

Knopuitloop bij Roos: Effecten van stuurlicht en temperatuur



Juni 2012

G. Trouwborst, C.S. Pot en D.P. de Vries

Knopuitloop bij Roos: Effecten van stuurlicht en temperatuur

Juni 2012

G. Trouwborst¹, C.S. Pot¹ en D.P. de Vries²

¹ Plant Dynamics B.V.
Costerweg 5
6702 AA Wageningen
www.plant-dynamics.nl
Govert@Plant-Dynamics.nl
06-10990094

² Sub Rosa
Wilterdinkstraat 28
6712 EC Ede

REFERAAT

G. Trouwborst, C.S. Pot en D.P. de Vries, 2012. Knopuitloop bij Roos: Effecten van stuurlicht en temperatuur. Plant Dynamics B.V., Wageningen. 33p.

De bloemen- en plantensector investeert in dit project via het Productschap Tuinbouw (PT).

PT projectnummer: 14420

© 2012 Wageningen, Plant Dynamics BV

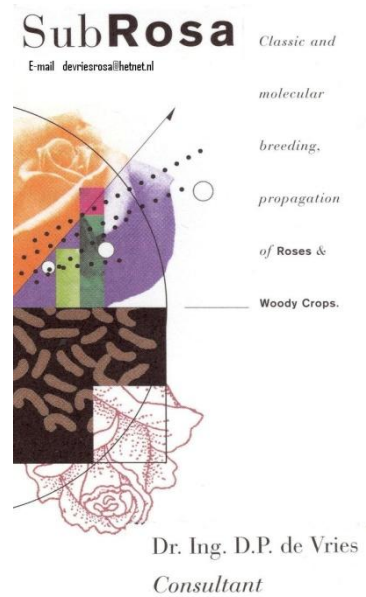
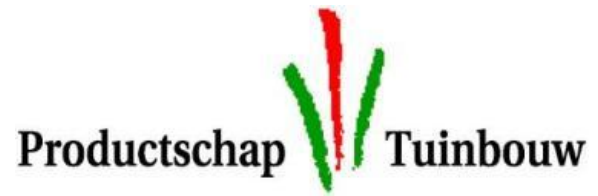
Dit rapport is to stand gekomen in samenwerking met het Productschap Tuinbouw. De resultaten mogen vrij gebruikt worden, mits de bronnen worden vermeld.

Plant Dynamics BV is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen als gevolg van gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Inhoudsopgave

SAMENWERKENDE PARTIJEN	5
SAMENVATTING	6
DANKWOORD	7
1 INLEIDING EN DOELSTELLING	8
2 PROEFOPZET EN WAARNEMINGEN.....	11
2.1 Algemene proefgegevens	11
2.2 Plantmateriaal en teeltsysteem	11
2.3 Proeffactoren.....	12
2.4 Waarnemingen.....	15
2.5 Klimaat	17
3 EFFECTEN VAN LICHT EN TEMPERATUUR OP DE KNOPUITLOOP	18
3.1 Knopuitloop	18
3.1.1 Effecten van lichtkleur op de uitloop	18
3.1.2 Effect van ras op de uitloop	19
3.1.3 Gecombineerd effect van ras en lichtkleur op de uitloop	20
3.1.4 Effect van temperatuur op de uitloopsnelheid	20
3.2 Hormoonbepaling okselknoppen	22
3.3 Discussie en conclusies m.b.t. de knopuitloop	23
4 UITGROEIDUUR TAK.....	24
4.1 Effect van lichtkleur op de uitgroeiduur	24
4.2 Effect van ras en temperatuur op uitgroeiduur	24
4.3 Conclusies uitgroeiduur	25
5 PRODUCTIE, FRACTIE LOOS EN TAKLENGTE	26
5.1 Productie: gewicht en aantal	26
5.2 Fractie loos.....	27
5.3 Taklengte	28
5.4 Conclusies productie, fractie loos en taklengte	30
REFERENTIES	31
BIJLAGE 1 HORMOONANALYSE.....	32

Samenwerkende partijen



Samenvatting

Een gelijkmatige plantopbouw is het sleutelkenmerk om de lichtbenutting en energie-efficiëntie van een rozengejas te verbeteren. Een gelijkmatige plantopbouw houdt in dat er een evenwichtige verdeling van takstadia van jong scheutje tot oogstbare tak is. De (oksel)knopuitloop speelt bij de realisatie van een gelijkmatige plantopbouw een cruciale rol. Het hangt van het ras af of het wenselijk is om het proces van knopuitloop te stimuleren dan wel te remmen om uiteindelijk de gewenste gewasopbouw en takkwaliteit te realiseren. Het is bekend dat de knopuitloop gestuurd kan worden met temperatuur, maar daar reageert het hele gewas op. Sturen met lichtkleur, dat eventueel diep in het gewas kan worden ingezet, is een betere regelkandidaat.

De doelstelling van het onderzoek was om inzicht te krijgen in het stuurmechanisme van lichtkleur op de knopuitloop. Het onderzoek is uitgevoerd aan een homogeen gewas, zonder concurrentie van opgaande scheuten op de knopuitloop. Hiertoe werd het gewas na elke snede 'leeggeknipt' (fase 1).

Bij vijf rassen (Akito, Avalanche, Passion, Red Naomi, White Naomi) is de knopuitloop onderzocht door met drie kleuren tussenlicht de basis van de planten te belichten t.w.: blauw, rood en verrood. Het aantal uitgelopen knoppen, de uitloopsnelheid van de knoppen, en de daarop volgende uitgroeiduur tot het oogststadium werd gevolgd bij drie opeenvolgende snedes van een net geplant gewas. Tevens werd de productie bepaald.

Opvallend was dat verrood gedurende de dag een sterke verkorting geeft van de uitgroeiduur, tevens waren hierdoor de takken ook korter. Verschillen in productie kwam door een verschil in PARsom: de verrood-behandeling en de controle hadden een lagere productie. Het percentage loos was erg hoog in de derde snede, hetgeen waarschijnlijk komt door het lage lichtniveau. White Naomi en Passion gingen veel makkelijker loos gaan dan Akito, Avalanche en Red Naomi.

Bij de eerste twee sneden was het effect van lichtkleur op het aantal uitgelopen knoppen gering. In de derde snede nam het aantal uitlopende knoppen fors toe en waren de verschillen tussen de behandelingen groter:

- Rood licht stimuleerde knopuitloop ten opzichte van de controle, blauw en verrood licht.
- Verrood overdag remde nauwelijks ten opzichte van de controle,
- Verrood 's nachts remde knopuitloop licht ten opzichte van de controle.
- Raseffecten waren groter dan behandelingseffecten.
- Temperatuur vertraagde de knopuitloop onafhankelijk van lichtkleur.

In het licht van de doelstelling kunnen we stellen dat er duidelijke aanwijzingen zijn gevonden dat rood licht stimulerend werkt op de knopuitloop. Rood licht geeft een grotere stimulans dan blauw. De juiste lichtkleur is dus belangrijker dan de intensiteit. Verrood ('s nachts) remde de knopuitloop, terwijl verrood (overdag) geen verschil liet zien ten opzichte van de controle. Mogelijk heeft dit te maken met dat verrood licht de dominantie van al opgaande scheuten verhoogt en daardoor indirect remmend werkt op nieuwe knopuitloop. Bij afwezigheid van (de dominantie van) deze scheuten heeft verrood dan mogelijk geen effect. Daarnaast kan een hoge (top)lichtintensiteit op de knippunten de spectrale effecten van verrood overrulen.

Voor de praktijk kunnen we concluderen dat bij een op snee staand gewas (gedurende de fase van knopuitloop: afwezigheid van dominantie van opgaande scheuten, hoge lichtintensiteit op de knippunten en afwezigheid van schaduw spectrum) het effect van stuurlicht op de knopuitloop te beperkt is om hiervoor investeringen te doen. Bij een gewas dat uit snee staat (wel dominantie van opgaande scheuten, lage lichtintensiteit op de knippunten en schaduw spectrum), wordt verwacht dat stuurlicht een aanzienlijk groter effect heeft dan in de beschreven proef is getoond. De aanbeveling was dan ook om in fase 2 de resultaten te toetsen bij een gewas dat niet op snee wordt gehouden (dus concurrentie van opgaande takken toestaan en daardoor meer schaduw in het gewas).

Dankwoord

Onze dank gaat uit naar de mensen van Unifarm voor de verzorging van de proef, met name Cees Vos voor de gewasverzorging, Ad Hermsen en Geurt Versteeg voor de klimaatregeling en watergift&bemesting, en Erik Schuiling voor de technische ondersteuning.

We willen de volgende personen bedanken voor hun bijdrage aan dit onderzoek via deelname aan de BCO: Thijs van den Berg (Van den Berg roses), Joop van den Nouweland (Marjoland), Sjaak van der Hulst (Van der Hulst Rozenkwekerijen), Helma Verberkt (PT), John van der Knaap (LTO groeiservice), Ad van Rooijen (De Ruiter Innovations B.V.), Edwin van der Knaap (DLV), Esther van Echtelt (Philips) en Maaïke Wubs (Wageningen University). Tenslotte willen we het PT bedanken voor de financiering van het onderzoek.

Juni 2012,
Govert Trouwborst, Sander Pot en Dik de Vries

1 Inleiding en doelstelling

Rozentelers zijn voortdurend op zoek naar maatregelen om de lichtbenutting en energie-efficiëntie van hun gewas te verbeteren. Onderzoek in het project “Paspoort Roos” (Schapendonk *et al.* 2010) heeft aangetoond dat een gelijkmatige plantopbouw, waar te nemen als een evenwichtige verdeling van takgrootte, hiervoor een sleutelkenmerk is. Een gelijkmatige plantopbouw zorgt voor een hoge lichtonderschepping, een efficiënte gewasfotosynthese en, in de tijd bezien, een gelijkmatigere vraag naar assimilaten (gelijkmatigere source/sink verhouding).

Bij de realisatie van een gelijkmatige plantopbouw speelt de (oksel)knopuitloop een cruciale rol. Uit “Paspoort Roos” bleek dat zowel de kans op knopuitloop als de duur van de knopuitloop rasafhankelijk zijn en dat beide factoren sterk worden beïnvloed door de klimaatfactoren licht(spectrum) en temperatuur. Het hangt van het ras af of het wenselijk is om het aantal en/of de snelheid van knopuitloop te bevorderen, dan wel te verminderen om uiteindelijk de gewenste gewasopbouw te realiseren. Gedurende de teelt dienen er mogelijkheden te zijn om sturend op te treden. Temperatuursturing is daarbij een optie maar die heeft op veel meer processen invloed en is daardoor relatief moeilijk gericht in te zetten. Een lage temperatuur remt de knopuitloop en geeft dikkere takken, maar vertraagt ook de uitgroeiduur van het gewas. Een hogere temperatuur stimuleert knopuitloop, maar gaat vaak ten koste van kwaliteit (dunne en/of loze takken). Sturen met lichtkleur is in die zin een veel betere regelkandidaat.

Bevorderen van de knopuitloop (zowel aantal als duur van de knopuitloop)

Uit eerdere analyses bleek dat moeilijk uitlopende rassen zoals Red Naomi en Passion met een verbeterde plantopbouw veel meer kunnen produceren. Berekeningen met Explorer Roos laten zien dat het ras Passion 30% meer productie zou leveren wanneer de kans op knopuitloop even hoog zou zijn als bij het ras Avalanche (Trouwborst *et al.* 2010a). Dit laat zien dat de productie van Passion gelimiteerd wordt door de knopuitloop. Red Naomi en Passion staan sterk op snee als gevolg van een sterke apicale dominantie. Zo ontstaan er grote lege vlakken in het gewas na een oogst. Gedurende die weken is de lichtonderschepping laag. Dat betekent weinig assimilatie en bovendien energieverliezen omdat de assimilatiebelichting slecht wordt benut. Het is dus van belang naar die teeltmaatregelen te zoeken die de knopuitloop van deze rassen bevorderen zodat te sturen is op een constante uitloop. In onderzoek dat bij Marjoland en van den Berg roses plaats vond, zijn duidelijke aanwijzingen gevonden dat het lightspectrum (met name de rood/verrood verhouding) dieper in het gewas de knopuitloop kan bevorderen (“Haalbaarheid van LED-tussenbelichting bij roos”, Trouwborst *et al.* 2010a, “Spectraal effect van LED-tussenbelichting op scheutuitloop van roos in de zomer”, Trouwborst *et al.* 2010b, “LED-tussenbelichting bij Roos: Praktijkonderzoek bij Van den Berg Roses”, Pot *et al.* 2011). De combinatie van het tussenlicht als ‘stuurlicht’ en als assimilatielicht, moet er voor zorgen dat de scheuten met voldoende snelheid uitgroeien en niet te dunne takken afleveren. Doordat een praktijkproef te veel onderhevig is aan externe invloeden kon dit helaas niet altijd ondubbelzinnig worden aangetoond. Tevens is niet bekend of en hoe het lightspectrum interactie vertoont met de temperatuur.

