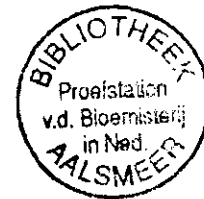


Proefstation voor de Bloemisterij
Linnaeuslaan 2a
1431 JV Aalsmeer
tel: 02977-52525
fax: 02977-52270

ISSN 0921-710X



**VOORSPELLENDE TOETS OP
BLOEMKNOPOOPENING BIJ
FREESIA M.B.V. NIRS/NITS**

Project 4206 PBN/RIKILT

Rapport nr. 152 Prijs f 7,50



Aalsmeer, mei 1993

Ing. I. van der Pluym
Dr. N. Marissen
R. Frankhuizen(RIKILT-DLO)

ISSN = 570905

Rapport nr. 152 wordt u toegezonden na storting van f 7,50 op giro 174855 t.n.v. Proefstation Aalsmeer, onder vermelding van Rapport nr. 152: 'Voorspellende toets op bloemknopopening bij Freesia'.



Dit project is uitgevoerd door het Proefstation voor de Bloemisterij in Nederland (PBN) in samenwerking met het Rijks Kwaliteits Instituut voor Land- en Tuinbouwprodukten (RIKILT-DLO).

Het project is gefinancierd door de Directie Milieu, Kwaliteit en Voeding van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij en de Vereniging van Bloemenveilingen in Nederland (via het Produktschap voor Siergewassen).

De begeleidingscommissie is vier maal bij elkaar geweest en werd gevormd door:

Drs. R.B.M Wouters (MKV/MLNV)
Mw. Ir. M.A. Mentjox (PVS)
Dr. Ir. H. Herstel (RIKILT-DLO)
Ir. H. van Rijnberk (VBN)
Dr. Ir. C. Vonk Noordegraaf (PBN)

Statistische verwerking: Dr. H. van der Voet (GLW-DLO)

Met dank aan: Mw. M.A.H. Tusveld (RIKILT-DLO)
H. Barendse en A. van Geuns
(Bloemenveiling Holland,
veilpunt Naaldwijk).

Een uitgebreider verslag is verkrijgbaar bij I. van der Pluym en N. Marissen.

INHOUD

| | pag. |
|------------------------------------|-------------|
| SAMENVATTING | 4 |
| 1. INLEIDING | 5 |
| 2. METHODE | 6 |
| 2.1 Principe NIRS en NITS | 6 |
| 2.2 Proefopzet | 7 |
| 2.2.1 Samenstellen van de datasets | 7 |
| 2.2.3 Calibratie | 8 |
| 3. RESULTATEN | 10 |
| 4. DISCUSSIE | 11 |
| 5. CONCLUSIE | 13 |
| 6. AANBEVELINGEN | 14 |
| LITERATUUR | 15 |

SAMENVATTING

Er bestaan grote verschillen in kwaliteit tussen partijen sierteeltgewassen, zowel direct na de oogst, als na de gehele keten van handel en transport. Bij het gewas *Freesia* wordt de sierwaarde voornamelijk bepaald door het aantal knoppen dat openkomt op de vaas. De bloei kan sterk verschillen tussen verschillende partijen. Deze verschillen zijn al aanwezig op het moment van aanvoer op de veiling, maar zijn niet aan het uiterlijk van de takken te herkennen. De keurmeester kan echter alleen de uitwendige kwaliteit beoordelen. Daarom is er behoefte aan een snelle en objectieve toets waarmee de bloei al op de veiling kan worden voorspeld.

Het Proefstation voor de Bloemisterij heeft in samenwerking met het Rijks Kwaliteits Instituut voor Land- en Tuinbouwprodukten (RIKILT-DLO) in Wageningen onderzoek uitgevoerd naar de mogelijkheid de mate van knopopening van *Freesia* te voorspellen met Nabij Infrarood Spectroscopie (NIRS/NITS). In het onderzoek is nagegaan of er sprake is van een lineair verband tussen (delen van) reflectie- of transmissiespectra van bloemknop(pen)(delen) en de waargenomen bloei van de tien belangrijkste enkelbloemige cultivars van dat moment. Dit gebeurde met behulp van Multiple Lineaire Regressie (MLR) en Partial Least Squares (PLS) regressie.

Naast NIR-/NIT-data is ook andere aanvullende informatie met een mogelijk voorspellende waarde in de berekeningen betrokken (aantal knoppen per kam, cultivar, type tak, monsterdag en het seizoen). Gestreefd werd naar voorspellingsmodellen die op één knop nauwkeurig de bloemknopopening kunnen voorspellen (95% betrouwbaarheid). Conclusie van het onderzoek is dat met behulp van Nabij Infrarood Spectroscopie in combinatie met een aantal andere factoren de mate van bloei alleen kwalitatief voorspeld kan worden. Een meer nauwkeurige (kwantitatieve) voorspelling behoort vooralsnog niet tot de mogelijkheden. Per cultivar en seizoen zijn modellen opgesteld met grote verschillen in nauwkeurigheid. De oorzaak hiervan is onbekend. Verder onderzoek zal moeten uitwijzen of een meer nauwkeurige voorspelling tot de mogelijkheden behoort.

