

Activiteitenverslag en eindrapportage 'Leerstoel Fysiologie van de Bloembollen'

Onderdeel van Wageningen Universiteit & Research
Departement Plantenfysiologie
Mei 2012 – Mei 2017



Productschap  Tuinbouw



Ministerie van Economische Zaken



KONINKLIJKE
ALGEMEENE VEREENIGING VOOR
BLOEMBOLLENCULTUUR

**Activiteitenverslag en eindrapportage
'Leerstoel Fysiologie van de Bloembollen'**

Wageningen, mei 2017

Projectnr.: 14299

Kenmerk: hon-14299-111121.doc

Aangesteld personeel:

Dr. Ir. Richard G.H. Immink (Bijzonder hoogleraar; 0,2 FTE, 5 jaar)

Mevr. Melissa Leeggangers (AIO; 1 FTE, 4 jaar)

Mevr. Natalia Moreno Pachon (AIO; 1 FTE, 4 jaar)

Ondersteunende analisten en bioinformatici

Leden adviescommissie:

Sjaak Langeslag (KAVB; voorzitter)

Daniëlle Kroes (KAVB: secretariaat)

Puck Bonnier (Directie Plantaardige Agroketens en Voedselkwaliteit Ministerie EZ; agendalid)

Bas Brandwagt (Royal van Zanten)

Carlo Randag (Sande Breeding)

Paul Bijman (Tulip Trade, Borst Bloembollen)

Henk Gude (WUR-PPO Lisse)

Samenvatting

Van 2012 tot 2015 heeft fundamenteel onderzoek plaatsgevonden bij Wageningen Universiteit naar de fysiologie van bloembollen met nadruk op bloei en vermeerdering in tulp. Dit onderzoek heeft een goede basis gelegd voor een duurzame en efficiënte veredeling en teelt van bolgewassen in Nederland. Er is inzicht verkregen hoe tulpen zullen reageren op een veranderend klimaat en een opwarmende aarde, en hoe een teler d.m.v. milieuvriendelijke maatregelen de bloei en aanleg van dochterbollen kan sturen. Nederland bezit op dit moment wereldwijd de koppositie in de teelt, veredeling, en handel van bloembollen. Om deze positie te behouden en om de sector te verduurzamen is goed fundamenteel onderzoek en translatie van deze kennis essentieel en zal dit structureel gefinancierd dienen te worden.

Doelstelling en missie

Nederland is wereldmarktleider in de bloembollenteelt. De sector staat echter voor een groot aantal belangrijke uitdagingen vanwege de toenemende concurrentie door mondialisering en de eis van de consument en overheid om duurzaam te telen. Het doel van de leerstoel “Fysiologie van de Bloembollen” is om fundamentele kennis over fysiologische processen in bollen te verkrijgen, die ertoe moet leiden dat de bollenteelt en -broeierij ook in de toekomst op duurzame wijze haar innovatieve karakter kan vasthouden. Benoemde focus punten zijn bolvermeerdering en bloemaanleg, omdat deze biologische processen de basis vormen voor: (I) Het efficiënt verkrijgen van kwalitatief goed uitgangsmateriaal; (II) Van belang zijn voor een duurzame broeierij; (III) Essentieel zijn om d.m.v. veredeling gewenste eigenschappen zoals ziekte en plaagresistenties in te kruisen.

Om het doel te bereiken zal de buitengewoon hoogleraar voor een periode van 5 jaar een team van onderzoekers aansturen bestaande uit twee nieuw aan te stellen PhD studenten, ad-hoc begeleidend personeel (technische analisten en bioinformatici) en bachelor en masterstudenten van Wageningen Universiteit (WUR) of andere opleidingsinstituten. De hoogleraar zal daarnaast intensief contact onderhouden met andere disciplines binnen het bollenonderzoek, zoals de veredeling, en het toegepaste onderzoek bij WUR-PPO, en alle andere spelers in de bollensector. Tot slot zal de hoogleraar zich inzetten voor het verkrijgen van financiering voor vervolgonderzoek om deze ingeslagen weg veilig te stellen en voort te zetten na afloop van de 5-jarige termijn.

Verwachte en behaalde resultaten

Onderzoek

Voor een gedetailleerd verslag van de wetenschappelijke uitkomsten verwijs ik graag naar de twee proefschriften, die als product zijn/worden opgeleverd:

- I. **‘The hot, the cold and the tulip’, Hendrika A.C.F. (Melissa) Leeggangers.** (31-01-2017). <http://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/399601>
- II. **‘Mechanisms of vegetative propagation in bulbs - A molecular approach’, Natalia María Moreno-Pachón.** (12-10-2017).