Remmen van de knopuitloop (minder loze takken door minder scheuten)

Er zijn ook rozenrassen zoals Avalanche, waarvan op bepaalde momenten zoveel knoppen uitlopen dat het doel voorbij wordt geschoten. Door het grote aantal nieuwe scheuten neemt de concurrentie om assimilaten toe en worden de takken te dun (verlaging kwaliteit) met extra kans op loos. Hierbij stuit de teler op het probleem dat extra belichting om aan de toegenomen vraag naar assimilaten te voldoen tevens een verhoging van de warmtedruk in de kas veroorzaakt. Dit probleem zal met de aangescherpte schermverplichting om lichtuitstoot te verminderen alleen nog maar toenemen. Een hoge temperatuur bevordert de knopuitloop en hierdoor neemt de kans op een verlaagde takkwaliteit en percentage loos toe, ondanks de hogere lichtintensiteit.

Naast deze negatieve impact op de productie kost het veel arbeid om de dunne takken in te

buigen of te knippen. Bij dit soort rassen is het dus van belang dat een teler het aantal uitlopende knoppen kan remmen. Het gebruik van een specifiek lichtspectrum in het gewas kan hier een sleutelrol vervullen. Een gecontroleerde knopuitloop betekent minder loos, minder arbeid en een opener gewas zodat de ziektedruk verlaagd wordt (meeldauw/botrytis). Bovendien kan door de relatief hogere beschikbaarheid van assimilaten per nieuwe scheut er meer snelheid worden gegenereerd voor uitgroei (bij hogere temperatuur), met behoud van takkwaliteit.

Tot voor kort konden telers alleen sturen op knopuitloop met temperatuur en teelthandelingen. Door de recente opkomst van de LED-lampen en inzet van deze lampen als tussenbelichting is het lichtspectrum er als extra mogelijkheid voor sturing bijgekomen. Tussenbelichting kan dus als stuurlicht worden ingezet. Bij stuurlicht kan gewerkt worden met lage lichtniveaus en kan daarmee ook eenvoudig ingezet worden op specifieke momenten van de dag. Dit genereert een nieuwe invalshoek voor “Het Nieuwe Belichten”.

Op basis van eerder onderzoek en literatuur, zullen rood, blauw en verrood licht worden getoetst op hun effectiviteit voor stimulering, dan wel remming van knopuitloop. Vanuit de literatuur is bekend dat het fytochroom (een sturingsmechanisme in de plant) een sturende invloed heeft op de knopuitloop. Het fytochroom reageert op het lichtspectrum, waarvan een verandering in de rood/verrood verhouding van het licht het meest bekend is. Met betrekking tot het fytochroom is de fytochroomstatus (PSS) echter een betere maat voor lichtkwaliteit dan alleen de rood/verrood verhouding van het licht (Van Ieperen en Heuvelink, 2012). Op Marjoland is hier onderzoek naar gedaan. Voor details, zie rapport “Spectraal effect van LED-tussenbelichting op scheutuitloop van roos in de zomer” (Trouwborst *et al.* 2010b). Bij de behandelingen in de hier beschreven proef is voornamelijk gestuurd op een lage of een hoge fytochroomstatus. Tevens is bekend dat temperatuur de knopuitloop kan versnellen of vertragen. Omdat een relatie tussen lichtspectrum en temperatuur m.b.t. knopuitloop niet bekend zijn, worden de lichtkleurbehandelingen bij 2 temperaturen uitgevoerd.

Omdat knopuitloop weliswaar door lichtkleur en temperatuur wordt gestuurd maar fysiologisch gezien door hormoongehalten wordt bepaald, zullen ter ondersteuning van de gevonden effecten hormoonanalyses uitgevoerd worden.

Doelstelling van de proef

De doelstelling van de proef was om inzicht krijgen in het stuurmechanisme van lichtkleur op knopuitloop, waardoor de plantopbouw van *bestaande rassen* beter gestuurd kan worden door middel van het lichtspectrum in relatie tot temperatuur.

De volgende vragen stonden centraal:

- a. Wordt de knopuitloop gestimuleerd of geremd door *lichtkleur* en/of door *lichtintensiteit* op de okselknop?
- b. Is er een relatie tussen lichtkleur en temperatuur.

De opzet was om bovenstaande vragen te onderzoeken in (fase 1) een gewas dat op snee staat (zoals bij een gewas dat net geplant is) en in (fase 2) een gewas dat helemaal uit snee is. Bij een op snee staand gewas lopen de okselknoppen uit na de oogst van de voorgaande snee:

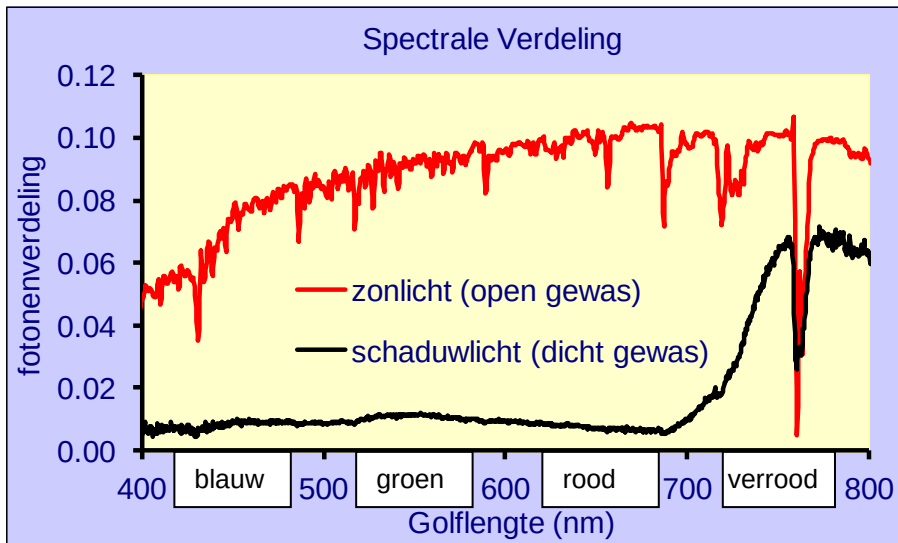
- 1) De knoppen lopen dus uit in het volle licht;
- 2) Tevens is er geen concurrentie/dominantie van opgaande scheuten aanwezig.

Bij een dicht gewas is de situatie anders:

- 1) Er is wel concurrentie/dominantie van opgaande scheuten
- 2) De lichtintensiteit bij de knippunten is laag (en niet homogeen) door beschaduwing van opgaande scheuten.
- 3) Er is een ander lichtspectrum bij de knippunten (schaduwspectrum: meer verrood licht door filtering van de bovenste bladeren; Figuur 1)

Deze variatie in licht maakt het zeer complex om het effect van lichtkleur goed boven tafel te krijgen. Om deze reden is gekozen om fase 1 van de proef uit te voeren aan een gewas welke gecontroleerd

op snede werd gehouden. Dit rapport presenteert alleen de resultaten van fase 1 (op snee staand gewas) omdat de financiering van fase 2 niet is doorgegaan.



Figuur 1. Zonspectrum (rood) in open gewas en schaduw spectrum (zwart) op kniphoogte in dicht gewas. Licht tussen de 700-800nm is verrood licht. De meting vond plaats op zonnige dag rond 14:00 met het zomerschermdicht (Bron: Pot en Trouwborst, 2011).

Het rapport is als volgt opgebouwd: In H2 wordt de proefopzet beschreven. In H3 worden de resultaten van de proef weergegeven met betrekking tot de hoofdvraag (Knopuitloop). In H4 en H5 worden nevenresultaten weergegeven zoals de uitgroeiduurtijd van de tak en de productie.

2 Proefopzet en waarnemingen

2.1 Algemene proefgegevens

proefduur: ~20 weken (drie snedes: 1* grondscheut, 2* laterale scheut)

Periode: Oktober 2011 / Maart 2012

Locatie: Unifarm, Wageningen, compartiment 10.4.

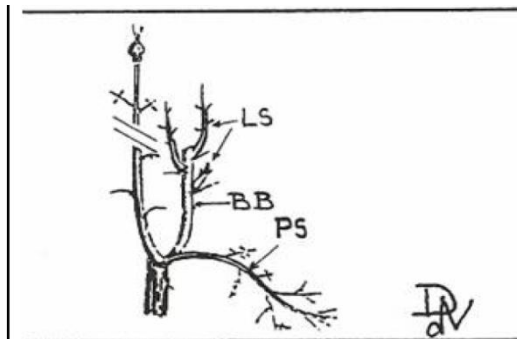
Aantal rassen: 5 (Akito, Avalanche, Passion, Red Naomi en White Naomi)

Planten per m²: 8.33 pl/m²

Dag/nacht: 20/4 hr

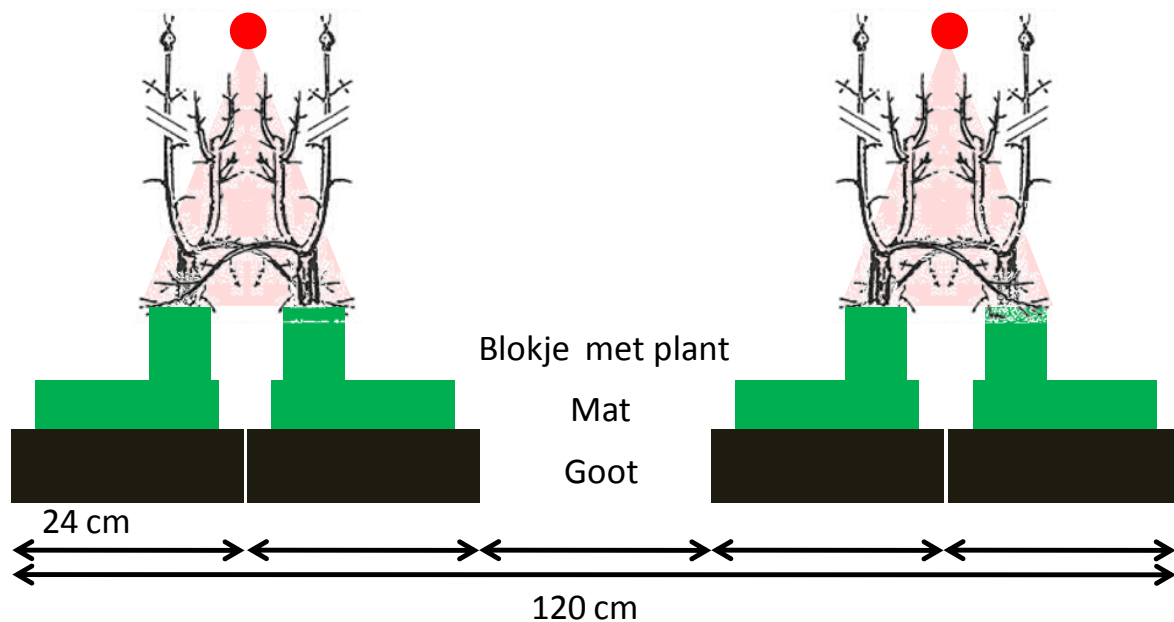
2.2 Plantmateriaal en teeltsysteem

Als planttype werd de ministruik gehanteerd (Figuur 2). Een uniforme partij bewortelde stekken met een primaire scheut werd geleverd door Scheurs (De Kwakel). De primaire scheut werd ingebogen nadat de plant 'vast stond' op de mat ($\pm$ één week na planten). Er werden maximaal twee grondscheuten per plant toegelaten (1^e snede). De grondscheuten werden geoogst nadat van >50% van de takken het veilstadium was bereikt. Het veilstadium komt overeen met stadium 2B zoals beschreven door Kuiper *et al.* (1996). De grondscheuten werden teruggeknipt op twee bladeren (exclusief lipje). Vervolgens liepen de okselknoppen die de 2^e snede vormden uit. Ook deze takken werden bij oogst teruggeknipt op twee bladeren. De 3^e snede werd op dezelfde manier geoogst als de eerste en tweede snede. De uitlopende okselknoppen in de 4^e snede zijn gebruikt voor hormoonanalyses, hierna werd de proef beëindigd. Zie voor waarnemingen H2.4.



Figuur 2. Plantmateriaal: Ministruik. De primaire scheut (PS) wordt ingebogen, twee grondscheuten (BB) worden toegelaten, na oogst van de grondscheuten komen er laterale scheuten (LS). (Figuur © D.P. de Vries, Sub Rosa).