1. INLEIDING

Er bestaan grote verschillen in kwaliteit tussen partijen sierteeltgewassen, zowel direct na de oogst, als na de gehele keten van handel en transport. Deze kwaliteitsverschillen kunnen vele kenmerken betreffen zoals grootte, vorm, kleur, stevigheid, houdbaarheid, ontwikkeling op de vaas (snijbloemen). Een aantal van deze kenmerken zijn op het moment van aankoop duidelijk waar te nemen ('uitwendige kwaliteit'), andere, zoals houdbaarheid en vaasgedrag (inwendige kwaliteit), echter niet. Met betrekking tot deze 'inwendige kwaliteit' is er behoefte aan snelle meetmethodieken die op het moment van veilen toepasbaar zijn. De uitkomsten van deze metingen zullen een voorspellende waarde moeten hebben voor het toekomstige gedrag.

Bij het gewas *Freesia* wordt de sierwaarde voornamelijk bepaald door het wel of niet openkomen van de bloemknoppen op de kam. Een belangrijk probleem hierbij is dat in de lengte van het vaasleven en de knopopening grote verschillen bestaan tussen partijen. Deze verschillen zijn reeds aanwezig op het moment van oogsten, maar nog niet zichtbaar als het produkt geveild wordt. Omdat enerzijds vanuit de veilingen behoefte is aan toetsmethoden die inzicht geven in de kwaliteit en omdat anderzijds bloemknopopening nog niet is te beïnvloeden door het geven van behandelingen na de oogst, is een toets die op veilingen gebruikt kan worden om onderscheid te maken tussen bloemen waarvan de knoppen wel of niet zullen opengaan, zeer gewenst.

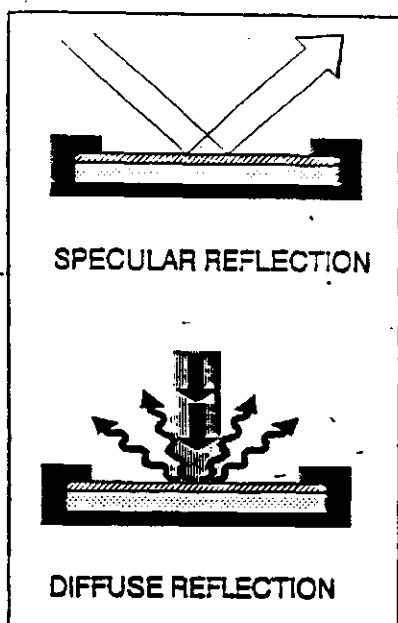
Op grond van de huidige fysiologische kennis over bloemknopopening is het zeer waarschijnlijk dat in ieder geval koolhydraten een rol spelen. Toediening van een suikerpuls of van suikers tijdens het vaasleven, verbetert ook de bloemontwikkeling (2,7). Bepaling van suikergehaltes van bloemen zou een beeld kunnen geven van de knopopening later op de vaas. Meting van stofgehaltes kan met behulp van NIRS of NITS. Bij Nabij Infrarood Reflectie Spectroscopie (NIRS) en Nabij Infrarood Transmissie Spectroscopie (NITS) wordt gebruik gemaakt van het feit dat een organische verbinding licht absorbeert van een karakteristieke golflengte. Met deze technieken is het mogelijk zeer snel een indruk te verkrijgen van samenstellende bestanddelen van bijvoorbeeld voedingsmiddelen en bloemknop(pen)(delen).

Uit vooronderzoek verricht door het PBN en het RIKILT-DLO met *Freesia* 'Polaris' bleek dat er sprake is van een correlatie tussen het aantal knoppen wat openkomt tijdens het vaasleven en een aantal absorptiebandjes in het NIR-spectrum van deze bloemknoppen (2).

Het doel van dit onderzoek was om een toetsmethode te ontwikkelen waarmee via snelle en objectieve metingen de bloemknopopening van *Freesia* op de veiling te voorspellen is.

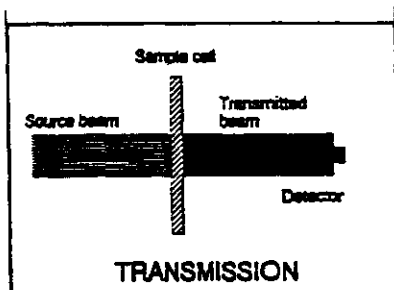
2. METHODE

2.1 Principe NIRS en NITS



Figuur 1. Speculaire en diffuse reflectie

De meeste NIRS-toepassingen zijn gebaseerd op metingen van diffuse reflectie van licht uit een van bovenaf met een lichtbundel aangestraald monster (5). Als biologisch materiaal wordt aangestraald door een lichtbundel wordt ca. 5% daarvan direct aan het oppervlak gereflecteerd. Dit heet speculaire of directe reflectie. Een klein deel (afhankelijk van de dikte en structuur van het monster) dringt in het monster en komt er aan de andere kant ook weer uit. Dit heet diffuse transmissie. Het grootste deel van het licht (70-80%) wordt (intern) diffuus gereflecteerd, dat wil zeggen dat het licht tot een bepaalde diepte in het monster dringt en vervolgens weer uittreedt (hoe diep het licht in het monster dringt, is weer afhankelijk van de structuur van het monster); afhankelijk van de organische samenstelling zal nu bij bepaalde golflengten absorptie plaatsvinden. Het verschil tussen NIRS en NITS is dat bij NIRS het diffuus gereflecteerde licht gemeten wordt, terwijl bij NITS het diffuus getransmitteerde licht gemeten wordt (zie figuur 1 en 2).



