



Minimale CO₂-uitstoot door Minimale Verdamping Tulp

Fase 2: Tolerantie voor $RV \approx 100\%$ tijdens de kiepgevoelige fase

Jeroen Wildschut en Martin van Dam

Rapport WPR-753

Referaat

In een meerlaagse bloementeel van tulpen kan tot 50% aan energie bespaard worden ten opzichte van een enkellaagse teelt. Er kan nog meer energie bespaard worden als de verdamping verminderd kan worden. Het risico op stengel- en bladkiep, waterstelen en/of kleurverbleking neemt echter toe bij verminderde verdamping. In het kader van de Meerjarenafpraak Energie Bloembollen heeft Wageningen University & Research Bloembollen in broeierijproeven in Lisse in 2017 aangetoond dat de gevoeligheid voor kiepen beperkt is tot een paar dagen tijdens de broei, en dan ook nog voor een aantal uur per dag. De duur en precieze fase van kiepgevoeligheid zijn cultivar afhankelijk, en ook Calcium bemesting speelt een rol. Als tulpen slechts in deze gevoelige fase bij lage RV (ca 70%) wordt geteeld en in de overige periode bij RV's tot 100%, zou tot nog eens 47% op energie bespaard kunnen worden. Dit inzicht is niet alleen bruikbaar voor meerlagenteelt, maar ook voor voor de éénlaagsteelt.

Abstract

In multi-layer cultivation of tulip flowers, up to 50% of energy saving can be achieved compared to a single layer crop. Even more energy can be saved if the evaporation can be reduced. However, the risk of physiological abnormalities like 'tipping' increases with reduced evaporation. In the framework of the Long-Term Agreement on Energy in Flowerbulbs, Wageningen University & Research Flower Bulbs demonstrated in 2017 that the sensitivity to tipping is limited to a few days during the cultivation, and only for a number of hours per day. The duration and exact phase of sensitivity to tipping are cultivar dependent, and Calcium fertilization also plays a role. If tulips are grown in this sensitive phase at low RH (about 70%) and in the remaining period at RHs to 100%, up to an extra 47% could be saved on energy. This insight is useful not only for multi-layer cultivation, but also for single-layer cultivation.

Rapportgegevens

Rapport WPR-753

Projectnummer: 3736 1849 10

DOI nummer: 10.18174/443193

Disclaimer

© 2018 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Glastuinbouw - Bloembollen

Postbus 20, 2665 MV Bleiswijk T 0317 48 56 06, www.wur.nl/plant-research.

Kamer van Koophandel nr.: 09098104

BTW nr.: NL 8113.83.696.B07

Stichting Wageningen Research. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd, 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 Stichting Wageningen Research.

Stichting Wageningen Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Adresgegevens

Wageningen University & Research, BU Glastuinbouw - Bloembollen

Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk

Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk

T +31 (0)317 48 56 06

Inhoud

	Samenvatting	5
1	Inleiding	7
2	Werkwijze	9
3	Resultaten	11
	3.1 De kiepgevoelige fase	11
	3.2 Tolerantie voor $RV \approx 100\%$ tijdens de kiepgevoelige fase	15
	3.3 Potentiele Energiebesparing	16
4	Conclusies en aanbevelingen	19
	Bijlage 1 Kasklimaat tijdens de verdampingsproeven	21

Samenvatting

De gangbare Meerlagenteelt in 2 – 3 lagen bespaart tot zo'n 50% op energie in vergelijking met de teelt op één laag. Het nieuwe basisontwerp Meerlagenteelt 2.0 (PPO, 2014) richt zich op een energiebesparingsslag van nog eens 50%. Essentieel hierin is om de verdamping te minimaliseren, waarmee het energieverbruik minimaliseert en daarmee de CO₂-uitstoot. Bij te weinig verdamping treedt echter stengel- en bladkiep op en/of kleurverbleking van blad of bloem en te lichte en te korte planten.

In de 1^{ste} fase van dit project (PPO, 2016) is daarom de kiepgevoeligheid van enkele belangrijke cultivars (o.a. Leen van der Mark, Purple Flag en Strong Gold) onderzocht waaruit werd geconcludeerd dat cultivars hierin sterk kunnen verschillen.

Het onderzoek liet ook zien dat de kiepgevoelige fase (de groeifase waarin het kiepen ontstaat, het kiepen zelf gebeurt pas later) vaak heel kort is, nl. ongeveer 3 dagen, maar dit kan soms tot wel 9 dagen oplopen.

Door alleen tijdens die kiepgevoelige fase de RV onder de 70% te houden (in plaats van continue) kan fors op energie bespaard worden. Berekening van het energieverbruik bij een verdamping behorende bij een RV van 70% tijdens de kiepgevoelige fase, en bij een RV van 98% in de groeifasen ervoor en erna, laat zien dat een energiebesparing mogelijk is van gemiddeld bijna 50%.

In fase 2 van dit project is ter verificatie het onderzoek naar de kiepgevoelige fase gedeeltelijk herhaald en uitgebreid met onderzoek naar het effect van Ca hierin.

De proeven bevestigen dat de kiepgevoelige fase meestal maar kort is, dit seizoen ongeveer 4 dagen. Uitzondering was (wederom) Purple Flag, met een kiepgevoelige fase van 10 dagen. Alle proeven worden standaard bemest met Ca-meststoffen, maar wanneer Strong Gold bemest wordt zonder Ca dan is de kiepgevoelige fase ook 10 dagen. Bemest met Ca slechts 4.

Met uitzondering dus van Purple Flag, en Strong Gold als deze cultivar niet met Ca bemest wordt, ligt de kiepgevoelige fase tussen de eerste 30% en de laatste 35% van de trekduur.

Daarnaast is in een 2^{de} serie proeven onderzocht in hoeverre het mogelijk is om tijdens de kiepgevoelige fase het dagelijkse aantal uren goede verdamping te beperken, ofwel: wat is de tolerantie voor een RV ≈ 100% tijdens de kiepgevoelige fase. Deze proeven laten zien dat er tijdens de kiepgevoelige fase tolerantie bestaat voor een RV = 100% van 3 tot 10 uur per dag, afhankelijk van de cultivar.

Beide mogelijkheden combinerend zou door minimale verdamping tot zo'n 47% energie op ontvochtiging bespaard kunnen worden.

Dit brengt een Meerlagenteelt 2.0, waarin per steel 50% energie bespaard wordt t.o.v. de gangbare meerlagenteelt, dichterbij. Het biedt echter ook voor de éénlaagsteelt en voor de gangbare meerlagenteelt de mogelijkheid om ontvochtigingssystemen efficiënter toe te passen en zo op investeringen en energie te besparen.

De proeven zijn uitgevoerd in kleine compartimenten van ongeveer 7 m³. Uit de compartimenten die niet ontvochtigd werden wordt nog zeer veel water afgevoerd: 1) via condensatie op het dek en vervolgens afdruppelen, 2) op momenten dat het compartiment geopend wordt om bakken te verwisselen en 3) door diffusie van waterdamp van het compartiment door kleine spleten/openingen naar buiten. Hoe deze afvoer van water(damp) in een praktijksituatie uitpakt en wat het effect daarvan op kiepers is, is moeilijk te voorspellen.

Aanbevelingen zijn daarom om in fase 3 van dit project de proeven op te schalen naar deelen (gecompartimenteerde kassen) en de strategieën voor minimale verdamping te combineren:

- Buiten de kiepgevoelige fase de RV laten oplopen tot 100%.
- Tijdens de kiepgevoelige fase alleen bijvoorbeeld 18 of 21 uur goed ontvochtigen.
- De fase waarin goed ontvochtigd wordt variëren van bijvoorbeeld 30% - 50%, 30% - 60% en 30% - 70%.