Er werd een teeltsysteem met vier parallelle goten toegepast over de breedte van 1.2m (Figuur 3). Het pad was 0.8m breed. De primaire scheuten van planten in de twee buitenste rijen werden naar binnen gebogen, de primaire scheuten van planten in de binnenste rijen werden richting het pad gebogen. Er werden twee typen topbelichting toegepast. De beide vakken werden spectraal gescheiden door een wit plastic scherm (Foto 1). De tussenbelichting hing ongeveer 40cm boven de knippunten (Figuur 3). Om invloeden van andere compartimenten uit te sluiten waren de gevelschermen van de west, noord en oostgevel permanent gesloten (Foto 1).



Figuur 3. Dwarsdoorsnede van het teeltsysteem met 4 teeltgoten bruto 2m breed en netto 1.2m. De primaire scheuten van de twee buitenste rijen werden naar binnen gebogen, de primaire scheuten van de binnenste rijen werden richting het pad gebogen. De rode stip geeft de tussenbelichting aan.

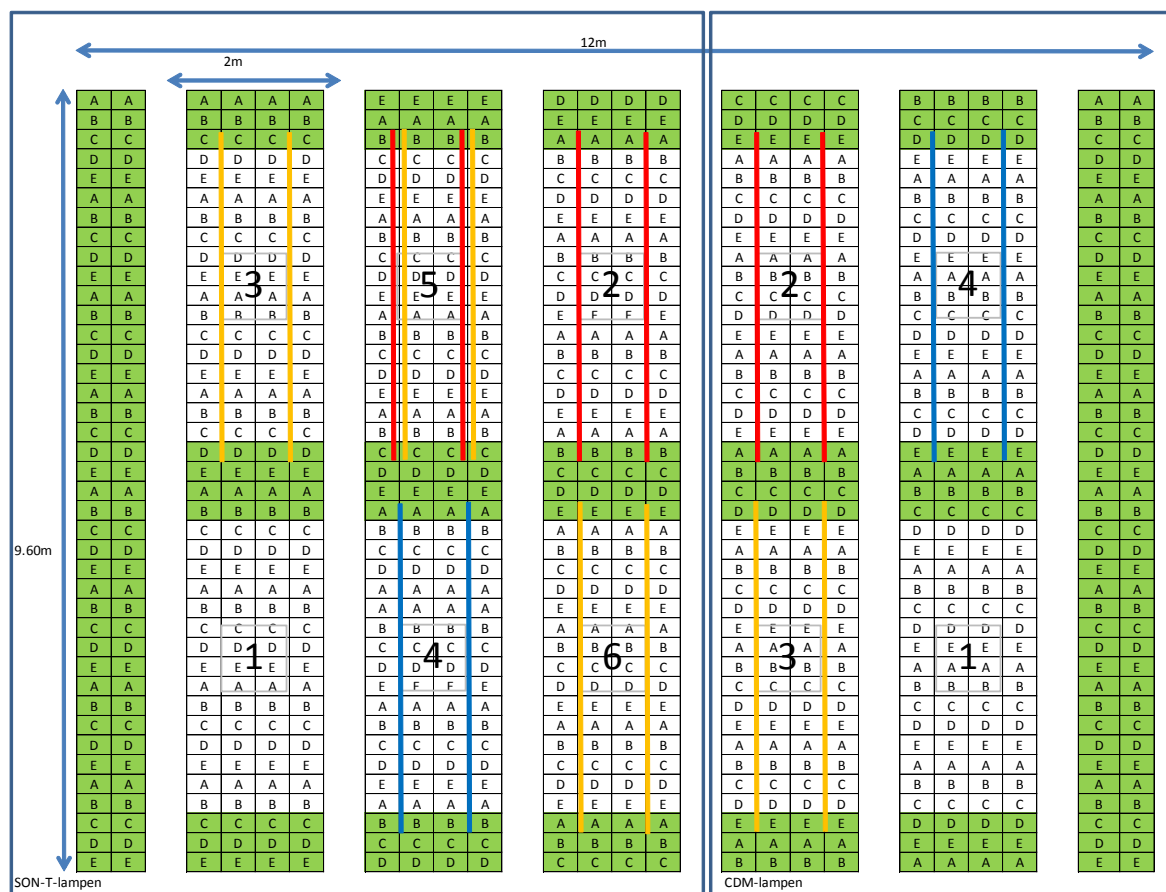
2.3 Proeffactoren

Er werden drie proeffactoren onderzocht: topbelichting (2 typen), tussenbelichting (6 behandelingen inclusief controle) en temperatuur (twee niveaus). Topbelichting bestond uit of SON-t of CDM (Ceramic discharge Metal Halide lamp: breed spectrum wit licht, benadering van daglicht, zie Figuur 5A voor het lightspectrum en Foto 1 voor de lichtkleur). De tussenbelichtingsbehandelingen bestonden uit de kleuren blauw, rood, verrood of een combinatie van rood en verrood (Tabel 1 en Figuur 5B voor lightspectra). Omdat het CDM-vak kleiner was, pasten daar maar vier tussenbelichtingsbehandelingen (Tabel 1). De temperatuur werd gedurende de eerste twee sneden hoger gehouden dan gebruikelijk voor de lichtsom, bij start van de derde snede (oogst 2^e snede) werd de temperatuur verlaagd (Figuur 7).

De lichtintensiteit van de topbelichting was $\sim 65 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$, de intensiteit van de tussenbelichting was op oppervlaktebasis $20 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$, maar door de positie in het gewas was de intensiteit rondom de knippunten $\sim 65 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. In Figuur 4 staat het plattegrond van het kascompartiment weergegeven en in Figuur 5 de lightspectra van de lampen.

Tabel 1. Behandelingen (met LED-licht als tussenbelichting) 6 plots SON-t en 4 plots CDM

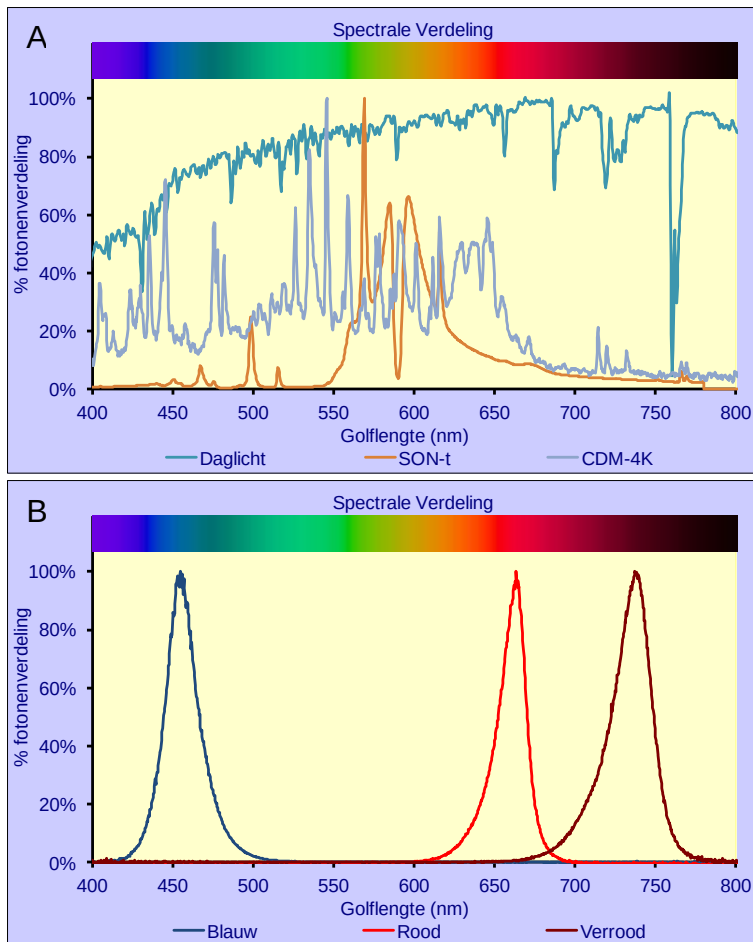
Nr	SON-t toplicht	CDM toplicht	Verwachting / reden
1	controle	controle	CDM heeft een lagere R/FR verhouding dan SON-t
2	rood	rood	Sturing op fytochroom: Stimulatie uitloop?
3	verrood	verrood	Sturing op fytochroom: Remming uitloop?
4	blauw	blauw	Stimulatie door lichtkleur of lichtintensiteit?
5	rood/verrood		Sturing op fytochroom: Netto geen stimulatie of remming?
6	verrood (alleen begin nacht)		Effectiviteit van het moment van belichten?



Figuur 4. plattegrond proefopzet, A-E geven de rassen weer. De groene vlakken zijn randplanten. De witte vlakken zijn proefplots, de nummers verwijzen naar tabel 1. Het linkervlak heeft SON-t als topbelichting, het rechtervlak heeft CDM als topbelichting.



Foto 1. Topbelichting door SON-t (links) en CDM (rechts). Het CDM-licht is veel witter van kleur. In het gewas is het blauwe en rode schijnsel van de tussenbelichting te zien.



Figuur 5. Topbelichtingsspectra van daglicht, Son-t en CDM (A) en tussenbelichtingsspectra van blauw, rood en verrood (B).



Foto 2. Bovenaanzicht SON-t en CDM-afdeling

Onder iedere combinatie van top- en tussenlicht zijn spectrale metingen gedaan ter hoogte van de knippunten en is de fytochroomstatus berekend (Tabel 2). Hierbij valt op dat vooral de fytochroomstatus van de behandelingen met rood licht het hoogst is, terwijl blauw licht een iets lagere status geeft dan de controle. De behandelingen met verrood licht hebben een duidelijk lagere fytochroomstatus.

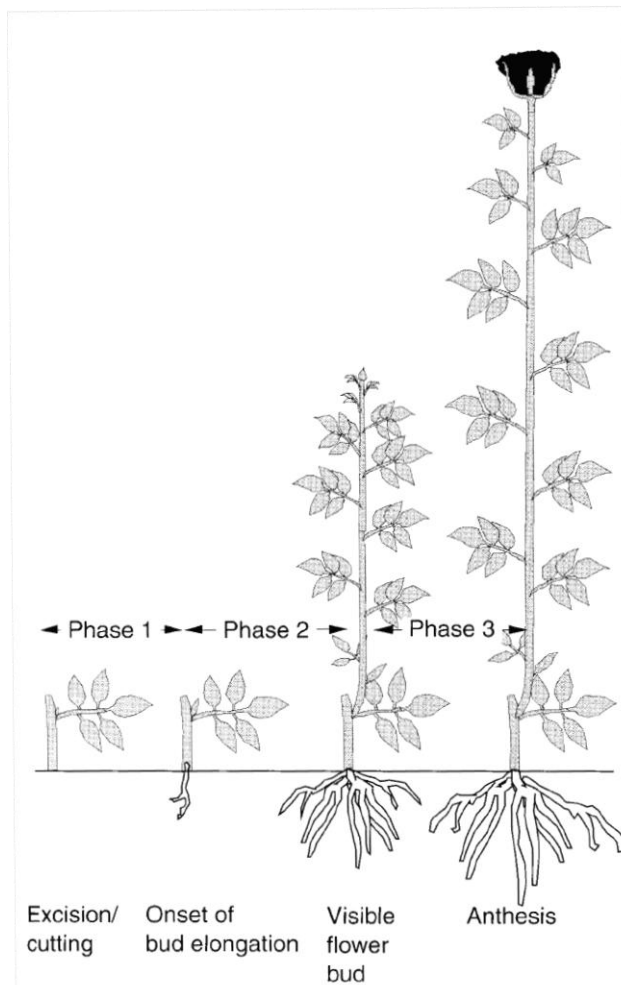
Tabel 2. Behandeling en Phytochromestatus (PSS-waarden) bij gemengd top en tussenlicht (exclusief daglicht)

Tussenlicht	SON-t toplicht	CDM toplicht
Controle	0.853	0.811
Rood	0.883	0.874
Verrood	0.526	0.481
Blauw	0.805	0.763
rood/verrood	0.753	
verrood (alleen eind dag / begin nacht)	0.853/0.526/0.135*	

*Respectievelijk alleen SON-t, SON-t+verrood, alleen verrood.

2.4 Waarnemingen

Gedurende de proef werden drie keer per week het aantal dagen tot (a) uitloop van de okselknop, (b) bloemknop in erwtgrootte en (c) het oogststadium (Figuur 6) genoteerd. Bij de oogst van de drie sneden werden per tak de lengte, het gewicht en het bloemstadium (Kuiper *et al.*, 1996) bepaald. Ook werden bij de 3^e snede per tak het aantal bladeren geteld.



Figuur 6. Ontwikkelingsstadia van een rozentak (Bron: Bredmose, 2004):

Fase 1: Moment van terugknippen tot een okselknop van 1.0 cm.