Figuur 2. Transmissie

Door de intensiteit van het diffuus gereflecteerde of getransmitteerde licht te meten en te vergelijken met de intensiteit van ijkmonsters, kan de samenstelling van het aangestraalde produkt zowel kwalitatief als kwantitatief bepaald worden. (1,3,5). Bij NIRS wordt informatie verkregen over een beperkt deel van het monster. De grootte van dit deel is afhankelijk van hoe diep het licht in het monster doordringt. Bij NITS wordt echter informatie verkregen over de gehele doorsnede van het monster omdat hier het ge-

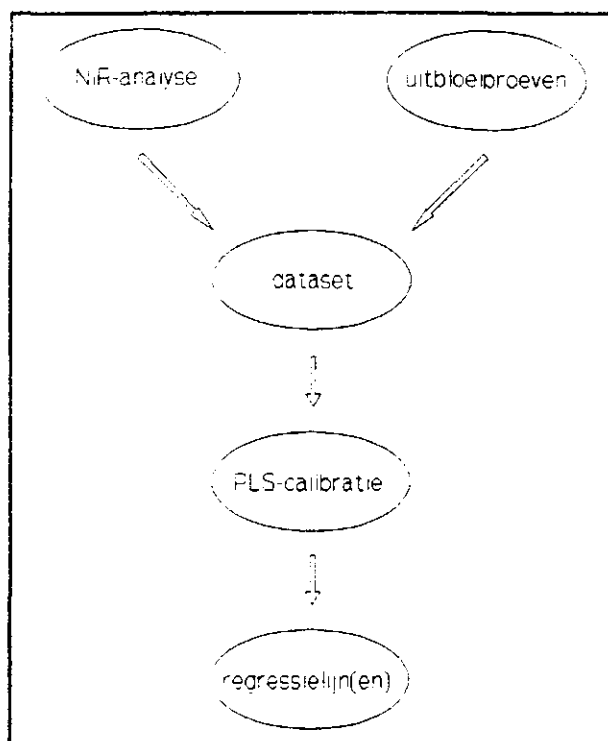
transmitteerde licht gemeten wordt. Ook worden bij NITS de metingen niet verstoord door oppervlaktereflectie.

Voor dit onderzoek had NITS nog een belangrijk voordeel boven het gebruik van NIRS: de meting was niet-destructief. Dit betekende dat de knoppen voor een meting niet van de kam verwijderd hoefden te worden. Voor een NIR-meting was dit wel noodzakelijk. Dit hield in dat bij het meten in transmissie dezelfde takken

konden worden gebruikt voor zowel de NITS-meting als voor het bepalen van de bloeipercentages (referentiebepaling).

2.2 Proefopzet

Om te komen tot een voorspellingsmodel is gewerkt volgens het schema in figuur 3. De stappen zullen in onderstaande paragrafen nader worden besproken.



2.2.1 Samenstellen van de datasets

Er zijn gedurende twee perioden gegevens verzameld:

- * periode 1: januari 1991 - mei 1991
- * periode 2: oktober 1991 - mei 1992

Periode 1 (jan. '91 - mei '91)

In deze periode zijn alleen NIR-metingen verricht. De NIR-metingen zijn uitgevoerd met een Technicon Infralyzer-500 (IA-500), gekoppeld aan een PC. Dit is een computergestuurde spectrometer, uitgerust met een monochromator. Hiermee zijn spectra opgenomen over een golflengtegebied van 600 - 2500 nm (vergelijk het spectrum van zichtbaar licht: 400 - 700 nm), waarbij om de 4 nm de reflectie werd gemeten.

Figuur 3. Schematische weergave van de proefopzet

Per monster zijn steeds drie spectra opgenomen te weten:

- * een spectrum van de stampers en meeldraden van alle eerste bloemen/knoppen van de verschillende bloeiwijzen.
- * een spectrum van alle vierde knoppen.
- * een spectrum van alle zesde knoppen.

Alle metingen werden verricht in een gesloten monstercup bij kamertemperatuur. De gemeten reflectiewaarden, verkregen bij gebruik van 475 verschillende golflengten, zijn opgeslagen in de $\log 1/R$ (R =reflectie)-vorm. Tevens werd van elk monster een referentiewaarde bepaald. Hiervoor werden van ieder monster een aantal takken op de vaas in de uitbloeiruimte gezet (20 °C, 60% RV, 12 uur licht/donker, 1,5 W/m² (TL84)). De belangrijkste waarnemingen aan de takken waren het totaal aantal knoppen per tak en het aantal open gekomen bloemen per tak. Vanwege het destructieve karakter van de NIR-metingen, zijn hiervoor andere takken gebruikt. De bloeigegevens werden uitgedrukt in gemiddelden van het aantal takken op de vaas.