Het manuscript van het proefschrift wordt op dit moment geëvalueerd door de promotiecommissie en zal naar verwachting 12 oktober a.s. verdedigd worden. Op dat moment zal dit proefschrift online beschikbaar komen via de bibliotheek van WUR.

Hieronder kort een Nederlandse samenvatting van de uitkomsten van het fundamentele onderzoek. De leeropdracht was om onderzoek te doen naar bloei (bloemaanleg) en vegetatieve vermeerdering (bolvermeerdering) in tulp. Op basis van deze leeropdracht is een PhD student aangesteld om onderzoek te doen naar bloeieregulatie in tulp en een PhD student om onderzoek te doen aan vegetatieve vermeerdering in bolgewassen.

I. Bloeiregulatie in tulp

In relatie tot bloei zijn er bij de start van de bijzondere leerstoel drie 3 vragen naar voren gebracht, die aandacht vragen en van groot belang zijn voor de veredeling en/of broeierij van tulpen. Dit zijn:

1. *Waarom heeft tulp zo'n lange juveniele fase en hoe zou deze verkort kunnen worden? Van tulpenzaad tot een bloeibare tulp duurt gemiddeld 5 jaar (3-7 jaar afhankelijk van de genetische achtergrond).*
2. *Hoe vindt onder invloed van warmte de inductie van bloei plaats in de hoofddochterbol (A-bol genaamd) gedurende de zomer/einde voorjaar?*
3. *Wat is de rol van winterkou in de onderdrukking van rust in de tulpenbloemknop en stengel? Zonder voldoende kou blijft de bloeistengel zeer kort en de aanwezige bloemknop vaak dicht. Wat gebeurt er nu eigenlijk gedurende deze koude periode en hoe kunnen we dit beter sturen?*

Op basis van de beschikbare financiële middelen en de wensen van de sector, vertegenwoordigd door de adviescommissie, is ervoor gekozen om in het onderzoek in relatie tot bloei alleen aandacht te geven aan vraagstelling 2 en 3 (Onderzoek PhD1: Melissa Leeggangers). Op verzoek van de adviescommissie is de nadruk gelegd op teelt/broeierij gerichte problemen, zoals bloemverdroging (gekoppeld aan vraagstelling 2) en degeneratie en niet goed uitgroeien van grote maat tulpenbollen (gekoppeld aan vraagstelling 3).

In tegenstelling tot wat vaak gedacht wordt is het niet kou maar warmte die een tulpenbol aanzet tot het vormen van een bloemknop. Om dit verder te onderzoeken in relatie tot bovengenoemde vraagstelling 2, zijn tulpen in kratten in het veld in de vollegrond gezet in november. Na de bloei in het voorjaar zijn de bollen begin juni met krat en al verplaatst naar een klimaatcel met dezelfde daglengte als buiten. De helft is geplaatst in een klimaatcel bij 8-9 graden Celsius en de andere helft bij 18 graden Celsius. Wekelijks is de ontwikkeling van de groeipunt in de hoofddochterbol bepaald. De eerste 5 weken is er geen verschil waarneembaar tussen de twee temperaturen. Vanaf week 6 zijn echter de eerste verschillen waarneembaar en vind er duidelijk inductie van bloei plaats bij de 18 graden, terwijl de bollen bij 8-9 graden vegetatief blijven. In deze tijdsreeks is gekeken hoe de expressie van genen veranderd in de bollen die tot bloei zijn geïnduceerd door warmte en bollen die in de kou hebben gestaan. Hieruit is gebleken dat al vanaf het begin van het experiment potentiële bloei-onderdrukkende genen omlaaggaan in activiteit onder invloed van de hoge temperatuur. Dit blijkt de start te zijn van een cascade aan genregulatie, die uiteindelijk ervoor zorgt dat de sleutelgenen van belang voor bloemvorming worden aangezet. Dit blijkt rond zes weken na de start van het experiment te gebeuren. Een tijdstip ver voordat er met het oog iets is te zien aan de groeipunt in de bol. Naast de inductie van bloei vindt er ook inductie van genen plaats die betrokken zijn bij de afrijping van de bol en de inductie van de zogenaamde zomerrust. Dit zijn waarschijnlijk ook warmte gestuurde processen want ze worden niet geactiveerd in de bollen van dezelfde leeftijd die in de kou staan. Vervolgens is in 6 verschillende cultivars met uiteenlopende vroegheid van bloei bepaald of de activiteit van de gevonden potentiële activators en onderdrukkers van bloei correleert met het tijdstip van de vorming van het bloemknopje. Dit bleek het geval te zijn. Opvallend was echter dat er geen correlatie was tussen vroegheid in de vorming van het bloemknopje en vroegheid van bloei het voorjaar daarop. Hieruit blijkt dat de laatste eigenschap met name wordt bepaald door de gevoeligheid voor winterkou om het gevormde bloemknopje weer uit zijn rust te halen in het voorjaar. De veel geteelde cultivar "Stronggold" legt bijvoorbeeld als een van de eerste cultivars zijn bloemknopje aan maar is een relatief late bloeier in het volgende voorjaar door een relatief lange winterrust.