In een dergelijke proefopzet zouden meer cultivars meegenomen kunnen worden.

1 Inleiding

De gangbare Meerlagenteelt in 2 – 3 lagen bespaart tot zo'n 50% op energie in vergelijking met de teelt op één laag. In dit systeem wordt de onderste teeltlaag niet belicht, de 2^{de} met kunstlicht en de 3^{de} met daglicht. Het is hierin essentieel om met zo weinig mogelijk energie voor belichting goede tulpen te produceren.

Het nieuwe basisontwerp Meerlagenteelt 2.0 (PPO, 2014) richt zich op een energiebesparingsslag van nog eens 50%. Essentieel hierin is om de verdamping te minimaliseren, waarmee het energieverbruik minimaliseert en daarmee de CO₂-uitstoot. Dit betekent zo min mogelijk vocht afvoeren waardoor de tulpen onder een hogere RV (lager vochtdeficit) worden afgebroeid. De grens hieraan wordt bepaald door de kwaliteit van de tulpen: bij te weinig verdamping treedt stengel- en bladkiep op en/of kleurverbleking van blad of bloem en te lichte en te korte planten.

In de 1^{ste} fase van dit project (PPO, 2016) is de kiepgevoeligheid van enkele belangrijke cultivars (o.a. Leen van der Mark, Purple Flag en Strong Gold) verkend. Uit dit onderzoek is geconcludeerd dat cultivars sterk verschillen in kiepgevoeligheid en ook binnen cultivars kunnen verschillen zijn afhankelijk van o.a. de broeiperiode in het seizoen. Op de cultivar Barcelona bleek een te hoge RV geen enkel effect te hebben. De cultivars Strong Gold en Seadov bleken voor blad- en stengelkiep het gevoeligst.

Bij een gemiddelde gerealiseerde RV van 76% tijdens de volledige trekduur trad bij Strong Gold en Seadov tijdens de eerste trek geen kiep op, bij de 2^{de} trek een beperkt aantal. Bij een RV van 83% of hoger was het aantal kiepers zeer hoog. De middelste groeifase bleek het gevoeligst voor hoge RV.

Het onderzoek liet ook zien dat de kiepgevoelige fase (de groeifase waarin het kiepen ontstaat, het kiepen zelf gebeurt pas later) vaak heel kort is, nl. ongeveer 3 dagen, maar dit kan soms tot wel 9 dagen oplopen. Dit was het geval met Purple Flag, 2^{de} trek, waarbij zelfs bij een RV van 69% al veel kiepers op traden. Hierbij spelen blijkbaar nog andere factoren en rol.

De dagelijkse verdamping zoals afgeleid uit de watergift laat zien dat deze bij een lage RV (75% of lager) een factor 3 hoger kan zijn dan bij een RV van gemiddeld 98%.

Door alleen tijdens de kiepgevoelige fase de RV onder de 70% te houden (in plaats van continue) kan fors op energie bespaard worden. Berekening van het energieverbruik bij een verdamping behorende bij een RV van 70% tijdens de kiepgevoelige fase, en bij een RV van 98% in de groeifasen ervoor en erna, laat zien dat een energiebesparing mogelijk is van gemiddeld bijna 50%.

In fase 2 van dit project is het onderzoek naar de kiepgevoelige fase gedeeltelijk herhaald en uitgebreid met onderzoek naar het effect van Ca hierin. Reden hiervoor is dat calciumgebrek een rol speelt bij het ontstaan van kiepers. Wanneer planten te weinig verdampen, wordt er minder water met calcium opgenomen en ontstaat er gebrek aan calcium in de snelst groeiende delen. De doorlatendheid van de celmembranen neemt hierdoor toe waardoor de cellen daar scheuren en er water uit de cellen lekt. Het blad of de stengel knakt dan om op die plek. Daarnaast is onderzocht in hoeverre het mogelijk is om tijdens de kiepgevoelige fase het dagelijkse aantal uren goede verdamping te beperken, ofwel: wat is de tolerantie voor een $RV \approx 100\%$ tijdens de kiepgevoelige fase.

2 Werkwijze

Om de kiepgevoelige fase te verifiëren zijn in een kas die zo droog mogelijk werd gehouden 2 kasdelen gecreëerd waarvan in de eerste de RV op vrijwel 100% gehouden is en in de 2^{de} onder de 70%. Per trek zijn 2 cultivars beproefd, van elk 20 prikbakken waarvan er 10 in het ene kasdeel en 10 in het andere kasdeel zijn geplaatst. Bij de eerste trek zijn van elke cultivar 3 dagen na het inhalen telkens om de 2 dagen één bak van het kasdeel met een RV=70% omgewisseld met een bak van het kasdeel met een RV=100%. Zodra kiepers zich manifesteerden is het aantal per bak genoteerd en verwijderd. In deze eerste serie proeven werd de eerste trek uitgevoerd met de cultivars Leen van der Mark en Purple Flag. Een tweede trek is uitgevoerd met Leen vd Mark en Leo Visser. En om enig effect van Calcium op de kiepgevoelige fase na te gaan is een derde trek uitgevoerd met 40 bakken Strong Gold, waarvan er 20 met Calcium bemest zijn en 20 zonder Calcium, maar met voldoende Polyfeed om in beide gevallen proceswater met een gelijk Ec te creëren.

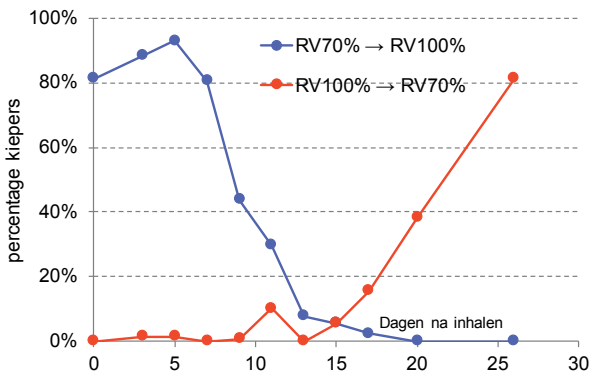
Daarnaast zijn nog 2 kasdelen gecreëerd, één met een RV=70% en één met een RV=100% waarin per trek met 3 tot 4 cultivars in de kiepgevoelige fase is nagegaan hoeveel uren per dag een RV=100% getolereerd werd, en hoeveel uren per dag een goede verdamping nodig is om kiepers te voorkomen. In deze tweede serie proeven werden hiertoe bakken uit het ene kasdeel dagelijks gewisseld met bakken uit het andere kasdeel en vervolgens 3, 6 en 9 uur later weer terug gewisseld. Van elke cultivar bleef in elk kasdeel één bak staan. In de eerste trek werd zodoende een reeks gecreëerd waarbij de cultivars Leen vd Mark, Purple Flag en Leo Visser tijdens de kiepgevoelige fase 0, 3, 6, 9, 15, 18, 21 en 24 uur per dag bij een RV= 70% goed konden verdampen. In de twee volgende trekken is de cultivar Strong Gold hieraan toegevoegd en zijn op dezelfde manier van dagelijks terug wisselen reeksen gecreëerd van 0, 5, 10, 14, 19 en 24 uur goed verdampen bij een RV=70%.