Alle takken hebben steeds dezelfde transportomstandigheden gehad. De takken uit deze meetperiode waren in alle gevallen afkomstig van kwekers of uit eigen teelt. De gebruikte cultivars waren hoofdtakken en haken van 'Polaris' en 'Blue Heaven'. Zowel de spectra als de gemiddelde bloeigegevens zijn opgeslagen in drie datasets, namelijk één met spectra van meeldraden en stampers van de eerste knop met bijbehorende bloeigegevens en twee met spectra van de vierde respectievelijk zesde knop met bijbehorende bloeigegevens.

Periode 2 (okt. '91 - mei '92)

In deze periode zijn zowel NIR- als NIT-metingen verricht. De NIT-analyses zijn uitgevoerd met een NIRSystems-6500, gekoppeld aan een PC. Hiermee zijn spectra opgenomen over een golflengtegebied van 400 - 1100 nm, waarbij steeds om de 4 nm de transmissie werd gemeten. Per monster werden één NIR-meting en 14 NIT-metingen verricht. De NIR-meting werd verricht aan de meeldraden en stampers van de eerste knop (destructieve meting) op de wijze zoals in periode 1 beschreven is. De NIT-metingen werden verricht aan de intacte eerste knoppen (niet-destructieve meting). Alle metingen vonden plaats in een verduisterde ruimte bij kamertemperatuur. De gemeten transmissiewaarden, verkregen bij gebruik van 175 verschillende golflengten, zijn opgeslagen in de $\log 1/T$ (T =transmissie) vorm. De referentiewaarde voor beide metingen werd bepaald door de veertien takken waaraan de NIT-metingen waren verricht, op de vaas te zetten. Deze waarde werd op dezelfde wijze bepaald zoals beschreven bij periode 1. In deze periode zijn drie seizoenen onderscheiden: herfst (week 41-50 '91), winter (week 51-10 '91-'92) en voorjaar (week 11-18 '92). De bloemen werden wekelijks random uit de aanvoer op Bloemenveiling Holland gemonsterd; dit houdt in dat deze dataset in tegenstelling tot de dataset uit periode 1, toen alle bloemen afkomstig waren van telers, representatief was voor de aanvoer op Bloemenveiling Holland. Deze dataset is opgebouwd uit gegevens van hoofdtakken en haken van de tien toen belangrijkste enkelbloemige Freesiacultivars te weten 'Elegance', 'Polaris', 'Blue Heaven', 'Cote d'Azur', 'Cordula', 'Miranda', 'Aladin', 'Angelique', 'Magdalena' en 'Oberon'.

2.2.3 Calibratie

De volgende fase bestond uit het nagaan of er sprake is van een lineair verband tussen de NIR-spectra en de bloeigegevens (zie figuur 4).

Hiervoor is gebruik gemaakt van een tweetal regressietechnieken, te weten Multiple Lineaire Regressie (MLR) en Partial Least Squares regressie (PLS). MLR is een standaardmethode voor het aanpassen van lineaire verbanden. De methode is echter niet toepasbaar als het aantal voorspellende variabelen te groot is. PLS is een calibratiemethode voor hoogdimensionale datasets. Met PLS wordt een lineair model geconstrueerd tussen een te voorspellen variabele y en de voorspellers x_j ($j=1..p$).

De voorspellers x_j konden zijn:

* NIR-, respectievelijk NIT-data.

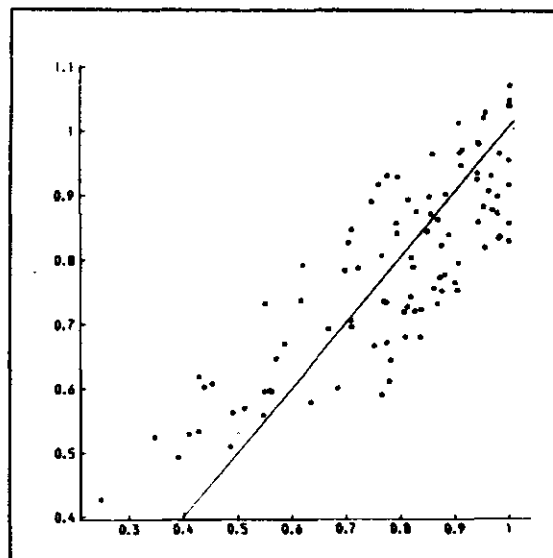
* getransformeerde NIR-, respectievelijk NIT-data (in dit onderzoek is gebruik gemaakt van zowel eerste en tweede afgeleide spectra als Multiplicatieve Scatter Correctie. Deze laatste techniek wordt gebruikt om te corrigeren voor verschillen

in deeltjesgrootte en structuur, waardoor verschillen in NIR-en NIT-spectra voor het grootste deel bepaald worden).

