen met een onderzoek van de WU&R uit 2005 waarin staat aangegeven dat antioxidatie een positieve invloed heeft op de ontwikkeling van tulpenbollen met aanwezige fenolen. Naar aanleiding hiervan is er contact tot stand gekomen met de wetenschappers van destijds om dit mogelijk verder te onderzoeken.

2. *Het uittesten van de effecten van de te leveren oplossing m.b.t. het meer gelijkmatig groeien en kunnen oogsten van de tulpen in het broeiproces; Deze testen zullen parallel lopen aan de implementatie van de SKID in het huidige watersysteem*

Uit de proeven is gebleken dat de standaarddeviatie van zowel de lengte als het gewicht lager was bij de behandelde tulpen. Bij de lengte lag de standaarddeviatie 6,48% lager en bij het gewicht 3,54%. Ook de spreiding was 10,39% lager bij de lengte en 5,58% lager bij het gewicht van de behandelde tulpen. Dit impliceert een aanzienlijk gelijkmatigere groei en daarmee oogst.

3. *Na te gaan of het mogelijk is een kleinere bolmaat te gaan gebruiken welke voldoet aan de vereisten van de klant inzake kwaliteit en gewicht van de daarmee gebroeide tulp.*

Er is niet specifiek getest met verschillende bolmaten van één soort tulp. Hoewel de kleinere bolmaten in de eerste proeven gaven wel grotere positieve verschillen in lengte en gewicht, kan dit ook komen door de langere broeitijd in de kas. Om dit goed te kunnen testen, zouden er verschillende bolmaten van één soort in één batch kunnen worden gebroeid, waarbij ook een bolmaat 9 zou kunnen worden meegenomen.



4. Te onderzoeken wat de effecten van de te leveren oplossing zijn op de kwaliteit van het gebruikte water en het (langer) circuleerbaar zijn van het gebruikte water waardoor mogelijk er geen of minder gebruik van chloor, UV of ozon

Het was nog niet mogelijk om dit te onderzoeken omdat de dagvoorraadtank pas na afloop van het seizoen volledig behandeld is. De ozonbehandeling van het water is als ontsmetting een belangrijke stap in het circuleerbaar maken en houden van het water. Het chloor wordt als extra middel toegevoegd ter voorkoming van besmettingen, o.a. vanuit vervuiling in leidingen. Het behandelde water schoont op en voorkomt vervuiling van leidingen, waardoor zou het gehalte aan chloor mogelijk kan worden verlaagd. De OZON behandeling werkt zeer effectief als ontsmetter en met de aanvullende behandeling middels de waterstof/zuurstof infusie kan het water nagenoeg circulair worden blijven gebruikt.

5. De dagvoorraad is door de inzet van een ozon desinfectie die op 750mV redox is ingesteld op een gemeten waarde van 700mV met een pH van 6,4. We zullen onderzoeken of we een streefwaarden van pH 6 bij 200mV of lager kunnen realiseren. Dit zodat het water wat naar de productie gaat in de groene zone (zie afbeelding) komt 200mV bij pH 6 voor beworteling en tulpen productie. We streven naar een lagere redox-waarde in de dagvoorraad met een hoge concentratie waterstofionen zodat een hoge antioxiderende werking in het watersysteem en de productie van tulpen kan plaatsvinden. De infusie van waterstof zorgt voor de verlaging van de redox-waarde.

Het water in de dagvoorraad kan tot een redoxwaarde van -500mV worden teruggebracht bij een nagenoeg gelijkblijvende pH-waarde. Ook tijdens het maximaal draaien van de ozoninstallatie blijven de gemeten redoxwaarden ruimschoots in de beoogde groene zone. Op het verste watergiftpunt was de gemeten redoxwaarde nog -300mV. Dit toont aan dat de infusie-unit het watersysteem gedurende het hele seizoen op de beoogde waarde kan brengen.

Discussie

Tijdens de proeven is er gebruik gemaakt van verschillende soorten bollen. Daarnaast verschilden de condities per proef, waaronder het moment binnen het seizoen en daarmee de hoeveelheid daglicht, de celtijd en broeitijd, de mate van verwarming, etc. Aan de ene kant zorgt dit ervoor dat we niet met zekerheid vast



kunnen stellen wat de oorzaak is van de uiteenlopende resultaten tussen de proeven. Aan de andere kant laat dit zien dat de gevonden trend van toepassing is op zowel verschillende soorten tulpen als verschillende omstandigheden en kan er met zekerheid gesteld worden dat de resultaten positief zullen zijn op het moment dat de volledige kas behandeld water krijgt.

De tulpen worden standaard op 35 cm verkocht. Daarom is het van belang dat zoveel mogelijk tulpen de benodigde lengte bereiken en er geen waardevermindering optreedt in de tweede sortering. Op het moment dat de tulp boven deze grens ligt, wordt hij afgesneden en heeft de extra lengte geen waarde. Hierdoor hebben langere tulpen op dit moment enkel meerwaarde als het leidt tot een verlaging van het A2-percentage. Op het moment dat de tulpen gemiddeld langer zijn, zou dit vertaald kunnen worden naar het afsnijden op een langere lengte waardoor de verkoopwaarde in de toekomst mogelijk hoger komt te liggen.

Daarnaast is meer lengte niet altijd positief. Op het moment dat de lengte toeneemt en het gewicht in mindere mate, dan kan het afsnijden op 35 cm er uiteindelijk voor zorgen dat de verkoopbare tulp een lager gewicht heeft. Binnen deze proeven is dit niet het geval, aangezien het gewicht eveneens is toegenomen en het gewicht relatief meer in de bovenkant van de tulp zit. Dit betekent dat enkel de relatief lichtere steel afgesneden worden en de verhouding in stand is gebleven.

In de resultaten van de proeven is een duidelijke trend te zien waarbij zowel het gewicht als de lengte van de tulpen hoger ligt bij de behandelde groep dan bij de controlegroep. Daarnaast was de standaarddeviatie en de spreiding kleiner, wat inhoudt dat de behandelde tulpen gelijkmatiger waren ten tijde van de oogst. Deze combinatie zou logischerwijs moeten leiden tot een lagere tweede sortering. Dit was ook het geval in vijf van de zes proeven waarbij de tweede sortering is geregistreerd. Het is opvallend dat enkel proef 9 een lagere tweede sortering laat zien bij de controlegroep, terwijl de behandelde groep ook in deze proef gemiddeld langer én gelijkmatiger is.