Per prikbak is de watergift genoteerd en met sensoren zijn in de kasdelen de RV en de temperatuur elke 5 minuten gelogd (zie Bijlage 1). Daarnaast is de ontwikkeling van stengelkiep met een webcam vastgelegd, waarvan de beelden op te zien zijn op: <http://www.wur.nl/nl/Expertises-Dienstverlening/Onderzoeksinstituten/plant-research/bollen-bomen-fruit/Meerlagenteelt-tulp.htm>

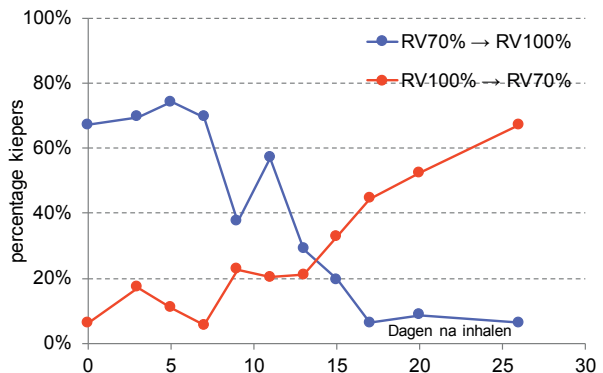
3 Resultaten

3.1 De kiepgevoelige fase

De resultaten van de eerste trek in serie 1 zijn samengevat in Figuren 1 en 2. Wordt Leen van der Mark vanaf ± 7 dagen na inhalen op 5 januari, of eerder, aan een RV ≈ 100% bloot gesteld dan zijn meer dan 80% van de tulpen op 4 dagen na de oogstdag (dag 26 na het inhalen) gekiept. Naarmate ze langer bij een gemiddelde RV ≈ 70% groeien neemt het percentage kiepers sterk af, tot minder dan 2% kiepers na dag 17. Vanaf die dag kan de RV oplopen tot 100% zonder dat er kiepers ontstaan. Worden de tulpen na inhalen gebroeid bij een RV ≈ 100% dan heeft dat tot ongeveer dag 9 of 13 geen kiepers tot gevolg mits vanaf die dag gebroeid wordt bij een RV ≈ 70%.



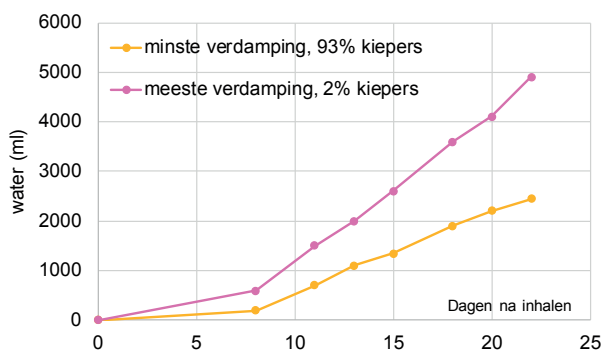
Figuur 1 Percentage kiepers, Leen vd Mark.



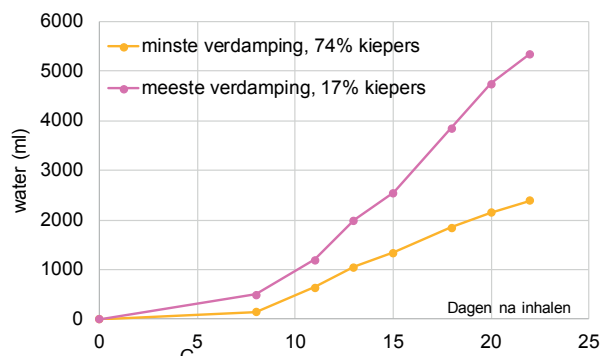
Figuur 2 Percentage kiepers, Purple Flag.

Ook wanneer Purple Flag continue bij een RV = 70% wordt gebroeid zijn er kiepers (5%). Maar dag 7 of eerder naar het kasdeel met een RV = 70%, en pas na dag 17 naar het kasdeel met een RV = 100% leidt tot net zo weinig kiepers als broei continue bij RV = 70%.

De kiepgevoelige fase voor Leen vd Mark ligt tussen dag 13 en dag 17 (4 dagen), voor Purple Flag tussen dag 7 en dag 17 (10 dagen).

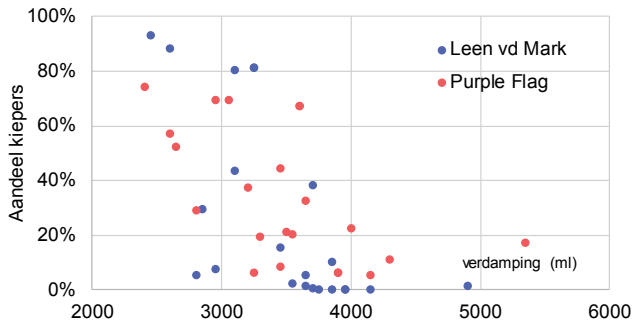


Figuur 3 Cumulatieve watergift, Leen vd Mark.



Figuur 4 Cumulatieve watergift, Purple Flag.

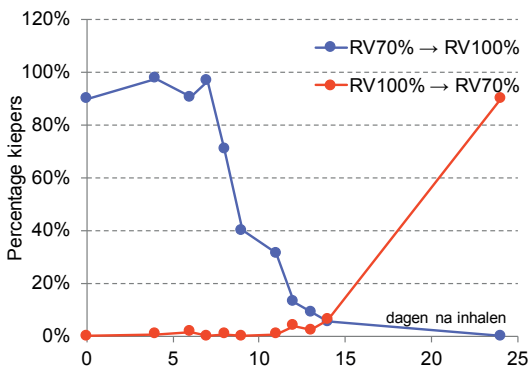
In Figuur 3 (Leen vd Mark) en Figuur 4 (Purple Flag) is de totale verdamping per bak weergegeven voor de meest verdampende bak en de minst verdampende bak. De Figuren laten zien dat bij deze trek het verschil een factor 2 tot 2,5 is, en dat in het begin fors minder verdampt wordt dan aan het eind van de trek. Hoe eerder de tulpen zonder gevaar voor kiepers naar het kasdeel met een RV = 100% kunnen hoe minder energie voor verdamping nodig is.



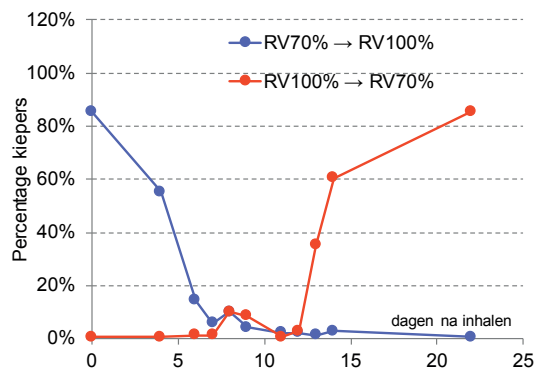
Figuur 5 Verdamping en aandeel kiepers.

Figuur 5 laat het verband tussen verdamping en het percentage kiepers zien. Regressieanalyse laat zien dat hierin tussen Leen vd Mark en Purple Flag geen verschil is ($p = 0,321$). Het verband tussen verdamping en kiepers is omgekeerd evenredig en significant ($p = 0,00003$), maar er spelen hierin meer factoren een rol.