De activiteiten in dit project hebben een hele serie aan moleculaire merkers opgeleverd, die gebruikt kunnen worden om de allereerste aanleg van een bloemknopje te volgen al maanden voordat er visueel iets zichtbaar is aan de groeipunt. Deze kennis biedt tulpentelers de mogelijkheid om veel gericht het optimale moment van oogsten te bepalen en kan informatie geven of het bijvoorbeeld verstandig is om tijdens de bewaring nog een veel energie kostende warmtebehandeling te geven. Onderzoek dat in parallel aan deze studie heeft gelopen is gericht geweest op het identificeren van het

zogenaamde bloeihormoon 'Florigen' (FT). In de modelplant Zandraket (*Arabidopsis thaliana*) wordt dit eiwitje gemaakt in het blad en gaat het vandaar op transport naar de groeipunt waar het de bloei initieert. Of dit in tulp ook zo is hebben we nog niet kunnen bevestigen maar wel hebben we gevonden dat ook tulp een FT-eiwit aanmaakt in de moederplant en dat dit eiwitje bloei kan activeren in de zandraket. Daarnaast zijn andere FT-achtige eiwitten gevonden. In ui is bekend dat er naast Florigen een FT-eiwit is dat bolvorming kan stimuleren. Op basis van het onderzoek gedaan in tulp zou TgFT3 een goede kandidaat zijn voor deze functie in tulp.

In relatie tot vraagstelling 3 is er gedurende de gehele periode van bewaring van bollen in de schuur en gedurende de winterperiode in het veld gekeken wat er binnenin de groeipunt en bolschubben gebeurt met genactiviteit en het metabolisme. Hieruit is gebleken dat kou de expressie van het *Alfa-amylase gen (AMY)* activeert. Dit gen codeert voor het enzym dat zetmeel afbreekt in bruikbare suikers. Als gevolg hiervan neemt de hoeveelheid vrij opneembare suiker toe in de bol onder invloed van de winterkou. Uit het onderzoek is gebleken dat de groei van de tulpenstengel (strekking) en verdere ontwikkeling van de tulpenbloem perfect gecorreleerd is met deze suiker beschikbaarheid. Zoals verwacht neemt in zijn algemeenheid de genactiviteit in de bolschubben toe als er voldoende koude is geweest en is dit hetzelfde in de bloemknop. Opvallend is echter dat in de laatste weken van bewaring er met betrekking tot genexpressie veel veranderingen zijn in de bloemknop terwijl deze volledig in rust lijkt te zijn. De bol bereid zich intern dus al voor op wat gaat komen (planten en winterkoude). Hieruit blijkt dat deze processen worden aangestuurd vanuit de bol en niet vanuit zijn omgeving (de omgevingscondities blijven namelijk gelijk in deze periode). Een vergelijkbaar fenomeen zien we voor het aanschakelen van het fotosynthese apparaat. Dit gebeurt al voordat de spruit boven de grond komt en wordt dus ook intern aangestuurd en niet onder invloed van licht als de spruit boven de grond komt! Deze kennis kan gebruikt worden om te bepalen wat het juiste moment is om te planten en of het verstandig is om bijvoorbeeld nog een temperatuurbehandeling te geven gedurende de laatste weken van bewaring in de bollenschuur.

Bolvorming en vegetatieve vermeerdering

Met betrekking tot dit onderwerp zijn de volgende vraagstellingen naar voren gebracht bij de start van de leerstoel:

1. *De natuurlijke vegetatieve vermeerderingsfactor van tulp is laag (2-4 dochterbollen van voldoende formaat voor bloei/broeierij). Wat is de genetische variatie/genetische potentie voor deze eigenschap in tulp?*
2. *In tegenstelling tot bijvoorbeeld lelie ('scaling') is er geen efficiënt protocol voor in-vitro vegetatieve vermeerdering in tulp. Waarom is tulp zo recalcitrant?*