Naast de spectrale gegevens als voorspelers is ook gebruik gemaakt van aanvullende informatie met een mogelijke voorspellende waarde: het totaal aantal knoppen per tak, de cultivar, het type tak (hoofdtak of haak), het seizoen (herfst, winter of voorjaar) en de monsterdag (maandag, dinsdag, woensdag of vrijdag). Deze aanvullende gegevens worden hierna *additionele variabelen* genoemd.

Voor de variabele y kwamen in aanmerking:

- * het aantal opengekomen knoppen.
- * de logaritmische transformatie van het aantal opengekomen knoppen.
- * de fractie opengekomen knoppen (dit is het aantal opengekomen knoppen gedeeld door het totaal aantal knoppen).



Figuur 4. Gescoorde bloeipercentages op de vaas uitgezet tegen de met NIRS voorspelde bloeipercentages

- * de logaritmische transformatie van de fractie opengekomen knoppen.

In principe zouden met alleen PLS modellen gemaakt kunnen worden waarbij de voorspelset bestaat uit alle spectrale gegevens en de overige mogelijk voorspellende variabelen. De vrees bestaat echter dat de grote hoeveelheid NIR-/NIT-variabelen (475 respectievelijk 175 datapunten) de invloed van de overige variabelen maskeren. Daarom is in dit onderzoek gekozen voor een alternatief waarbij PLS-regressie met de spectrale data is toegepast op de residuen van het regressiemodel met de overige mogelijk voorspellende variabelen.

Het belangrijkste criterium dat gehanteerd werd, is de Root Mean Squared Error of Prediction (RMSEP). De RMSEP wordt uitgedrukt in absoluut aantal knoppen en geeft de nauwkeurigheid van de voorspelling aan. Men kan zeggen dat het 95% betrouwbaarheidsinterval van de voorspelde waarde zal liggen tussen de voorspelde waarde plus of min twee maal de RMSEP. Als een model met een RMSEP van 1,0 bijvoorbeeld voorspelt dat van een partij gemiddeld vijf knoppen zullen openkomen, kunnen er in werkelijkheid tussen de drie en zeven knoppen openkomen. Dus hoe kleiner de RMSEP, hoe groter de nauwkeurigheid van de voorspelling (6).

3. RESULTATEN

Tabel 1. RMSEP's van de belangrijkste voorspellingsmodellen

| SAMENSTELLING DATASET | VOORSPELLERS IN MODEL | RMSEP |
|---|--|-------|
| gegevens van herfst, winter en voorjaar | NIRS-gegevens | 1,50 |
| | totaal aantal knoppen, cultivar, seizoen | 0,95 |
| | NIRS-gegevens, totaal aantal knoppen, cultivar, seizoen | 0,91 |
| herfst-gegevens | NIRS-gegevens | 1,31 |
| | NIRS-gegevens, totaal aantal knoppen, cultivar, seizoen | 0,89 |
| | NIRS-gegevens | 0,97 |
| winter-gegevens | totaal aantal knoppen, type tak | 0,94 |
| | NIRS-gegevens, totaal aantal knoppen, cultivar | 0,72 |
| | NIRS-gegevens | 0,84 |
| voorjaars-gegevens | totaal aantal knoppen, cultivar | 0,73 |
| | NIRS-gegevens, totaal aantal knoppen, cultivar | 0,56 |
| | NIRS-gegevens | 1,68 |
| alleen 'Elegance' (3 seizoenen samen) | totaal aantal knoppen, cultivar, aanvoerdag | 1,22 |
| | NIRS-gegevens, totaal aantal knoppen, cultivar, aanvoerdag | 1,01 |
| | NIRS-gegevens | 1,32 |
| alleen 'Polaris' (3 seizoenen samen) | totaal aantal knoppen, cultivar | 1,12 |
| | NIRS-gegevens, totaal aantal knoppen, cultivar, aanvoerdag | 0,83 |
| | NIRS-gegevens | 1,45 |
| alleen 'Aladin' (3 seizoenen samen) | totaal aantal knoppen, cultivar | 0,89 |
| | NIRS-gegevens, totaal aantal knoppen, cultivar, aanvoerdag | 0,77 |
| | NIRS-gegevens | 1,16 |
| alleen 'Elegance' (3 seizoenen samen) | totaal aantal knoppen, seizoen | 0,79 |
| | NIRS-gegevens, totaal aantal knoppen, seizoen, aanvoerdag | 0,75 |
| | NIRS-gegevens | 1,37 |
| alleen 'Polaris' (3 seizoenen samen) | totaal aantal knoppen, seizoen, aanvoerdag | 1,24 |
| | NIRS-gegevens, totaal aantal knoppen, seizoen, aanvoerdag | 1,06 |
| | NIRS-gegevens | 0,80 |
| alleen 'Aladin' (3 seizoenen samen) | seizoen | 0,85 |
| | NIRS-gegevens, totaal aantal knoppen | 0,77 |

De verkregen datasets bestonden steeds uit een combinatie van gegevens: enerzijds zijn van alle monsters NIR-/NIT-spectra opgenomen, daarnaast is van alle monsters een referentie bepaling uitgevoerd in de vorm van uitbloei proeven.