De resultaten van de tweede trek in serie 1, ingehaald op 9 februari, zijn samengevat in Figuren 6 en 7. Wanneer Leen vd Mark binnen 7 dagen van het kasdeel met een RV=70% verhuist naar het kasdeel met een RV=100% gaan vrijwel alle tulpen kiepen. Verhuizen ze later dan neemt het aandeel kiepers af en verhuizen ze na ongeveer 15 dagen dan leidt dat niet meer tot kiepers. Omgekeerd: de eerste 11 tot 13 dagen bij een RV=100% en daarna verhuizen naar het kasdeel met een RV=70% leidt ook niet tot kiepers. Bij deze trek is de kiepgevoelige fase van Leen vd Mark van ongeveer 11 tot 15 dagen (4 dagen) na inhalen dus iets eerder dan bij de eerste trek.



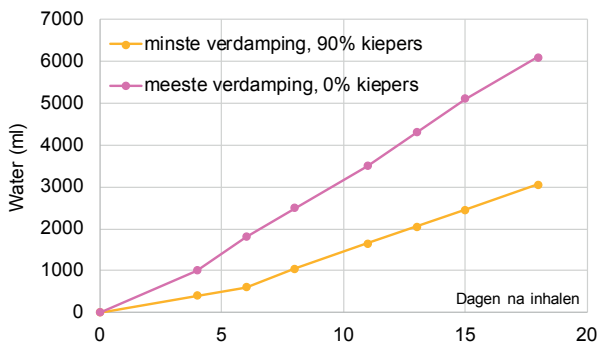
Figuur 6 Percentage kiepers, Leen vd Mark.



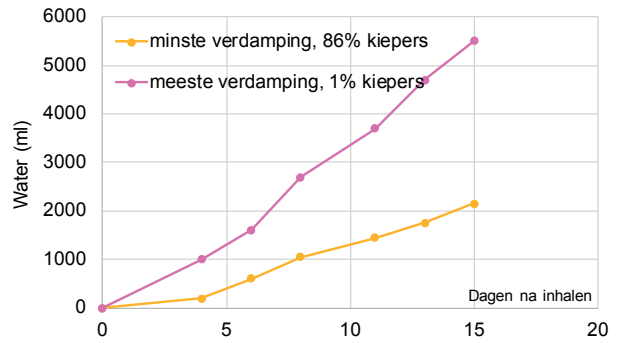
Figuur 7 Percentage kiepers, Leo Visser.

Bij de cultivar Leo Visser lijkt 11 dagen na inhalen een RV=100% geen kiepers meer te veroorzaken en ook tot 7-12 dagen in het kasdeel met een RV=100% en daarna in het kasdeel met 70% leidt niet tot kiepers. De kiepgevoelige fase is hiermee van ongeveer dag 7 t/m dag 11.

Ook bij deze trek, Figuur 8 en 9, is het verschil tussen de meest en de minst verdampende bak een factor 2 tot 2,5.

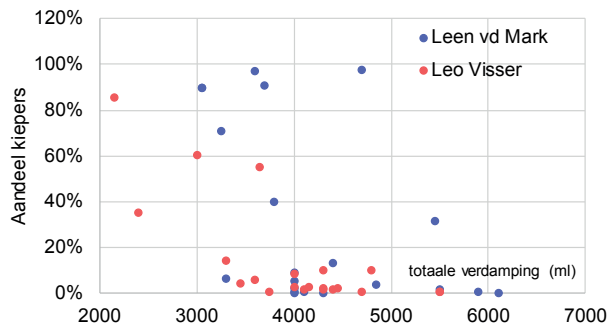


Figuur 8 Cumulatieve watergift, Leen vd Mark.



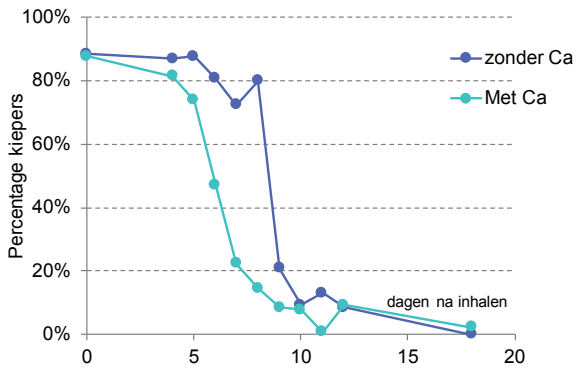
Figuur 9 Cumulatieve watergift, Leo Visser.

Figuur 10 laat het verband tussen verdamping en het aandeel kiepers zien. Regressieanalyse geeft aan dat het verschil tussen Leen vd Mark en Leo Visser significant is ($p=0,018$). En hoewel ook het omgekeerd evenredige verband tussen verdamping en kiepers significant is ($p=0,00002$) is ook bij deze trek de spreiding groot.

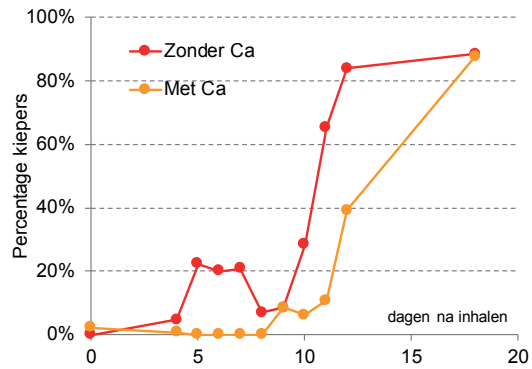


Figuur 10 Verdamping en aandeel kiepers.

De derde trek in deze serie is uitgevoerd met de cultivar Strong Gold, waarvan 20 prikbakken zoals gebruikelijk met Ca-nitraat + CaCl bemest werden en 20 bakken zonder Ca, maar met de mengmeststof polyfeed. De resultaten zijn samengevat in de Figuren 11 en 12. De Figuren laten zien dat als gedurende de gehele trek de $RV=70\%$, zowel met als zonder Ca geen kiepers optreden (dag 0 in beide Figuren). Figuur 11 laat zien dat hoe later de bakken verhuizen van het kasdeel met een $RV=70\%$ naar het kasdeel met een $RV=100\%$, hoe lager het percentage kiepers. Maar met Ca bemesting is het percentage kiepers fors lager. Figuur 12 laat zien dat met Ca er geen kiepers zijn wanneer de bakken vanaf inhalen niet langer dan 7 dagen bij een $RV=100\%$ staan. Staan de bakken langer bij een $RV=100\%$ dan neemt het percentage kiepers toe. Maar zonder Ca treden al kiepers op wanneer de bakken langer dan 4 dagen bij een $RV=100\%$ staan en staan ze vanaf inhalen langer dan 12 dagen bij een $RV=100\%$ dan is het percentage kiepers 2 keer zo hoog als bij met Ca. Met Ca-bemesting is Strong Gold dus toleranter voor een $RV=100\%$ en is de kiepgevoelige fase korter: van ongeveer dag 7 t/m dag 11. Maar ook met Ca zijn kiepers niet te voorkomen als Strong Gold vanaf inhalen langer dan 7 dagen bij een $RV=100\%$ staat, of meer dan de laatste 14 dagen van de trek bij een $RV=100\%$. Zonder Ca is de kiepgevoelige fase van ongeveer dag 4 t/m dag 14 (10 dagen).

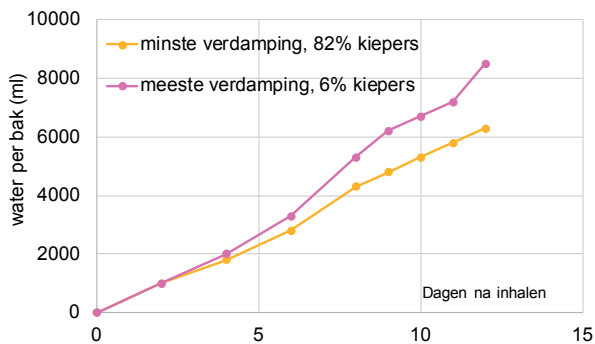


Figuur 11 Eerste dagen RV =70%, Strong Gold.