Fase 2: Okselknop van 1.0 cm tot erwtgrootte bloemknop (5-6mm doorsnee)

Fase 3: Erwtgrootte bloemknop tot oogststadium

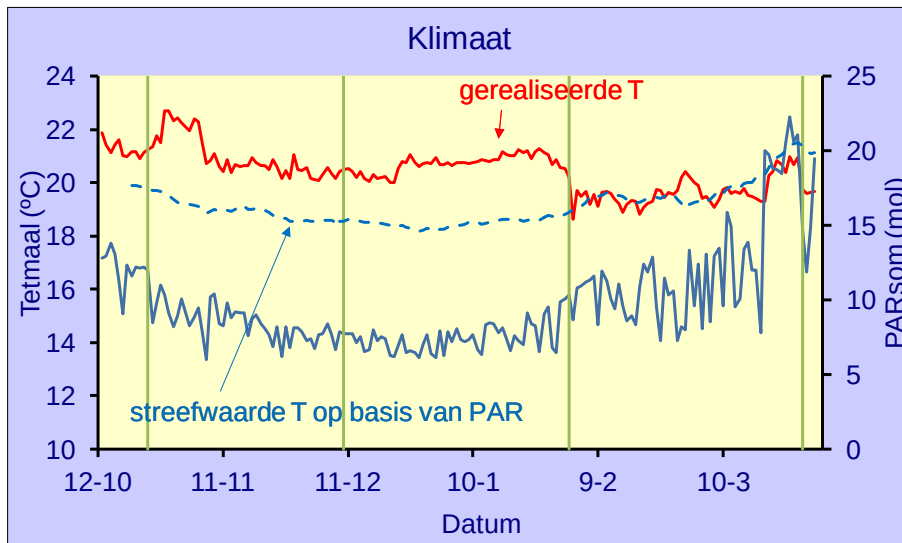
Meting van de hormonen auxine en cytokininen in de knop is gedaan in samenwerking met Francel Verstappen van het Laboratorium voor plantenfysiologie (Wageningen Universiteit). Van de rassen Red Naomi en Avalanche zijn van alle behandelingen okselknoppen van de vierde snede als driehoekje uit de stengel geknipt (Foto 3). Deze okselknoppen zijn direct in de vloeibare stikstof (- 176°C) gedaan en vervolgens bewaard in een -80°C vriezer. Per monster werden er 20 knoppen geknipt. De monstername is gedaan rond het middaguur. Vervolgens zijn deze monsters in bevroren toestand gemalen met een kogelmaler. Het verkregen poeder werd geanalyseerd op de hoeveelheid hormonen Auxinen en Cytokininen en Strigolactonen. (Voor uitgebreide beschrijving van de methode zie Bijlage 1). Strigolactonen bleken niet detecteerbaar.



Foto 3. Monstername okselknoppen voor de hormoonbepaling.

2.5 Klimaat

In Figuur 7 staat de gemiddelde temperatuur en de PARsom weergegeven. De gemiddelde PARsom was voor snede 1-3 respectievelijk 6.0, 5.3 en 8.5 mol/dag. Voor de behandelingen met blauw en rood tussenlicht lag de PARsom 1.44 mol/dag hoger. Gedurende de eerste twee snedes is er een hogere temperatuur aangehouden dan de streefwaarde, terwijl in snede 3 de streefwaarde is gevolgd.



Figuur 7. Klimaat: PARsom (blauw) en gemiddelde temperatuur (rood). De streefwaarde van de temperatuur op basis van PAR is aangegeven met de blauw gestreepte lijn. De verticale groene strepen geven de periodes van snede 1-3 aan.

Door middel van handmetingen met een infrarood thermometer en draadloze Wisensys temperatuursensoren is de ruimtelijke temperatuurverdeling in kaart gebracht. De ruimtelijke verdeling van de temperatuur verschilde gedurende de eerste snede licht tussen de SON-t- en de CDM-kant waarbij de laatste 0.7°C koeler was. Dit verschil is verholpen door het naastliggende compartiment ook op te stoken. Tot half februari was de voorkant van het compartiment ongeveer 0.6°C koeler dan de achterkant. De gewastemperatuur bij de knippunten was iets hoger (0.2-0.3°C) door het tussenlicht ten opzichte van de controles.

3 Effecten van licht en temperatuur op de knopuitloop

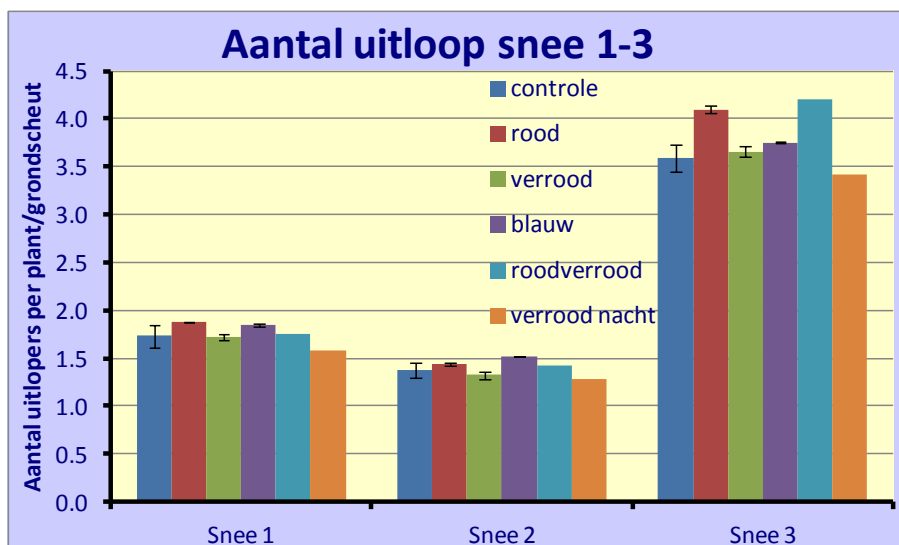
In dit hoofdstuk worden de effecten, van de lichtkleur en temperatuur, op het aantal en de duur van de uitloop van okselknoppen van 5 rassen weergegeven. Een okselknop werd beschouwd als “uitgelopen”, wanneer deze de lengte van 1.0 cm bereikt had.

3.1 Knopuitloop

3.1.1 Effecten van lichtkleur op de uitloop

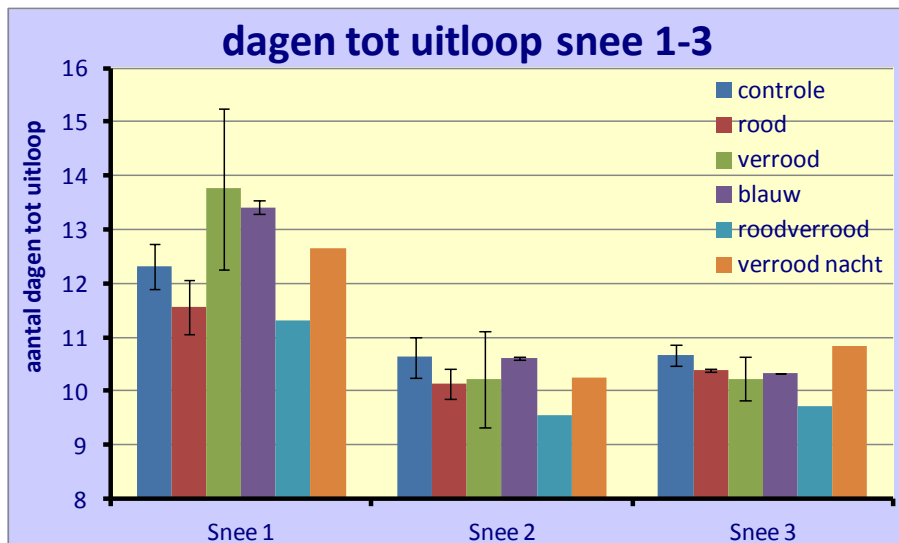
Het type toplicht (CDM of SON-t) had geen significant effect op aantal en snelheid van de knopuitloop. De verschillende kleuren tussenlicht daarentegen, hadden wel degelijk effect op het aantal uitgelopen okselknoppen. (Figuur 8). Bij de eerste twee sneden was het effect van lichtkleur op het aantal uitgelopen knoppen gering. In de derde snede nam het aantal uitlopende knoppen fors toe en zijn de verschillen tussen de behandelingen groter:

- Rood licht stimuleert knopuitloop ten opzichte van de controle of verrood licht.
- Verrood overdag remt nauwelijks ten opzichte van de controle,
- Verrood 's nachts remt knopuitloop licht ten opzichte van de controle.
- Het effect van blauw licht op het aantal uitgelopen knoppen was de eerste twee sneden gelijk aan dat van rood licht, maar het aantal uitgelopen knoppen bleef achter in de derde snede.



Figuur 8. Aantal uitgelopen knoppen snede 1-3, (1^e snede: aantal uitgelopen knoppen per plant, 2^e en 3^e snede: aantal uitgelopen knoppen per grondscheut).

De lichtkleur beïnvloedde alleen de snelheid van uitloop van de grondscheuten (snede 1) en niet die van snede 2 en 3 (Figuur 9). Bij uitloop van de grondscheuten is de uitloop onder verrood en blauw licht trager dan bij de controle. De uitloop onder rood licht is daarentegen iets sneller dan de controle.

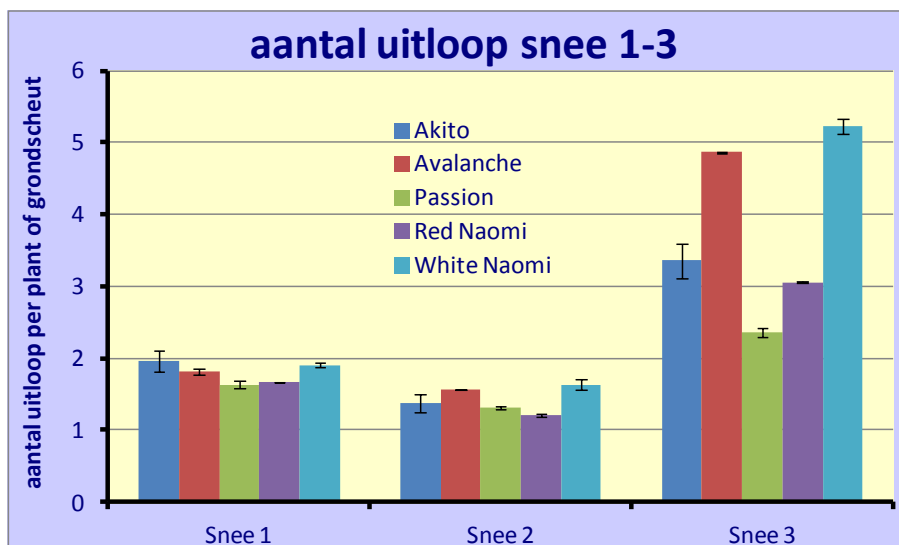


Figuur 9. Dagen tot uitloop van snede 1-3. Het effect van lichtkleur is alleen zichtbaar in snede 1 (grondscheuten)

3.1.2 Effect van ras op de uitloop

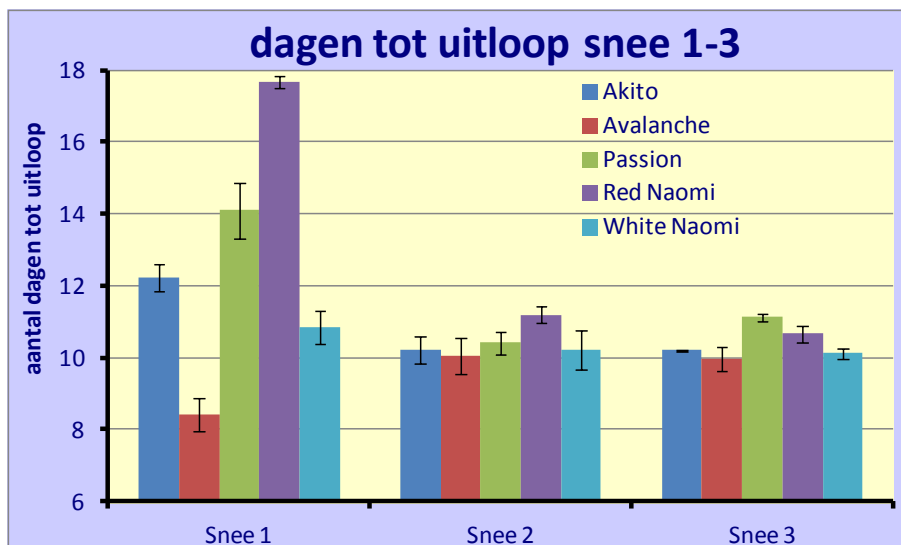
In Figuur 10 zijn de uitloopverschillen per ras weergegeven. Evenals tussen de lichtkleuren, zijn de verschillen in aantal uitgelopen knoppen per ras klein, voor de sneden 1&2. Snede 3 laat echter wel grote verschillen zien:

- Avalanche en White Naomi hebben veel uitgelopen knoppen per plant,
- Red Naomi en vooral Passion hebben het minste aantal uitgelopen knoppen,
- Akito neemt een middenpositie in.