In periode 1 zijn drie datasets verkregen namelijk die met spectra van meeldraden en stampers van de eerste knop met bijbehorende bloeigegevens, en nog twee met spectra van de vierde en zesde knop met bijbehorende bloeigegevens. In periode 2 zijn in totaal acht datasets verkregen, namelijk die met NIR-spectra van meeldraden en stampers van de eerste knop met bijbehorende bloeigegevens en die met NIT-spectra van intacte eerste knoppen met bijbehorende bloeigegevens voor herfst, winter en voorjaar. Tevens zijn datasets samengesteld met daarin de gegevens van de drie seizoenen samen.

Er konden met de beschikbare data zeer veel modellen geconstrueerd worden. Omdat zowel het aantal opengekomen knoppen als het totaal aantal knoppen per tak waargenomen was, was het mogelijk om met het absolute aantal opengekomen knoppen te rekenen maar ook met de fractie opengekomen knoppen, dat wil zeggen het aantal opengekomen knoppen ten opzichte van het totaal aantal knoppen. Tevens kon er niet alleen met iedere dataset afzonderlijk gerekend worden, het was per dataset ook mogelijk om met verschillende combinaties van voorspelers te rekenen. Zo zijn er per dataset modellen gemaakt met de NIR- of NIT-data alleen, er zijn modellen berekend met alleen de additionele variabelen en tenslotte zijn er modellen geconstrueerd met combinaties van NIR- of NIT-data en additionele variabelen. Naast het feit dat met de afzonderlijke datasets gerekend kon worden, was het ook mogelijk om voor afzonderlijke cultivars uit bepaalde datasets modellen te berekenen.

Ieder model werd gekenmerkt door de factoren die meegenomen werden in de berekeningen (NIR-/NIT-data en/of additionele variabelen) en door een eigen RMSEP. In tabel 1 zijn de RMSEP's van een aantal voorspellingsmodellen weergegeven. Hieruit blijkt dat het veel uitmaakt welke voorspellers worden meegenomen bij de berekening van het model. Uit de tabel blijkt dat factoren als cultivar, totaal aantal knoppen per tak, seizoen en aanvoerdag belangrijk zijn om de RMSEP te verkleinen, dat wil zeggen de voorspelling nauwkeuriger te maken.

In het algemeen bleek dat rekenen met de fractie opengekomen knoppen in plaats van het absoluut aantal opengekomen knoppen de beste resultaten gaf.

4. DISCUSSIE

In dit project werd gestreefd om met een bepaalde nauwkeurigheid de bloemknopopening van Freesia op de veiling te kunnen voorspellen door middel van een snelle en objectieve meting. Hoewel de grootte van de nauwkeurigheid niet beschreven stond in de projectomschrijving is later in overleg met de VBN (Commissie Kwaliteit en Sortering van Snijsbloemen) besloten dat de toets met een nauwkeurigheid van 1,0 knop moest kunnen voorspellen (dat wil zeggen dat de RMSEP dan ca. een 0,5 moest zijn). Het is vrijwel in geen enkel geval gelukt om modellen te berekenen die met bovengenoemde nauwkeurigheid konden voorspellen. Alleen met de NIT-herfst-data is een model gemaakt met een RMSEP van 0,56.

Gemiddeld over alle modellen heen lagen de RMSEP's tussen de 0,7 en 1,0; er zijn echter ook modellen berekend met een RMSEP boven de 1,0. Een combinatie van NIR-/NIT-data en additionele variabelen leverde in veel gevallen de beste modellen. Regelmatig bleek echter ook dat NIRS/NITS niet bijdroeg tot een verbetering van de voorspelling. Waarschijnlijk is met de in dit onderzoek gebruikte methoden en de verzamelde gegevens de beoogde voorspellingsnauwkeurigheid van één knop niet te verwezenlijken. Gezien het aantal metingen dat is verricht, is het ook niet waarschijnlijk dat de nauwkeurigheid/voorspelkracht wordt vergroot door meer metingen op dezelfde manier toe te voegen.

Het is niet juist om periode 1 en 2 met elkaar te vergelijken omdat de data in beide perioden op verschillende wijze zijn verkregen: in periode 1 waren de takken afkomstig van telers, in periode 2 waren de takken afkomstig uit de veilingaanvoer. Een vergelijking zou tot verkeerde conclusies kunnen leiden en is daarom niet uitgevoerd.