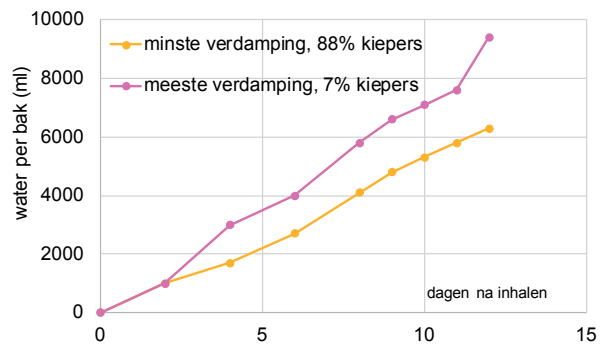


Figuur 12 Eerste dagen RV =100%, Strong gold.

Opvallend bij deze 3^{de} trek is dat de totale watergift flink hoger is dan bij de vorige trekken, en dat het verschil tussen in de bak die het minste verdampt en die het meeste verdampt slechts een factor 1,25 – 1,3 is. Achtergrond hierbij zijn de hoger temperaturen bij deze trek, vooral in het kasdeel met de RV=100% (gemiddeld 19,7°C versus 18,2°C in het kasdeel met een RV=70%, terwijl bij trek 2 deze temperaturen respectievelijk 17,9 en 17,0°C waren, zie Tabel 1 in Bijlage 1). Tussen wel of geen bemesting met Ca is weinig verschil in verdamping.

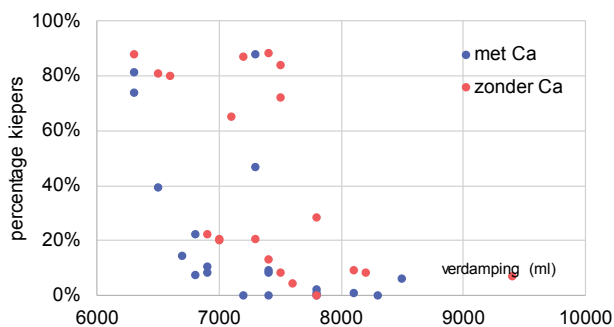


Figuur 13 Cumulatieve watergift zonder CA, Strong Gold.



Figuur 14 Cumulatieve watergift met CA, Strong Gold.

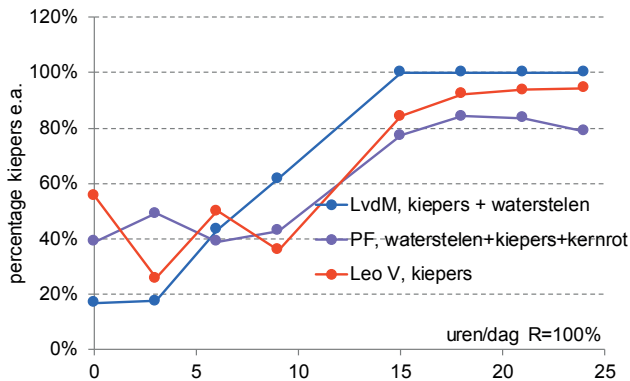
Regressieanalyse laat zien dat het aantal kiepers bij bemesting met Ca kleiner is dan bij bemesting zonder Ca ($p=0,011$), en dat het verband tussen verdamping en kiepers omgekeerd evenredig is ($p= 0,00025$). Bij eenzelfde verdamping leidt bemesting met Ca dus tot minder kiepers, Figuur 15.



Figuur 15 Verdamping en aandeel kiepers, Strong Gold.

3.2 Tolerantie voor $RV \approx 100\%$ tijdens de kiepgevoelige fase

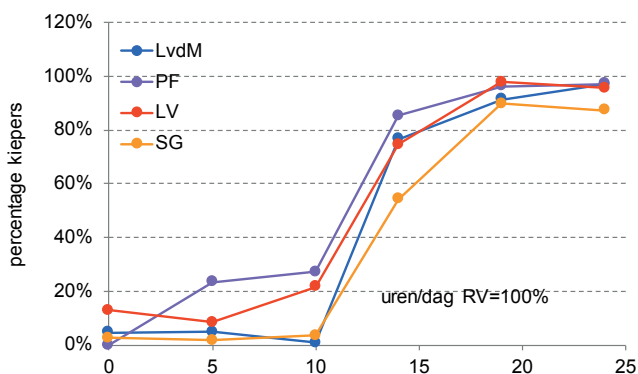
In de eerste trek in de 2^{de} serie zijn in de kiepgevoelige fase door het dubbel omwisselen van bakken uit het kasdeel met een $RV=70\%$ en het kasdeel met een $RV=100\%$ de cultivars Leen vd Mark, Purple Flag en Leo Visser blootgesteld aan een $RV = 100\%$ voor 0, 3, 6, 9, 15, 18, 21 en 24 uur per dag, Figuur 16.



Figuur 16 Kiepers (e.a) bij uren/dag blootstelling aan $RV = \%$.

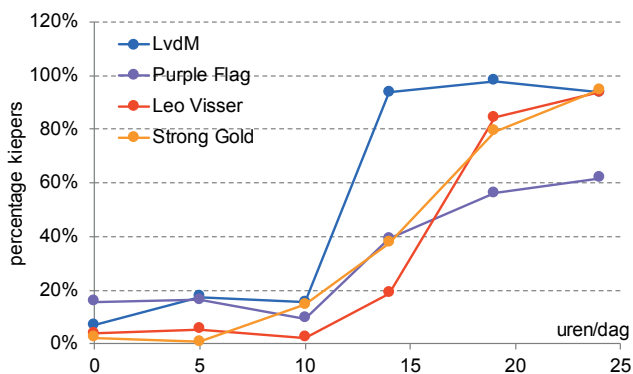
De Figuur laat zien dat 15 uur per dag of langer aan een $RV=100\%$ bijna alle tulpen kiepen en/of waterstelen vertonen. Maar een kortere blootstelling leidt tot minder kiepers e.d.. Zonder blootstelling aan een $RV=100\%$ kiepen (e.d.) echter ook tot ongeveer 20% (Leen vd Mark) tot bijna 60% (Leo visser). Achtergrond hierbij is mogelijk dat de RV in het kasdeel met de hoge verdamping niet laag genoeg gehouden is, nl op 80% i.p.v. 70% (en het vochtdeficit op gemiddeld 3,0 ml/m³, zie Bijlage 1). Deze resultaten geven een indicatie dat deze cultivars tijdens de kiepgevoelige fase minstens 3 tot 9 uur een $RV=100\%$ tolereren, omdat het resultaat gelijk is aan 0 uur blootstelling. Anders gezegd: minstens 15 tot 21 uur per dag goed verdampen geeft, afhankelijk van de cultivar, hetzelfde resultaat geeft als continue goed verdampen in de kiepgevoelige fase.