Figuur 10. Effect van ras op het aantal uitgelopen knoppen van de drie snedes

In Figuur 11 staan, per ras het aantal dagen tot knopuitloop weergegeven. Grondscheuten (1^e snede) lopen gemiddeld trager uit dan laterale scheuten (snede 2 en 3), behalve voor Avalanche. Dit heeft waarschijnlijk te maken met de ouderdom van deze knoppen (Bredmose en Hansen, 1996, Bredmose, 2004). Grondscheuten zijn namelijk afkomstig van de al aanwezige okselknoppen naast de primaire scheut en zijn dus ouder dan de okselknoppen die gevolgd zijn in snede 2 en 3. Red Naomi en Passion zijn bij alle snedes het traagst. Voor de laterale scheuten (snede 2 en 3) zijn de verschillen in uitloopduur tussen Akito, Avalanche en White Naomi gering.



Figuur 11. Effect van ras op het aantal dagen tot uitloop van de drie snedes.

3.1.3 Gecombineerd effect van ras en lichtkleur op de uitloop

Omdat er alleen grote verschillen tussen de 5 rassen werden gevonden op de snelheid van uitloop van snede 1, en het aantal uitgelopen knoppen bij snede drie, wordt in Tabel 3 en Tabel 4 het effect van lichtkleur uitgesplitst per ras weergegeven.

Bij uitloop van de grondscheuten is de uitloop onder verrood licht bij alle rassen trager dan bij de controle (Tabel 3). Onder blauw licht treed ook vertraging op behalve voor Avalanche. De uitloop onder rood licht is iets sneller dan de controle behalve voor Akito.

Tabel 3. Effect van lichtkleur op het aantal dagen tot uitgelopen knop van de grondscheut (snede 1).

Ras	controle	rood	verrood	blauw
Akito	11.1	11.4	12.6	13.6
Avalanche	8.4	6.5	10.4	8.2
Passion	13.7	12.3	16.0	14.7
Red Naomi	17.0	16.7	18.7	18.3
White Naomi	11.5	10.0	11.3	10.8

Het aantal uitgelopen knoppen in snede 3 (Tabel 4) laat zien dat alle rassen gestimuleerd worden door rood licht ten opzichte van de controle. Ten opzichte van de controle remt verrood licht de uitloop niet (behalve bij Passion) en is bij Avalanche en Red Naomi net zoveel als onder rood licht. Onder blauw licht is de uitloop ook nauwelijks meer dan bij de controle.

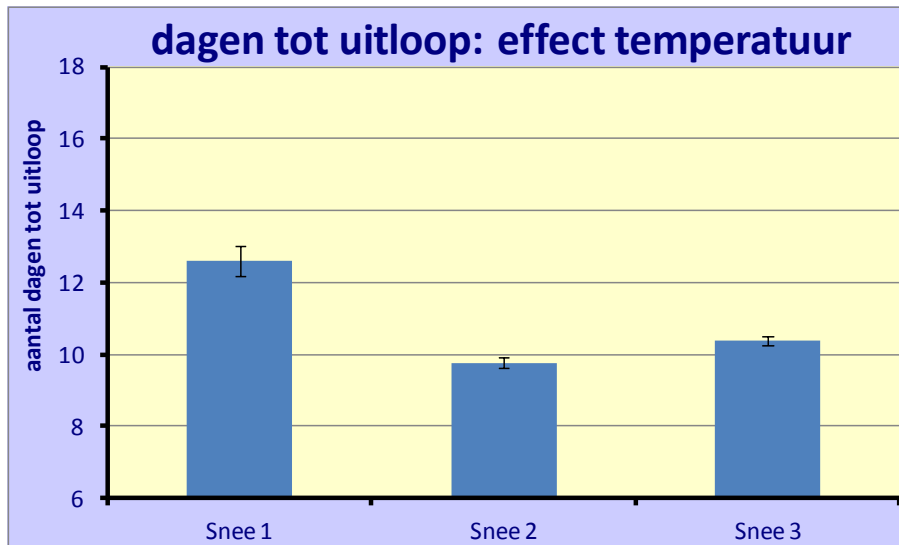
Tabel 4. Effect van lichtkleur op het aantal uitgelopen knoppen van snede 3.

Ras	controle	rood	verrood	blauw
Akito	3.2	3.7	3.2	3.3
Avalanche	4.8	5.1	5.0	4.5
Passion	2.4	2.6	2.1	2.3
Red Naomi	2.9	3.1	3.2	3.1
White Naomi	4.7	6.0	4.7	5.5

3.1.4 Effect van temperatuur op de uitloopsnelheid

Door de gemiddelde snelheid te berekenen van de uitloop per snede is het effect van temperatuur berekend en weergegeven in Figuur 12. De gemiddelde temperatuur gedurende de uitlooffase was van snede 1-3 respectievelijk 22.0, 20.3 en 19.4 °C (Figuur 7) Grondscheuten (Snede

1) zijn ondanks de hogere temperatuur gedurende de uitloophase trager dan laterale scheuten (Snee 2 en 3). Snee 3 is iets trager door de iets lagere temperatuur vergeleken met snee 2.



Figuur 12. Temperatuurseffect op dagen tot knopuitloop gemiddeld over alle rassen en behandelingen. De gemiddelde temperatuur gedurende de uitloophase was respectievelijk 22.0, 20.3 en 19.4 °C (zie figuur 11) .

3.2 Hormoonbepaling okselknoppen

Bij de rassen Avalanche en Red Naomi zijn de hormoonconcentraties van de zwellende okselknoppen bepaald. De monsternamen gebeurde op de 5e dag na de oogst van de derde snede. Er is onderscheid gemaakt tussen de bovenste knop op de stomp en de 2^e knop.

Van de mogelijk te meten auxinen en cytokininen was een aantal niet detecteerbaar (zie Bijlage 1). In de knoppen werd van de cytokininen voornamelijk iPMP, ZMP en ZR aangetroffen (gemiddeld resp 649, 334 en 152 pmol/g). Van de auxinen was alleen IAA detecteerbaar (gemiddeld 11 pmol/g). ZR is het transporthormoon dat vanuit de wortels via het xyleem vervoerd wordt (Dieleman, 1998). iPMP is een precursor voor ZMP, ZMP kan ook gevormd worden uit ZR en vice versa (Dieleman, 1998).

Er werden geen significante verschillen in hormoonconcentraties tussen de behandelingen en de rassen gevonden (Tabel 5). Dit komt overeen met de beperkte verschillen in uitlooptijd van de okselknop van 0.6 dagen tussen de behandelingen (Figuur 9) en van 0.7 dagen tussen Avalanche en Red Naomi (Figuur 11). De verschillen in aantal uitgelopen okselknoppen door lichtkleur (Figuur 8) en ras (Figuur 10) kunnen niet verklaard worden met deze hormoonanalyses.

Tabel 5. Hormoonconcentraties per behandeling (pmol/g versgewicht knop). Er werden geen significante verschillen gevonden.

ras	Tussenlicht	IAA	ZR	ZMP	iPMP
Avalanche	controle	14.3	139.0	581.7	752.7
	rood	12.3	120.6	282.5	734.8
	verrood	9.0	159.3	281.8	883.9
	blauw	13.2	133.8	291.1	794.0
	verrood nacht	8.7	132.4	346.7	680.4
Avalanche Totaal		11.8	137.5	357.9	779.0
Red Naomi	Controle	6.6	155.8	520.8	554.8
	rood	12.7	192.0	490.6	523.4
	verrood	11.3	173.0	399.2	634.9
	blauw	14.1	151.2	495.3	434.0
	verrood nacht	8.3	162.7	746.5	377.1
Red Naomi Totaal		10.8	167.4	506.5	519.0
Totaal		11.3	152.5	432.2	649.0

Tabel 6. Hormoonconcentraties per knoppositie (pmol/g versgewicht knop). Verschillende letters per kolom (a of b) geven significante aan.

positie knop	IAA	ZR	ZMP	iPMP
1e van boven	12.2	141.6b	625.4a	926.5a
2e van boven	10.5	163.4a	238.9b	371.6b
Totaal	11.3	152.5	432.2	649.0

Er werden grote verschillen gevonden cytokinine-concentraties afhankelijk van de knoppositie. De hoger geplaatste knop (dichtste bij het knippunt) bevatte ruim twee keer zoveel van de cytokininen ZMP en iPMP (Tabel 6). Van de cytokinine ZR was juist minder aanwezig in de bovenste knop. ZR zou afkomstig kunnen zijn van de wortels omdat dit hormoon in bloedingsap wordt gevonden (Dieleman, 1998). Zieslin en Algom (2004) vinden ook minder ZR naarmate de knop verder van de wortels verwijderd zit. Bredmose *et al.* (2005) laten zien dat het stadium waar een gezwollen knop zo'n 2mm is, gepaard gaat met hoge concentraties iPMP. ZMP wordt in verband gebracht met celdeling en piekt wanneer de knop 5mm is (Bredmose *et al.* 2005). Dit duidt erop dat de tweede knop van boven fysiologisch gezien, trager is dan de bovenste knop.

3.3 Discussie en conclusies m.b.t. de knopuitloop

De productie van een rozengewas bij een gegeven klimaat wordt bepaald door twee belangrijke factoren: (1) het aantal laterale scheuten per plant en (2) het percentage bloeiende scheuten. Het is dus van groot belang beide processen zoveel mogelijk te kunnen sturen in de gewenste richting. Lichtkleur kan hierin een sleutelrol vervullen. Zoals in de inleiding aangegeven, was de opzet van de proef het effect van lichtkleur op de knopuitloop te onderzoeken in (i) een op snede staand gewas en (ii) in een gewas dat uit snede is (dicht gewas). Dit onderzoek laat alleen de resultaten zien van het effect in een op snede staand gewas.

Op basis van deze proef kunnen de volgende conclusies getrokken worden voor een *op snede* staand gewas:

1. Het toplicht (SON of CDM) geeft geen verschillen in uitloop.
2. Een lagere temperatuur vertraagt de knopuitloop onafhankelijk van lichtkleur
3. Raseffecten in aantal en snelheid van knopuitloop zijn groter dan behandelingseffecten.
4. Grondscheuten reageren anders dan laterale scheuten: Bij de grondscheut gaf verrood licht vertraging en rood licht versnelling van de uitloop, terwijl het aantal niet werd beïnvloed, bij de laterale scheuten wordt juist het aantal beïnvloed door lichtkleur en niet de snelheid.
5. Bij de 3^e snede was er veel uitloop zodat er een duidelijk verschil in aantal uitgelopen knoppen onder invloed van lichtkleur zichtbaar werd:
 - a. Verrood overdag remt niet ten opzichte van de controle in een op snede staand gewas. Verrood 's nachts remt wel iets.
 - b. Rood licht stimuleert knopuitloop ten opzichte van andere kleuren bij een gelijke intensiteit.

In het licht van de hoofdvraag kunnen we stellen dat er duidelijke aanwijzingen zijn gevonden dat rood licht stimulerend werkt op de knopuitloop. Rood licht geeft een grotere stimulans dan blauw licht dus is de juiste lichtkleur belangrijker dan de intensiteit. Er is geen interactie van lichtkleur met temperatuur waargenomen. Als de knopuitloop door de fytochrombalans wordt aangestuurd, dan moet als rood licht stimulerend werkt, verrood juist remmend werken. Verrood licht remde echter niet duidelijk ten opzichte van de controle alhoewel nachtelijk verrood effectiever leek. Dit kan veroorzaakt zijn doordat verrood licht remmend werkt doordat het de dominantie van al opgaande scheuten verhoogd (Carabelli *et al.*, 2007), bij afwezigheid van (de dominantie) deze scheuten heeft dit blijkbaar geen zin. Ook is recent onderzocht bij *Arabidopsis* dat een hoge lichtintensiteit spectrale effecten kan overrulen. Bij een lage lichtintensiteit werkte verrood remmend op de uitloop terwijl verrood geen effect had bij een hoge lichtintensiteit (Su *et al.*, 2011).

Voor de praktijk kunnen we concluderen dat bij een *op snede* staand gewas (gedurende de fase van knopuitloop: afwezigheid van dominantie, hoge lichtintensiteit op de knippunten en afwezigheid van schaduwspectrum) het effect van stuurlicht op de knopuitloop te beperkt is om hiervoor investeringen te doen.