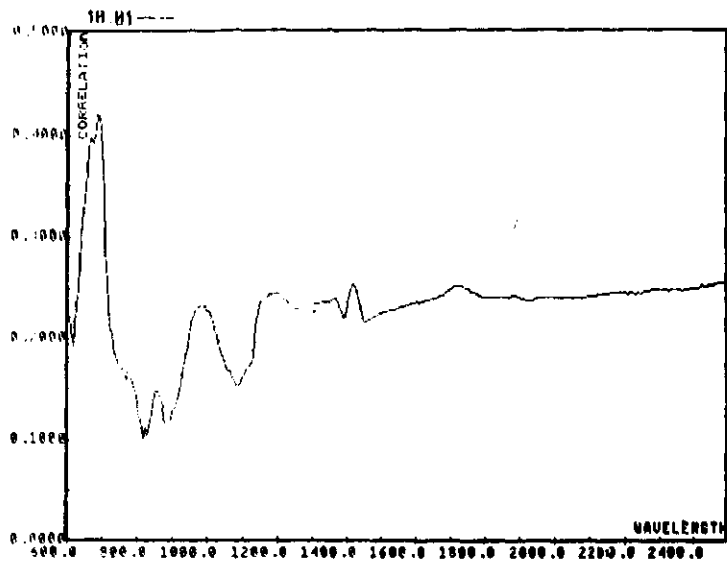
De verwachting was dat de kwaliteit van de modellen zou verbeteren door het meten in transmissie. Dit gebeurde echter niet in alle gevallen. In een aantal gevallen bleken de RMSEP van NIT-modellen iets lager te liggen dan die van NIR-modellen, maar deze verschillen waren niet spectaculair. Een mogelijke verklaring hiervoor kan gezocht worden in het golflengtegebied waarover bij NITS werd gemeten. Dit was het gebied tussen de 400 en 1100 nm; bij NIRS werd over een gebied van 600 t/m 2500 nm gemeten. Doordat in het gebied tussen 400 en 650 nm veel ruis zat, was de informatie pas bruikbaar vanaf 650 nm. In het golflengtegebied van 700 t/m 1100 nm wordt informatie verkregen van derde boventonen, afkomstig uit het middeninfrarode golflengtegebied. Van 400 t/m 700 nm wordt informatie verkregen over de hoeveelheid en type kleurstof. Daar de derde boventoon een zwakke afspiegeling is van de tweede boventoon, die op zijn beurt weer een zwakke afspiegeling is van de eerste boventoon, mag verwacht worden dat ondanks het kleine golflengtegebied dat gebruikt is bij de NIT-metingen, dezelfde basisinformatie wordt verkregen als bij de NIR-metingen (4). Alleen de informatie die aanwezig is in het golflengtegebied van 2000-2500 nm in het NIRS-spectrum, veroorzaakt door combinatietonen, wordt gemist in het NIT-spectrum. Een probleem met de derde boventonen kan zijn dat de moleculaire extinctiecoëfficiënten een factor 100 lager zijn dan die van de eerste boventonen. Dit houdt in dat het absorptieniveau van derde boventonen zeer laag, is waardoor informatie verloren kan gaan. Dit kan een verklaring zijn voor het feit dat de NIT-modellen niet veel beter zijn dan de NIR-modellen.

In eerste instantie werd gestreefd naar een model waarin alle cultivars en alle seizoenen opgenomen waren. Dit leidde echter tot modellen met hoge RMSEP's (zie tabel 1: gegevens van herfst, winter en voorjaar). Omdat tevoren al was uitgegaan van seizoens- en cultivarverschillen, zijn ook modellen berekend voor de afzonderlijke seizoenen en een aantal afzonderlijke cultivars (dit laatste overigens alleen voor de NIT-data). Per seizoen varieert de kwaliteit van de modellen sterk. De beste modellen zijn gemaakt met de NIT-herfst-data: het beste model (met als voorspellers NIT-data, cultivar en totaal aantal knoppen per tak) had een RMSEP van 0,56. In deze dataset was echter de totale spreiding in de dataset kleiner dan

die van de overige datasets. Ook per cultivar was een sterk wisselende kwaliteit van de modellen waar te nemen. Met de data van 'Polaris' waren bijvoorbeeld duidelijk minder goede modellen te berekenen dan met de data van de overige cultivars.

Bij 'slechte' modellen worden optredende verschillen in bloei dus niet waargenomen met NIRS en NITS. Een mogelijke verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat de bloei van Freesia beïnvloed wordt door

factoren die niet met NIRS of NITS te meten zijn. Hierbij valt bijvoorbeeld te denken aan plantenhormonen die in veel te lage concentraties voorkomen om zichtbaar te zijn met NIRS of NITS. Als deze stoffen van wisselende invloed zijn op de bloei veroorzaakt dit bloeiverschillen die niet met NIRS of NITS te meten zijn, zodat de modellen een wisselende kwaliteit kunnen hebben zonder dat dit direct te verklaren valt. Van iedere dataset kan een correlatiediagram (zie figuur 5) gemaakt worden.



Figuur 5. Correlatiediagram

Hierin wordt voor elke golflengte weergegeven wat de gevonden correlatie is met de bloei, eventueel na correctie voor de additionele variabelen. Bij de correlatiediagrammen van verschillende modellen is geen golflengte en/of golflengtegebied gevonden dat steeds een hoge correlatie vertoont met bloei. In sommige modellen werd als hoogst correlerende golflengte een golflengte geselecteerd die kwalitatieve informatie geeft over de mate en type kleurstof (bv. chlorofyl), in andere gevallen over de hoeveelheid water en soms over de hoeveelheid koolhydraten. Hieruit zou kunnen worden afgeleid dat soms bijvoorbeeld het rijpingsstadium bij de oogst een rol speelt bij de bloemknopopening en soms de aanwezigheid van koolhydraten. Eén en ander lijkt echter sterk afhankelijk van de cultivar en/of het seizoen.