In de 2^{de} trek zijn Leen vd Mark, Purple Flag, Leo Visser en Strong Gold tijdens de kiepgevoelige fase 0, 5, 10, 14, 19 en 24 uur per dag blootgesteld aan een $RV=100\%$. De resultaten zijn samengevat in Figuur 17 en laten zien dat Leen vd Mark en Strong Gold een blootstelling aan een $RV=100\%$ tot 10 uur per dag tolereren. Leo Visser en vooral Purple Flag zijn iets minder tolerant. Minstens 14 uur per dag goed verdampen (bij een gemiddelde $RV=75\%$, en een vochtdeficit = 3,8 ml/m³) lijken voldoende om kiepers te voorkomen.



Figuur 17 Kiepers bij uren/dag blootstelling aan $RV = 100\%$.

De 3^{de} trek liet vergelijkbare resultaten als de 2^{de} trek zien, Figuur 18.



Figuur 18 Kiepers bij uren/dag bloedstelling aan RV =100%.

Deze drie trekken laten zien dat het tijdens de kiepgevoelige fase niet nodig is dat er 24 uur per dag goed verdampt wordt: de geteste cultivars tolereren 3 tot 10 uur slecht of nauwelijks verdampen bij een RV≈100%.

3.3 Potentiele Energiebesparing

Voor de eerste serie is berekend hoeveel minder er verdampt hoeft te worden wanneer alleen tijdens de kiepgevoelige fase het betreffende kasdeel ontvochtigd wordt (dat is vochtige warme kaslucht vervangen door droge opgewarmde koude buitenlucht), Tabel 1. In de overige kasdelen wordt niet ontvochtigd en mag de RV oplopen tot tegen de 100%.

Tabel 1

Geschatte energiebesparing door minimale verdamping.

		Kiepgevoelige fase (dgn na inhalen)		trekduur dgn	Verdamping per dag		Verdamping per trek		E-besparing
		vanaf	tot		minimaal l/m ²	maximaal l/m ²	optimaal* l/m ²	maximaal l/m ²	
trek1	LvdMark	13	17	26	0,39	0,78	11,4	20,4	44%
	Purple Flag	7	17	26	0,38	0,86	14,2	22,3	36%
trek2	LvdMark	11	15	24	0,53	1,06	14,3	25,4	44%
	Leo Visser	7	11	22	0,41	1,04	10,9	22,9	53%
trek3	Strong Gold - Ca	4	14	18	1,46	2,18	32,7	39,2	16%
	Strong Gold + Ca	7	11	18	1,46	1,98	27,8	35,6	22%
gemiddeld**		9	14,2	23	0,63	1,14	15,7	25,3	40%

* optimale verdamping = maximale verdamping tijdens de kiepgevoelige fase, minimale verdamping daarbuiten.

** exclusief Strong Gold zonder Ca

Afhankelijk van de periode in het broeiseizoen en van de cultivar hoeft er gemiddeld tot 40% minder verdampt te worden en kan er hiermee dus 40% op energie voor verdamping bespaard worden.

Als ook meegerekend wordt dat tijdens de kiepgevoelige fase 3 tot 10 uren minimaal verdampen getolereerd wordt ligt de energiebesparing hoger, nl. 42 tot 47%, Tabel 2.

Tabel 2

Geschatte extra energiebesparing door minimale verdamping tijdens kiepgevoelige face.

		Verdamping per trek		E-besparing	Verdamping	
		maximaal l/m2	optimaal1* l/m2		optimaal2* l/m2	E-besparing
trek1	LvdMark	20,4	11,1	46%	10,4	49%
	Purple Flag	22,3	13,3	41%	11,0	51%
trek2	LvdMark	25,4	13,9	45%	13,0	49%
	Leo Visser	22,9	10,5	54%	9,6	58%
trek3	Strong Gold - Ca	39,2	30,3	23%	24,5	37%
	Strong Gold + Ca	35,6	27,1	24%	25,3	29%
gemiddeld*		25,3	15,2	42%	13,9	47%

*optimaal 1 = tolerantie voor 3 uur RV=100%, optimaal 2 = tolerantie voor 10 uur RV=100%

** exclusief Strong Gold zonder Ca

4 Conclusies en aanbevelingen

De proeven van de eerste serie bevestigen de resultaten van de proeven in het broeiseizoen van 2016: de kiepgevoelige fase is meestal maar kort, dit seizoen ongeveer 4 dagen. Uitzondering was (wederom) de cultivar Purple Flag, met een kiepgevoelige fase van 10 dagen. Alle proeven worden standaard bemest met Ca-meststoffen, maar wanneer Strong Gold bemest wordt *zonder* Ca dan is de kiepgevoelige fase ook 10 dagen. Bemest *met* Ca slechts 4. Het is echter nog een vraag of met *extra* Ca bemesting de kiepgevoelige fase van Purple Flag teruggebracht kan worden.

Met uitzondering dus van Purple Flag, en Strong Gold als deze cultivar *niet* met Ca bemest wordt, ligt de kiepgevoelige fase tussen de eerste 30% en de laatste 35% van de trekduur.

De proeven van de 2^{de} serie laten zien dat er tijdens de kiepgevoelige fase tolerantie bestaat voor een RV=100% van 3 tot maximaal 10 uur per dag, afhankelijk van cultivar.

Beide mogelijkheden combinerend zou door minimale verdamping tot zo'n 47% energie op ontvochtiging bespaard kunnen worden.

Dit brengt een Meerlagenteelt 2.0 waarin per steel 50% energie bespaard wordt t.o.v. de gangbare meerlagenteelt dichterbij. Het biedt echter ook voor de éénlaagsteelt en voor de gangbare meerlagenteelt de mogelijkheid om middels compartimentering ontvochtigingssystemen efficiënter toe te passen en zo op investeringen en energie te besparen.

De proeven zijn uitgevoerd in kleine compartimenten van ongeveer 7 m³. Het kasklimaat was daardoor minder stabiel, vooral later in het broeiseizoen, zie Bijlage 1. Temperaturen in de compartimenten en daarmee het vochtdeficit konden daardoor dagelijks flink fluctueren.

In de afgesloten compartimenten met een gemiddelde RV \approx 100% is per trek door de tulpen toch zo'n 71.000 tot 184.000 ml water verdampt (in de andere compartimenten 2 x zoveel). Bij een RV=100% bevat 7 m³ lucht bij een temperatuur van 17 tot 20°C slechts 102 tot 122 ml water. Uit deze compartimenten wordt dus toch nog zeer veel water afgevoerd: 1) via condensatie op het dek en vervolgens afdruppelen, 2) op momenten dat het compartiment geopend wordt om bakken te verwisselen en 3) door diffusie van waterdamp van het compartiment door kleine spleten/openingen naar buiten.

Hoe deze afvoer van water(damp) in een praktijksituatie uitpakt en wat het effect daarvan op kiepers is, is moeilijk te voorspellen.

Aanbevelingen zijn daarom om in fase 3 van dit project de proeven op te schalen naar deelenkassen (gecompartimenteerde kassen) en de strategieën voor minimale verdamping te combineren:

- Buiten de kiepgevoelige fase de RV laten oplopen tot 100%
- Tijdens de kiepgevoelige fase alleen bijvoorbeeld 18 of 21 uur goed ontvochtigen
- De fase waarin goed ontvochtigd wordt variëren van bijvoorbeeld 30% - 50%, 30% - 60% en 30% - 70% van de groeiduur.

In een dergelijke proefopzet zouden meer cultivars meegenomen kunnen worden.