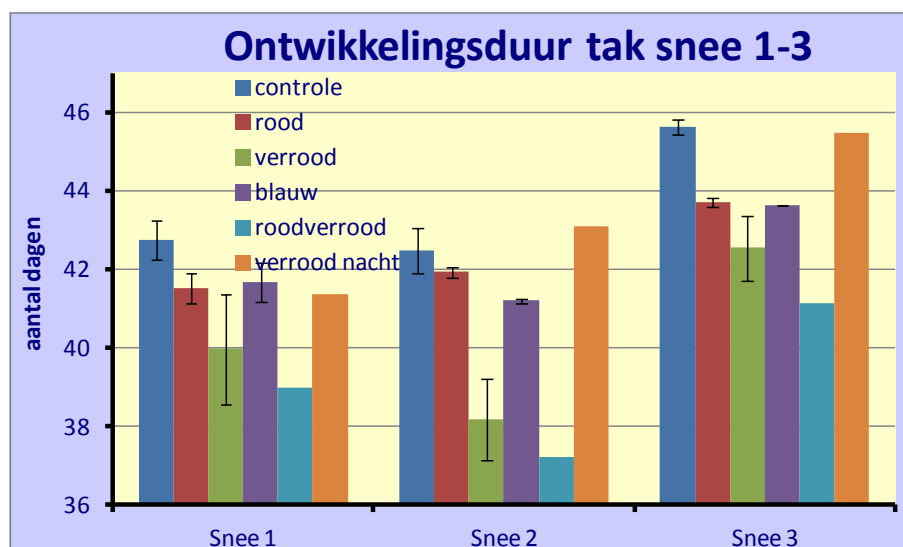
Zoals gezegd is bij een gewas dat *uit snede* staat er dominantie aanwezig van al opgaande scheuten, tevens is de lichtintensiteit in het gewas erg laag en is er een duidelijk schaduwspectrum aanwezig (Figuur 1). Hierdoor wordt verwacht dat lichtkleur in een gewas dat uit snede staat een aanzienlijk groter effect heeft dan in de beschreven proef is getoond. Het ligt dan voor de hand om zo'n proef uit te voeren met enerzijds rood licht voor stimulatie en anderzijds verrood licht voor remming. Voor beide factoren moet worden onderzocht hoe dat het effectiefst kan gebeuren.

4 Uitgroeiduur tak

In dit hoofdstuk worden de effecten van ras, lichtkleur en temperatuur op de uitgroeiduur van de tak vanaf de uitloop van de okselknop tot het oogststadium weergegeven. Dit is dus de som van het aantal dagen van knopuitloop tot erwstadium van de bloemknop, en het aantal dagen van erwstadium tot oogststadium (Figuur 6).

4.1 Effect van lichtkleur op de uitgroeiduur

In Figuur 13 staat de uitgroeiduur van de takken weergegeven vanaf de uitgelopen okselknop van 1.0 cm tot het oogststadium. De controle en de behandeling met nachtelijk verrood waren het traagst. Mogelijk heeft dit te maken dat het tussenlicht toch enige warmte in het gewas bracht. Het tussenlicht van de nachtelijke verrood-behandeling stond slechts één uur per dag aan terwijl bij de andere behandelingen de lampen 20 uur per dag aanstonden (groeibuis-effect). De nachtelijke verrood-behandeling is dus vergelijkbaar met de controle. De takken bij rood en blauw licht zijn iets sneller dan bij de controle. Opvallend is dat de beide behandelingen die overdag verrood kregen (verrood en rood/verrood) het snelst ontwikkelden. Bloeiversnelling door verrood licht is voor andere gewassen dan roos al vaker aangetoond (Wollenberg *et al.* 2008) en wordt gerekend onder de 'schaduwmiJDingsreacties' ('shade avoidance syndrome' Casal 2011; Whitelam en Halliday, 2007). In het geval van bloeiversnelling ligt de 'prioriteit' van de plant bij reproductie (zaadvorming). Snede 3 is in z'n geheel trager dan de eerste twee doordat er een lagere temperatuur werd aangehouden, zie H2.5. De voorsprong in uitgroeiduur ten opzichte van de controle wordt vooral veroorzaakt tijdens fase 2: van uitgelopen okselknop tot erwstadium bloemknop.

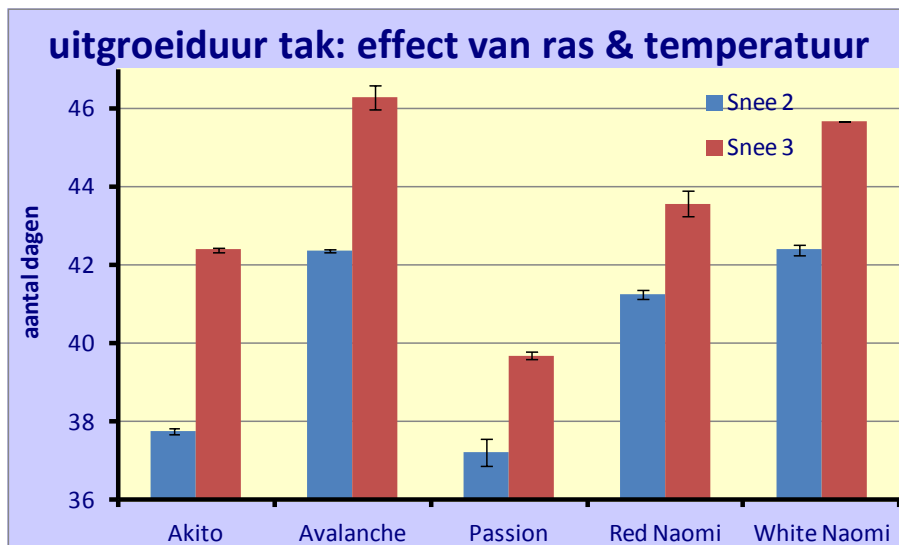


Figuur 13. Effect van tussenlicht op de uitgroeiduur tak voor snede 1 tot 3

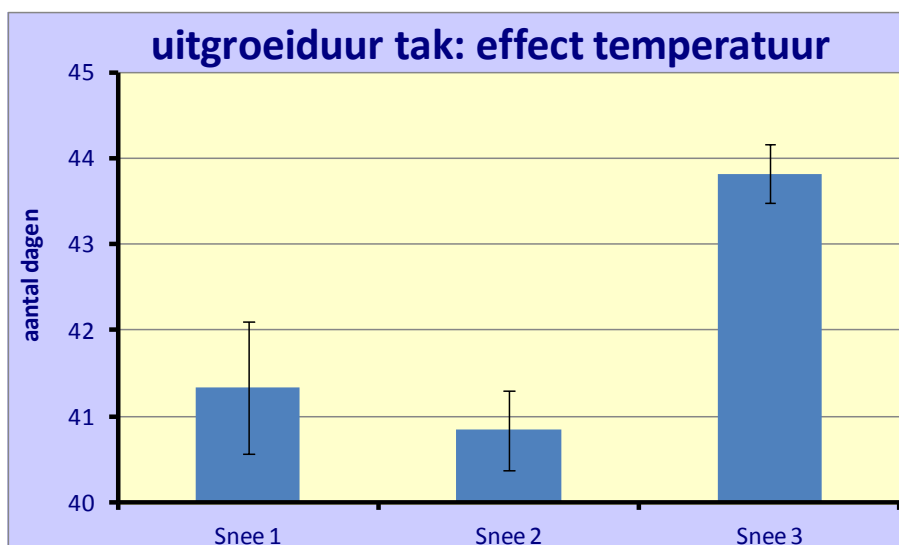
4.2 Effect van ras en temperatuur op uitgroeiduur

Er is een groot verschil in uitgroeiduur tussen de rassen (Figuur 13). Avalanche, Red Naomi en White Naomi zijn duidelijk trager dan Akito en Passion. Opvallend is dat Passion in snede 2 en 3 de kortste uitgroeiduur heeft. Hiermee treedt bij dit ras enige compensatie op voor de tragere uitloop van de okselknop (Figuur 11). Gemiddeld was gedurende snede 3, de temperatuur 1°C lager dan in snede 2. Dit resulteerde in een gemiddeld 3 dagen langere uitgroeiduur (Figuur 15). Passion en Red

Naomi reageren het minst op de verlaagde temperatuur (± 2 dagen trager dan in snede 2) terwijl Akito, Avalanche en White Naomi ± 4 dagen trager zijn dan in snede 2 (Figuur 14).



Figuur 14. Effect van ras en temperatuur op de uitgroeiduur van een tak (fase 2+3). De gemiddelde temperatuur tijdens snede 2 en 3 was respectievelijk 20.7 en 19.7 °C.



Figuur 15. Effect van temperatuur op de uitgroeiduur van een tak (fase 2+3). De gemiddelde temperatuur tijdens snede 1-3 was respectievelijk 21.0, 20.7 en 19.7 °C.

4.3 Conclusies uitgroeiduur

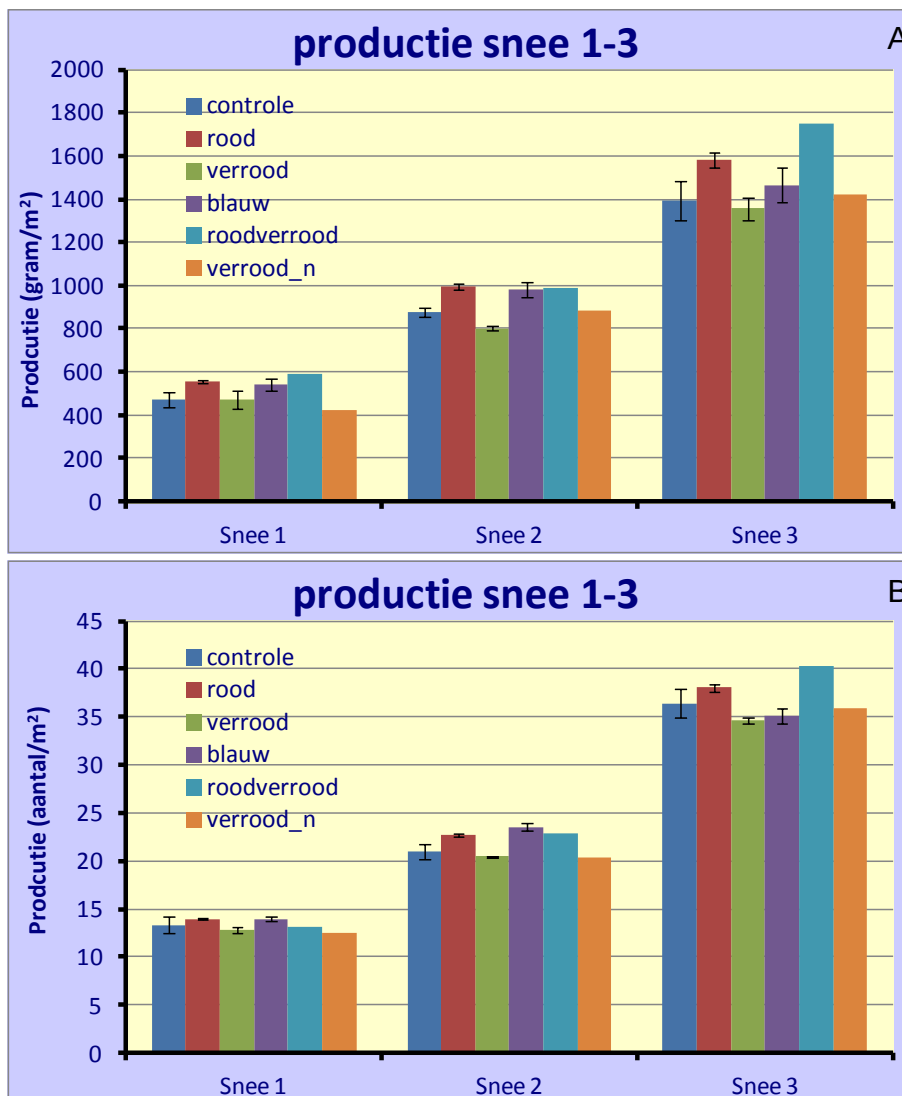
De uitgroeiduur van uitgelopen takken is sterk temperatuurgevoelig: een lagere temperatuur geeft een langere uitgroeiduur. Opvallend is dat verrood gedurende de dag een sterke verkorting geeft van de uitgroeiduur. Waarschijnlijk is dit een reactie die onder de 'schaduwmijsingsreacties' van planten valt.

5 Productie, fractie loos en taklengte

In dit hoofdstuk worden de effecten van ras en lichtkleur op de takproductie, de taklengte en de fractie loos weergegeven.