5. CONCLUSIE

Binnen de projecttijd van 1 jaar en 9 maanden is een snelle toets om op de veiling de bloemknopopening van *Freesia* te kunnen voorspellen met de nauwkeurigheid van 1,0 knop met behulp van NIRS/NITS niet gerealiseerd. Met de verkregen data zijn echter wel een groot aantal voorspellingsmodellen berekend. Het belangrijkste probleem hierbij was de wisselende kwaliteit van de modellen. De beste modellen werden altijd geleverd door een combinatie van NIR/NIT-data en additionele variabelen. Het is niet zo dat NIRS/NITS altijd bijdroeg tot een verbetering van de modellen. Ook gaf het gebruik van NITS geen verbetering ten opzichte van NIRS.

Er kan nog geen uitspraak gedaan worden over welke golflengte(gebieden) de hoogste correlatie vertonen met bloei. Deze gebieden zijn niet eenduidig: soms vertoont 680 nm de hoogste correlatie met bloei, in andere gevallen lijkt deze golflengte niet van belang.

Voor eventueel vervolgonderzoek zijn twee aspecten van belang:

1. de eis van de Commissie Kwaliteit en Sortering van Snijbloemen van de VBN met betrekking tot de nauwkeurigheid van de voorspelling;
2. verklarend onderzoek met betrekking tot fysiologische aspecten die de bloemknopopening kunnen beïnvloeden in relatie met de spectrale informatie.

6. AANBEVELINGEN

Aan het eind van het project is een toetsmethode om door middel van een snelle, objectieve meting de bloemknopopening bij Freesia te voorspellen op de veiling, niet gerealiseerd. Twee aspecten zijn van belang bij een eventueel vervolg van dit onderzoek:

1. de eis van de Commissie Kwaliteit en Sortering van Snijbloemen van de VBN dat de toets tot op 1,0 knop nauwkeurig moet kunnen voorspellen;
2. een aantal onbeantwoorde vragen waarvoor verklarend onderzoek nodig zal zijn. Hierbij valt te denken aan onderzoek naar:
 - het golflengtegebied dat correleert met de bloei. Waarom correleert de ene keer een bepaald(e) golflengte(gebied) wel, de andere keer niet met de bloei.
 - waarom NIRS/NITS in een aantal gevallen niet of nauwelijks bijdraagt aan de verbetering van de modellen in vergelijking tot modellen die gemaakt zijn met alleen additionele variabelen. Naast de vraag over de oorzaak hiervan zou ook gekeken kunnen worden of de modellen met alleen additionele variabelen ook al niet voldoende voorspelkracht hebben. Dit is mede afhankelijk van de door de veiling gestelde eisen aan de nauwkeurigheid van de toets.
 - de kwaliteitsverschillen tussen de verschillende seizoenen en cultivars.
 - de herhaalbaarheid. Men zal moeten bekijken of modellen die in het ene jaar gemaakt zijn nog wel geschikt zijn om bloemen uit een volgend jaar te toetsen.

De twee laatstgenoemde punten geven aan dat naast kosten van aanschaf en bediening van apparatuur op de veiling, er continu kosten zullen zijn voor ijking en aanpassing van bestaande en construeren van nieuwe modellen.

LITERATUUR

1. Frankhuizen, R. en Munsteren, A.J. van (1987)
Literatuuronderzoek naar niet-destructieve metingen bij de kwaliteitscontrole van fruit en groente m.b.v. lichttransmissie
Intern Rapport Rikilt-DLO Wageningen, nr. 87.54
2. Frankhuizen, R. en Tusveld, M.A.H. (RIKILT-DLO)
Meeteren, U. van en Sytsema-Kalkman, T. (PBN) (1990)
Oriënterend onderzoek naar de mogelijkheden van NIRS als meettechniek voor de voorspelling van bloemknopopening van freesia's.
RIKILT-rapport nr. 90.04
3. Kradjel, C., Koppel, R., Mazzei, A.
Application of Near Infrared Analysis in the Dairy Industry.
Bran & Luebbe
4. Murray, I. and Williams, P.C.
Chemical principles of near-infrared technology.
In: Williams, Ph. and Norris, K. (Editors)
Near-infrared technology in the agricultural and food industries.
American Association of Cereal Chemist, Inc.
pag. 17-34
5. Section 2- NIR-Techniques
6. Voet, H. van der (1992)
Statistische methoden toegepast bij het onderzoek naar de voorspellende waarde van NIRS/NITS voor knopopening van freesia's.
Intern GLW-DLO rapport nr. HVO-92-10
7. Woodson, W.R. (1987)
Postharvest handling of bud-cut Freesia-flowers.
HortScience vol. 22(3), pag. 456-458