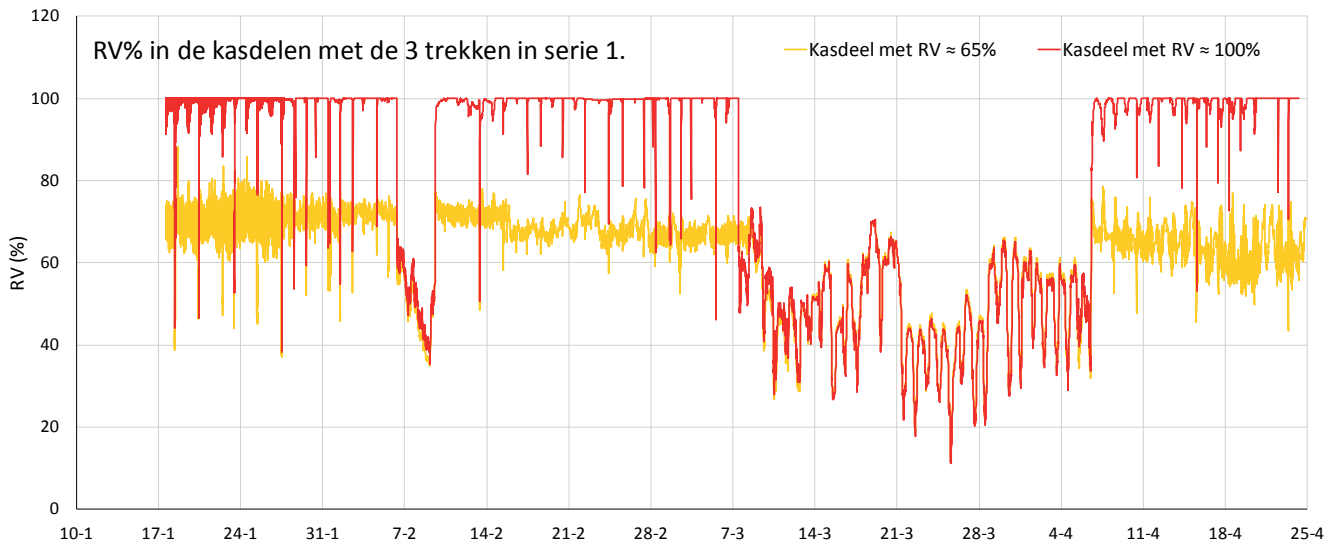
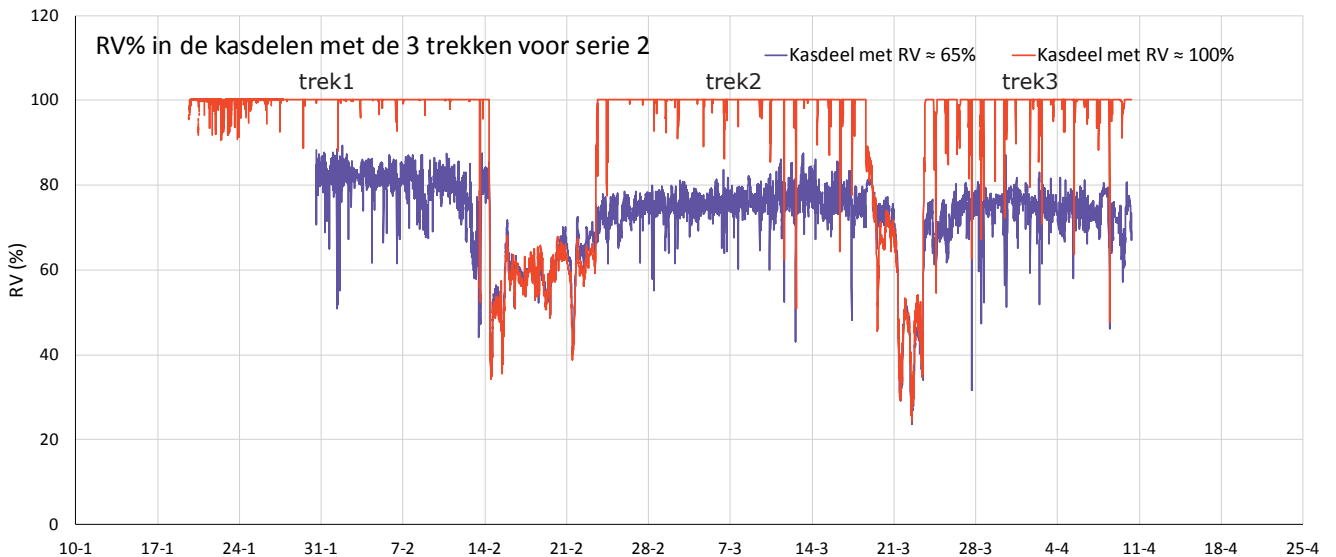
Bijlage 1 Kasklimaat tijdens de verdampingsproeven