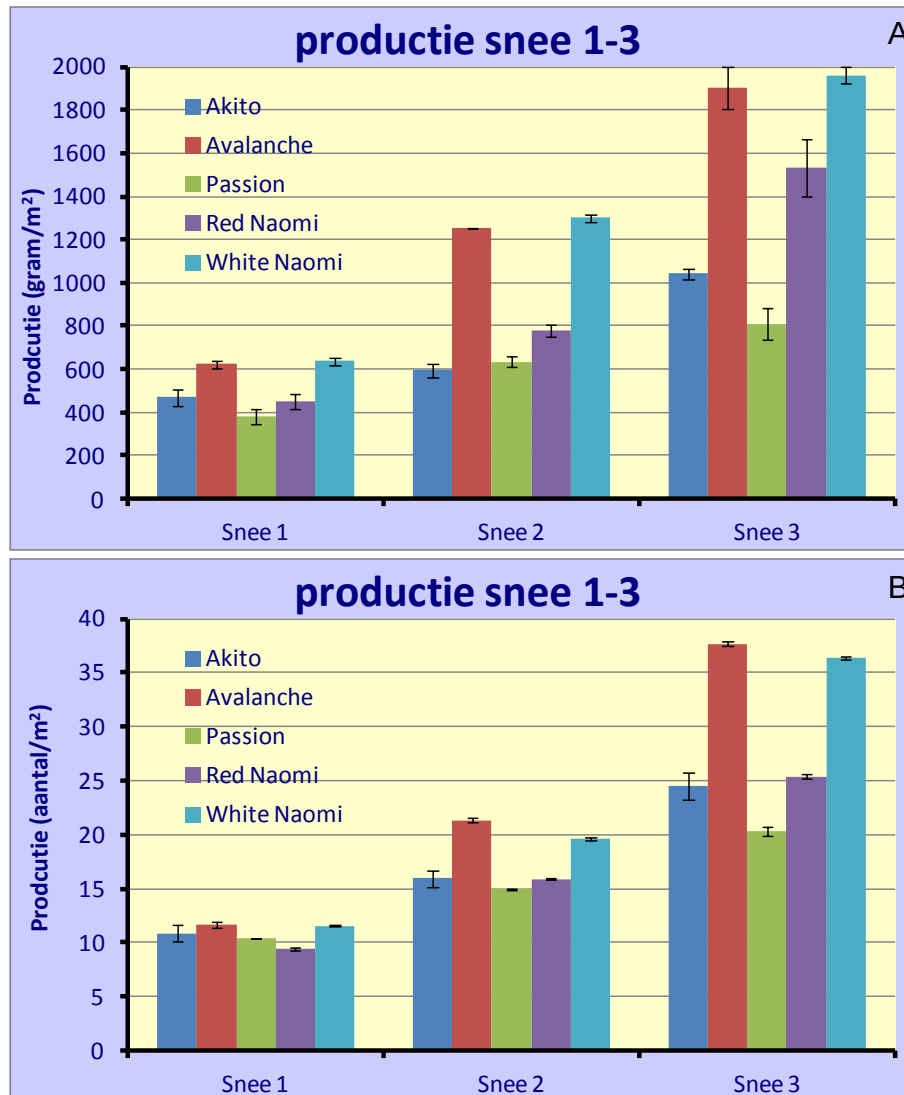
5.1 Productie: gewicht en aantal

In Figuur 16 staat de productie (g/m^2 en aantal takken $/\text{m}^2$) van snede 1-3 per behandeling weergegeven. De algehele toename in oogstgewicht van snede 1 tot snede 3 wordt veroorzaakt doordat er gestart is met jonge planten waarbij de plantopbouw nog vorm moet krijgen. De trend over de drie snedes is dat de behandelingen met rood (rood en rood/verrood) en blauw een hogere productie geven dan de controle en behandelingen verrood overdag en 's nachts. De behandelingen met rood en blauw hadden $20 \mu\text{mol/m}^2/\text{s}$ meer PAR dan de controle en de verrood behandelingen: het verschil in oogstgewicht wordt daarmee (deels) verklaard door een verschil in PAR-licht. Er waren geen productieveverschillen tussen beide typen toplicht (SON-t en CDM) aanwezig.



Figuur 16. Effect van tussenlicht op totaal geoogst gewicht (A) en totaal aantal takken (B) van snede 1-3.

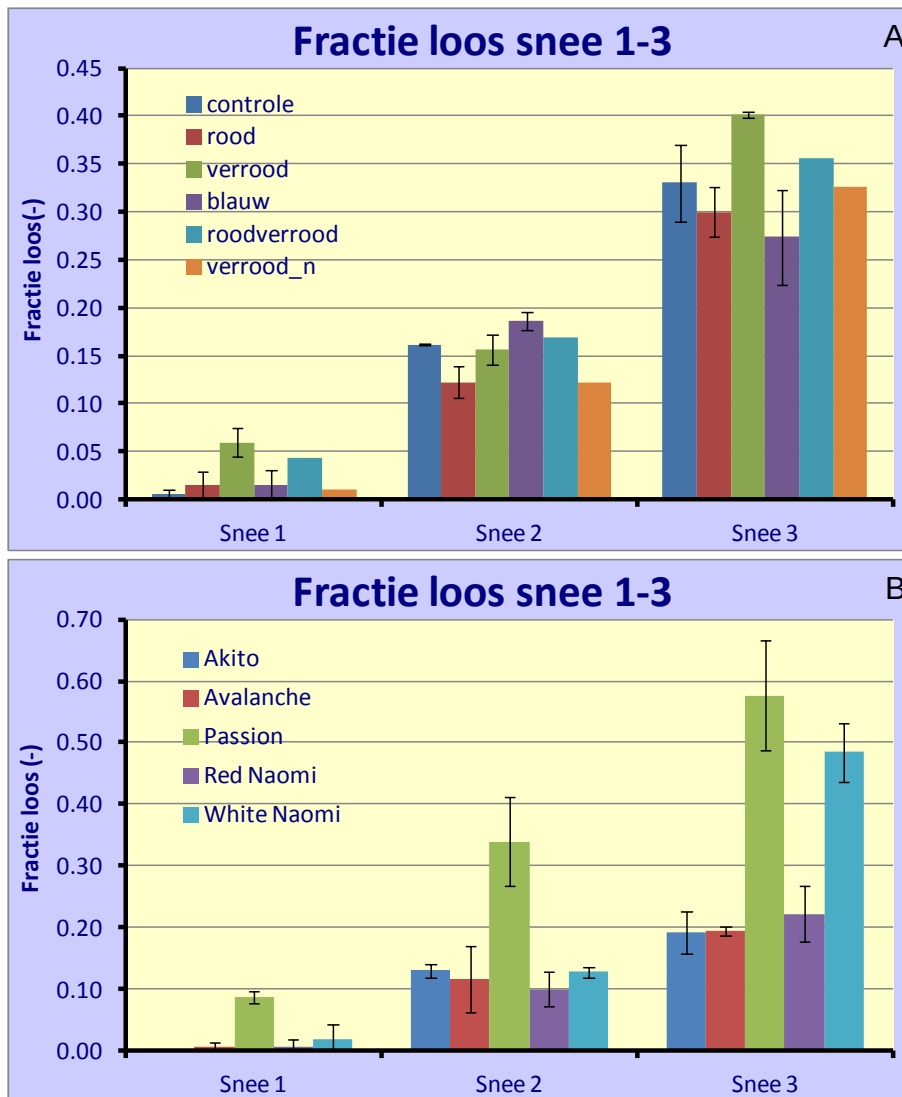
De totale productie (dus inclusief loze takken) tussen de rassen verschilt enorm (Figuur 17). De rassen Avalanche en White Naomi produceren in snede 2 en 3 tot twee keer zoveel als de andere rassen. Akito en Passion produceren het minst, Red Naomi zit er tussenin. Bij de productie van White Naomi moet de kanttekening geplaatst worden dat voor snede drie het percentage loos twee keer zo hoog was als Avalanche (zie H5.2).



Figuur 17. Effect van ras op totaal geoogst gewicht (A) en totaal aantal takken (B) van snede 1-3.

5.2 Fractie loos

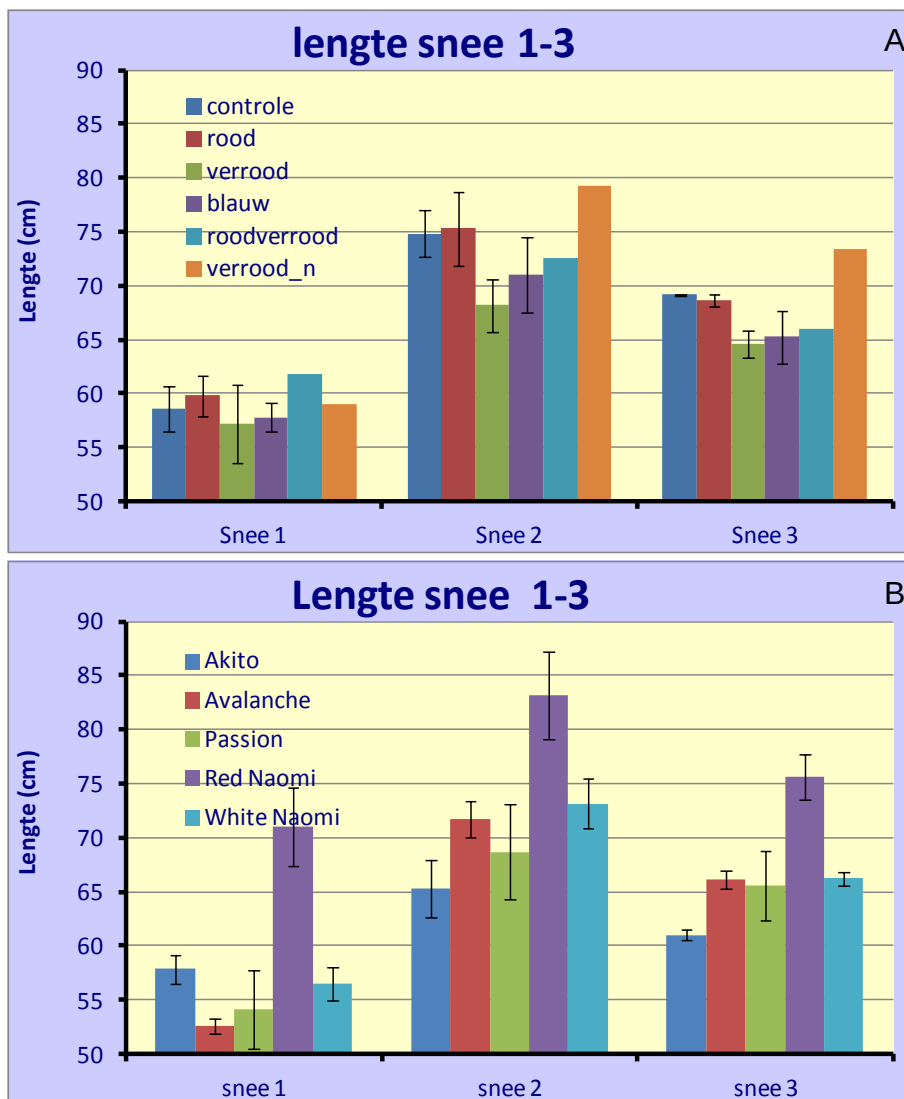
Van snede 1 tot 3 steeg de fractie loos explosief (Figuur 18A). Dit heeft waarschijnlijk vooral te maken met het hoge aantal uitgelopen knoppen (Figuur 8) in combinatie met een lage PARsom. Voor de controle en de beide verrood behandelingen (overdag en 's nachts) lag deze respectievelijk op de 6.0, 5.3 en 8.5 mol/dag. Voor de behandelingen met blauw en rood licht lag de PARsom 1.44 mol/dag hoger. In de praktijk liggen de lichtsommen echter tot 3 keer zo hoog (Trouwborst *et al.* 2010; Pot *et al.* 2011). Het effect van de lichtkleur op het percentage loos is gering; wel geeft de verrood behandeling in snede 3 het hoogste percentage loos. Het hoge percentage loos in snede 3 wordt vooral bepaald door de rassen Passion en White Naomi waarbij rond de 50% loos optrad (Figuur 18B).