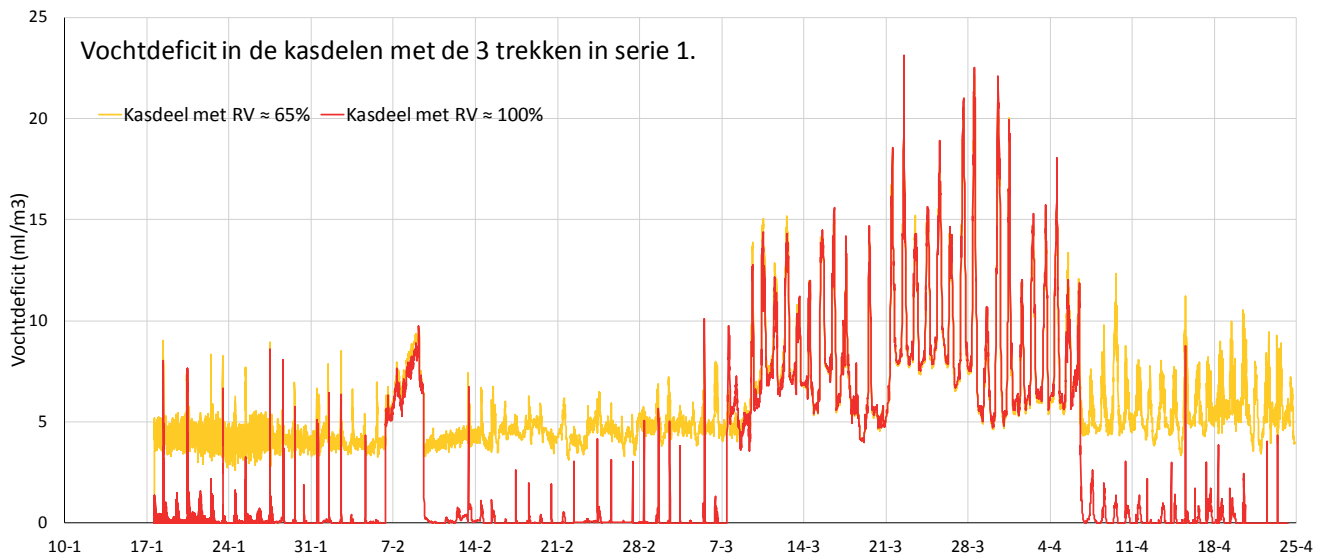
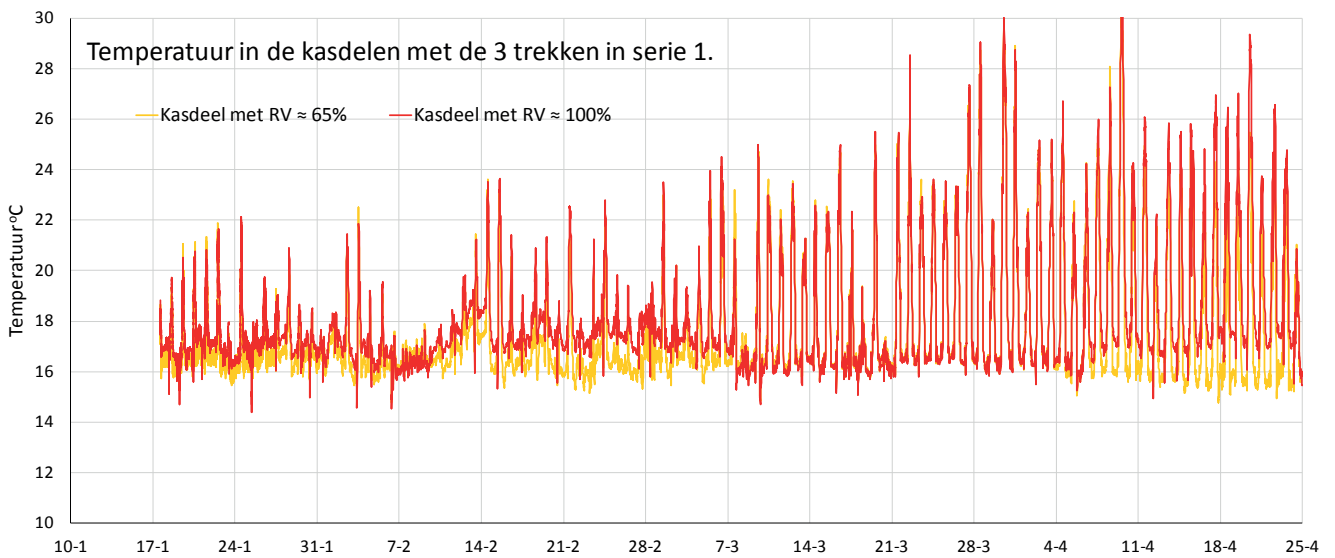
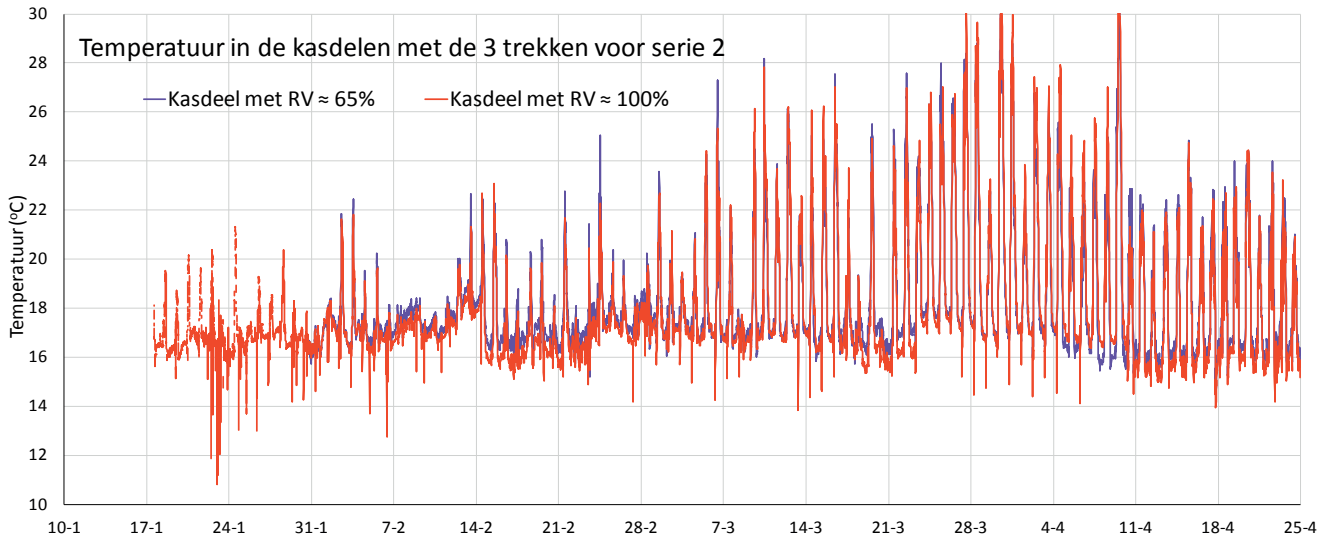
Tabel 1

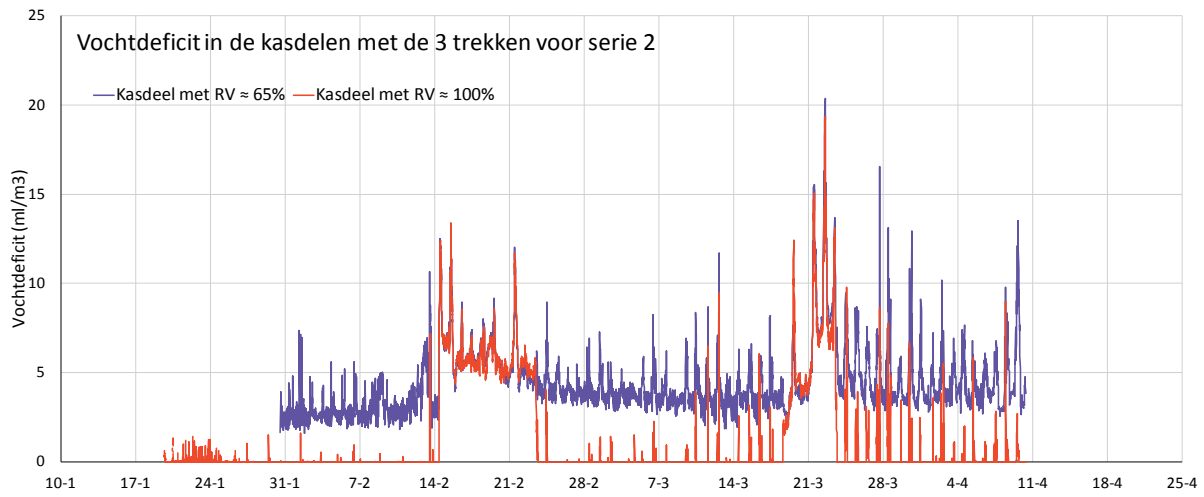
Gerealiseerd klimaat in de kasdelen (gemiddelden per trek).

	kasdeel met hoge verdamping			kasdeel met lage verdamping		
	RV %	Temperatuur °C	Vochtdeficit ml/m3	RV %	Temperatuur °C	Vochtdeficit ml/m3
Serie 1 trek 1	70	16,9	4,3	99	17,3	0,2
Serie 1 trek 2	69	17,0	4,6	99	17,9	0,1
Serie 1 trek 3	64	18,2	5,6	99	19,7	0,3
Serie 2 trek 1	80	17,5	3,0	100	17,0	0,0
Serie 2 trek 2	75	18,1	3,8	100	18,1	0,1
Serie 2 trek 3	74	19,6	4,6	99	20,0	0,2

De RV en de temperatuur in de kasdelen zijn elke 2 minuten gelogd. De gemiddelden per kasdeel per trek zijn samengevat in Tabel 1. De momenten van het wisselen van kasdeel zijn duidelijk in de RV-grafieken te zien.







To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen University & Research,
BU Glastuinbouw - Bollen
Postbus 20
2665 ZG Bleiswijk
Violierenweg 1
2665 MV Bleiswijk
T +31 (0)317 48 56 06
F +31 (0) 10 522 51 93
www.wur.nl/glastuinbouw

Rapport WPR-753

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 5.000 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.