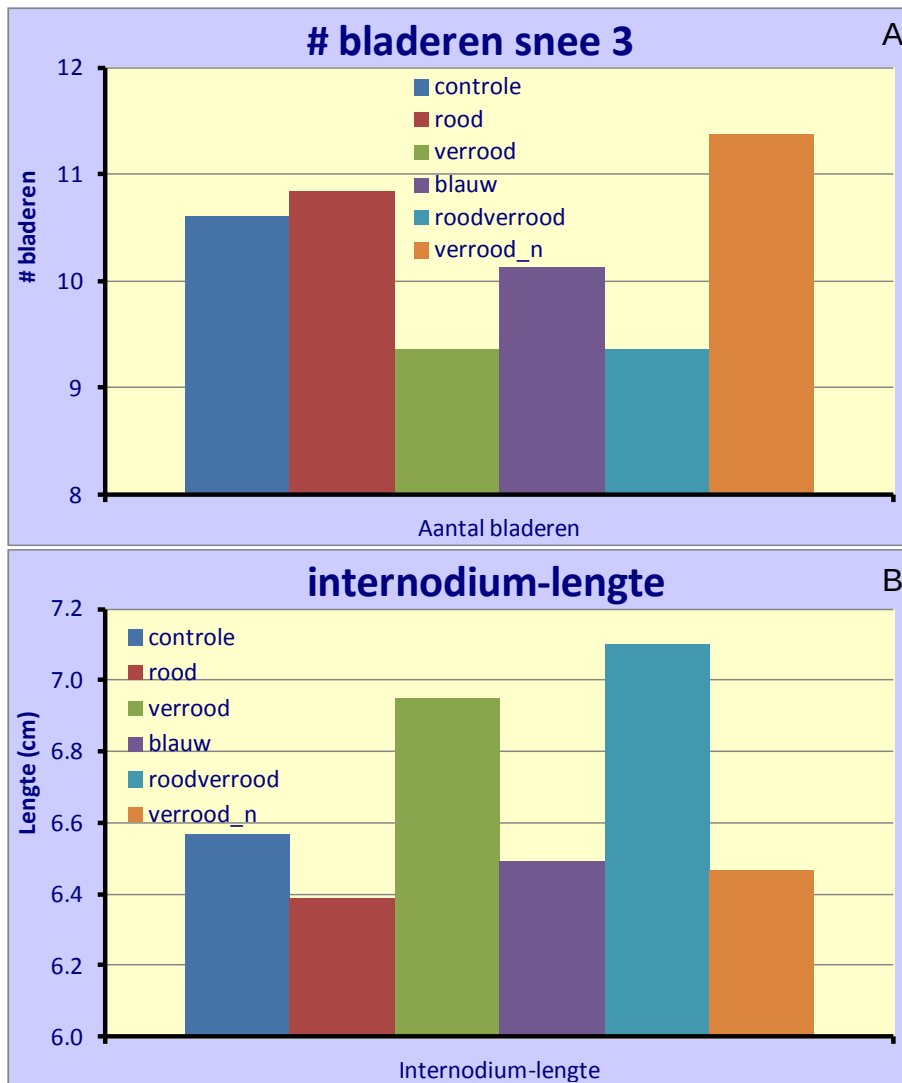
Figuur 18. Fractie loos per behandeling (A) en ras (B) voor snede 1-3

5.3 Taklengte

Lichtkleur beïnvloedt ook de lengte van de tak, waarbij blauw en verrood licht een kortere tak geven (Figuur 19A). Red Naomi heeft de langste takken, terwijl Akito de kortste takken heeft (snede 2 en 3; Figuur 19B). Van meer blauw licht is het bekend dat dit compactere planten geeft (Van Ieperen en Heuvelink, 2012). De kortere tak onder verrood licht (verrood en rood/verrood) heeft waarschijnlijk te maken met de versnelde uitgroei duur onder dit licht. Opvallend is dat het aantal bladeren bij de verrood en de rood/verrood behandeling kleiner is terwijl de internodiuumlengte juist groter is (Figuur 20). Zoals te zien in Figuur 13 was de uitgroei duur van deze behandelingen korter. De kortere uitgroei duur kwam vooral tot uiting in fase 2, van uitgelopen okselknop tot erwstadium bloemknop. Het lijkt er dus op dat door verrood licht de apex (groeipunt) eerder generatief wordt en daardoor de taklengte achterblijft.



Figuur 19. Effect van tussenlicht en ras op de lengte van de tak.



Figuur 20. Aantal bladeren en internodium-lengte van snee 3.

5.4 Conclusies productie, fractie loos en taklengte

Verschillen in productie tussen de proefveldjes werden bepaald door een verschil in PARsom: de verrood en de controle-behandelingen hadden een lagere productie. Het percentage loos was erg hoog in de derde snede, hetgeen waarschijnlijk komt door het lage lichtniveau. Duidelijk is dat White Naomi en Passion veel makkelijker loos gaan dan Akito, Avalanche en Red Naomi. De taklengte is onder de verrood behandelingen (overdag) korter door een kortere uitgroei duur.

Referenties

- Bredmose N.** 1997. Chronology of three physiological development phases of single-stemmed rose (*Rosa hybrida* L.) plants in response to increment in light quantum integral. *Scientia Horticulturae* **69**, 107-115.
- Bredmose N.** 2004. GROWTH REGULATION | Axillary Bud Growth. In: Andrew VR, ed. *Encyclopedia of Rose Science*. Oxford: Elsevier, 374-381.
- Bredmose N, Kristiansen K, Nørbæk R, Christensen L, Hansen-Møller J.** 2005. Changes in Concentrations of Cytokinins (CKs) in Root and Axillary Bud Tissue of Miniature Rose Suggest that Local CK Biosynthesis and Zeatin-Type CKs Play Important Roles in Axillary Bud Growth. *Journal of Plant Growth Regulation* **24**, 238-250.
- Bredmose N, Hansen J.** 1996. Topophysis affects the potential of axillary bud growth, fresh biomass accumulation and specific fresh weight in single-stem roses (*Rosa hybrida* L). *Annals of Botany* **78**, 215-222.
- Carabelli M, Possenti M, Sessa G, Ciolfi A, Sassi M, Morelli G, Ruberti I.** 2007. Canopy shade causes a rapid and transient arrest in leaf development through auxin-induced cytokinin oxidase activity. *Genes & development* **21**: 1863-8.
- Casal JJ.** 2011. Shade Avoidance. *The Arabidopsis Book*.
- Dieleman JA.** 1998. Cytokinins and bud break in rose combination plants. Proefschrift Wageningen, Wageningen University, Wageningen.
- Kohlen W, Charnikhova T, Liu Q, Bours R, Domagalska MA, Beguerie S, Verstappen F, Leyser O, Bouwmeester H, Ruyter-Spira C.** 2011. Strigolactones Are Transported through the Xylem and Play a Key Role in Shoot Architectural Response to Phosphate Deficiency in Nonarbuscular Mycorrhizal Host Arabidopsis. *Plant Physiology* **155**, 974-987.
- Kuiper D, van Reenen HS, Ribot SA.** 1996. Characterisation of flower bud opening in roses; a comparison of Madelon and Sonia roses. *Postharvest Biology and Technology* **9**, 75-86.
- Pot CS, Trouwborst G.** 2011. LED-tussenbelichting bij Roos: Praktijkonderzoek bij Van den Berg Roses. Wageningen: Plant Dynamics B.V., 24.
- Schapendonk AHCM, Pot CS, Rappoldt C.** 2010. Plantenpaspoort roos: Sleutel voor optimale productie. Wageningen: Plant Dynamics B.V., 109p.
- Su H, Abernathy SD, White RH, Finlayson SA.** 2011. Photosynthetic photon flux density and phytochrome B interact to regulate branching in Arabidopsis. *Plant, cell & environment* **34**: 1986-98.
- Trouwborst G, Pot CS, Schapendonk AHCM.** 2010a. Haalbaarheid van LED-tussenbelichting bij roos: Praktijkonderzoek op Marjoland. Wageningen: Plant Dynamics B.V., 35.
- Trouwborst G, Pot CS, Schapendonk AHCM.** 2010b. Spectraal effect van LED tussenbelichting op scheutuitloop van roos in de zomer. Wageningen: Plant Dynamics B.V., 16.
- Van Ieperen W, Heuvelink E.** 2012. *Compacte planten door geïntegreerde groeiregulatie*. Leerstoelgroep Tuinbouwketen, Wageningen University, 36p.
- Whitelam GC, Halliday KJ.** 2007. *Light and plant development*: Blackwell Publishing Ltd.
- Wollenberg AC, Strasser B, Cerdán PD, Amasino RM.** 2008. Acceleration of flowering during shade avoidance in Arabidopsis alters the balance between FLOWERING LOCUS C-mediated repression and photoperiodic induction of flowering. *Plant physiology* **148**: 1681-94.
- Zieslin N, Algom R.** 2004. Alteration of endogenous cytokinins in axillary buds of conventionally grown greenhouse rose plants. *Scientia Horticulturae* **102**, 301-309.

Bijlage 1 Hormoonanalyse

De concentraties auxinen en cytokininen zijn bepaald met behulp van lc-ms/ms door vergelijking van retentietijden en massatransities met beschikbare referentiestandaarden.

Extractie en zuivering

250 mg poedermateriaal werd afgewogen in een 2 ml eppendorfbuisje. Hieraan werd 1 ml methanol met interne standaarden toegevoegd. Na kort vortexen werd gesoniceerd gedurende 10 minuten en vervolgens overnacht geëxtraheerd bij -20 °C. Vervolgens werd het sample gecentrifugeerd met 21.000 g gedurende 10 minuten en het supernatant overgebracht in een glazen buisje. Het pellet werd vervolgens nogmaals geëxtraheerd met 1 ml methanol. Na centrifugatie werd het pellet geëxtraheerd met ethylacetaat. De gecombineerde vloeistoffen werden gedroogd in een speedvac. Na drogen werd het sample opgenomen in 50 µl methanol, gevortexed en verdund met 3 ml water.

Samples werden verder opgezuiverd door ze te laden op een Grace-Pure 500 mg C18 kolom die gepreconditioneerd was met respectievelijk 3 ml methanol en 3 ml water. Na het laden werd de kolom gespoeld met 5 ml water en vervolgens geelueerd met 4 ml aceton. De aceton werd drooggedampt in een speedvac. Het sample werd vervolgens opgenomen in 250 µl Acetonitril:water 25:75 met hieraan toegevoegd 0.1% mierenzuur. Voor injectie werd de vloeistof gefilterd door een 0.45µm filter.

Bepaling met behulp van lc-ms/ms (liquid chromatography tandem mass spectrometry)

Analyse van hormonen werd uitgevoerd op een Waters Xevo tandem quadropole massaspectrometer uitgerust met een electrospray ionisatiebron gekoppeld aan een acquity UPLC systeem beschreven door Kohlen *et al.* (2011) met kleine aanpassingen.

De scheiding werd gedaan op een acquity UPLC BEH c18 kolom (100 x 2.1 mm, 1.7µm, Waters) door middel van een water/acetonitril gradient. Het injectievolume was 20 µl. De massaspectrometer was ingesteld in positieve mode met een cone en desolvation gas flow van respectievelijk 50 en 1000 L h⁻¹. De brontemperatuur was ingesteld op 150 °C en desolvation temperatuur 650 °C. Capilair voltage was ingesteld op 3.0 kV. Samples werden gemeten in MRM-mode (multiple reaction monitoring). MRM settings werden geoptimaliseerd met behulp van de Waters intellistart Console. Waar mogelijk werd gebruik gemaakt van stabiele isotopen voor correctie.

Referentiestandaarden

Voor de auxinenbepaling werd gebruik gemaakt van ¹³C₆-IAA als interne standaard. Voor de cytokininenbepalingen zijn voor alle gedetecteerde cytokininen stabiele isotopen toegediend als interne standaard. Voor alle verbindingen geldt dat dit de bijbehorende gedeuteerde verbinding is geweest. Voor ZMP, ZROG en iPMP waren deze niet beschikbaar. Hiervoor zijn respectievelijk de gedeuteerde vorm van Z, ZR en iPR voor gebruikt. Voor een aantal verbindingen (iPMP, ZMP, ZR) lagen de sampewaarden boven de calibratiecurve, voor deze waarden is de calibratiecurve geëxtrapoleerd.

Overige resultaten

Van de auxinen waren de volgende verbindingen niet detecteerbaar: OxIAA, IAA-ala, IAA-val, IAA-ile, IAA-leu, IAA-aspartaat en IAA-trp. Van de cytokininen waren de volgende verbindingen niet detecteerbaar: iP, oT, mT, oTR, mTR, cZ, cZR, DHZ, tZ7G, DHZ7G, DHZ9G en ZOG. Er werden geen strigolactonen gedetecteerd.

De concentraties verbindingen iPR, Z, tZROG, DHZR en DHZROG staan in tabel Tabel 7 en Tabel 8 weergegeven.

Tabel 7. Hormoonconcentraties per behandeling (pmol/g versgewicht knop).

ras	Tussenlicht	iPR	Z	tZROG	DHZR	DHZROG
Avalanche	controle	15.6	1.6	0.7	2.3	0.9
	rood	14.2	1.5	0.8	2.0	0.6
	verrood	25.0	1.3	1.3	1.2	0.7
	blauw	18.8	1.5	0.7	2.8	0.8
	verrood nacht	17.9	1.2	0.7	1.9	0.5
Avalanche Totaal		18.3	1.5	0.8	2.1	0.7
Red Naomi	Controle	17.3	1.9	0.3	3.0	0.6
	rood	16.4	2.0	1.1	3.5	0.8
	verrood	21.4	2.1	1.2	2.8	1.0
	blauw	17.8	1.7	0.5	2.9	0.7
	verrood nacht	20.1	1.6	0.2	3.5	0.6
Red Naomi Totaal		18.4	1.9	0.7	3.1	0.8
Totaal		18.4	1.7	0.8	2.6	0.7

Tabel 8. Hormoonconcentraties per knoppositie (pmol/g versgewicht knop).

positie knop	iPR	Z	tZROG	DHZR	DHZROG
1e van boven	20.5	1.8	1.3	3.5	1.0
2e van boven	16.3	1.6	0.2	1.7	0.5
Totaal	18.4	1.7	0.8	2.6	0.7