Vegetatieve vermeerdering is het onderwerp geweest van de PhD studie van Natalia Moreno Pachon. Om inzicht te krijgen in de genetische component die ten grondslag ligt aan de variatie in vegetatieve vermeerdering in tulp is in het eerste jaar de populatie van het departement "Plantenveredeling" van WUR geanalyseerd. Deze populatie is verkregen uit een soortskruising tussen *Tulipa gesneriana* x *Tulipa fosteriana* en bestaat uit 100 lijnen. Het doel van dit onderzoek was om zogenaamde Quantitative Trait Loci (QTLs) te identificeren voor vegetatieve vermeerderingscapaciteit. Volgens onderzoekers van "Plantenveredeling" was er variatie in de efficiëntie van dochterbolvorming in de soortkruisingspopulatie. Deze variatie bleek inderdaad aanwezig te zijn. Er kon echter in slechts 3 klassen gescoord worden (1, 2, of 3 dochterbollen van voldoende formaat). Deze lage resolutie, samen met het relatief kleine aantal beschikbare lijnen (100) en het beperkte aantal beschikbare merkers, heeft ons laten besluiten om niet verder te gaan met deze genetische aanpak.

Vervolgens is de vorming, ontwikkeling en uitgroei van dochterbollen in tulp in een normaal groeiseizoen in het veld in detail in kaart gebracht. Dochterbollen ontstaan uit axillaire knoppen (meristemen) in de oksels van de bolschubben. Op het moment van rooien van de bollen bleek dit exact volgens het verwachte patroon te gaan zoals bekend van andere planten met de eerste aanleg en uitgroei van de axillaire groeipunten in de oksels van de bolschubben die het verst verwijderd zijn van de hoofdgroeipunt (apicale dominantie theorie). Gedurende de bewaring en na planten en verdere groei van deze bol bleek dit patroon echter te veranderen doordat de A-knop (de knop het dichtst bij

de hoofdscheut) snel uitgroeide terwijl de D-knop (midden in de bol) na initiatie bijna niet verder groeide (dormantie vertoont). Als resultaat hiervan waren er aan het einde van het seizoen twee gradiënten van groei waarneembaar met de sterkste uitgroei van de A (binnenste) en H bol (buitenste dochterbol) en de minste groei van de C en D-knoppen (binnenste dochterbollen). Dit patroon sluit perfect aan bij een 'sink-source' hypothese. De centrale scheut met bloemknop produceert namelijk energie d.m.v. fotosynthese en ook de H-knop vormt vaak een vlagblad boven de grond met fotosynthese capaciteit. Deze twee bronnen kunnen er dus in theorie voor zorgen dat de binnenste en buitenste okselknop het snelst uitgroeien. Om te testen of deze hypothese klopt zijn A, D en H-bolletjes van vergelijkbare grootte op 0 en 6% suiker gezet *in vitro*. Als de 'sink-source' hypothese correct is dan wordt er verwacht dat de A, D en H-knop even snel groeien. Dit bleek echter niet het geval. Zowel de A als H-knop gaven op 6% suiker na 2 maanden een flinke toename in drooggewicht te zien. De D-knop bleef echter op suiker wel in leven maar groeide niet!

Uit onderzoek in andere plantensoorten is bekend dat de TCP transcriptiefactor *TB1/BRC1* een centrale speler is de aansturing van uitgroei van axillaire knoppen. *TB1/BRC1* is een sterke onderdrukker van uitgroei. Expressie analyse laat zien dat dit mogelijk ook in tulp de oorzaak is van de blokkade in uitgroei van de D-knop, ondanks de aanwezigheid van voldoende suikers (source). Verdere empirische weefselweek experimenten hebben laten zien dat o.a. sucrose en cytokinine de activiteit van *TgBRC1* kunnen onderdrukken en daarmee de uitgroei van de dochterbollen kunnen stimuleren. Ook ethyleen lijkt hier een rol in te spelen. Deze kennis kan gebruikt worden in de toekomst om dochterbolvorming te stimuleren (gedurende teelt voor uitgangsmateriaal) of juist te onderdrukken (in de broeierij waar het doel is om een zo zwaar mogelijke en kwalitatief goede bloem te krijgen).

Voor een efficiënte *in vitro* vermeerdering van tulp is het van belang dat er op een explantaat een groot aantal meristemen geïnduceerd kunnen worden en dat deze groeipuntjes zich eenvoudig en snel ontwikkelen tot bolletjes i.p.v. bladvormende scheutjes. Omdat de weefselweek en empirische aanpak die over de laatste 50 jaar is toegepast in het tulpenonderzoek nauwelijks verbeteringen heeft opgeleverd op dit vlak is er besloten om eerst de verschillende stappen van regeneratie op morfologisch en moleculair niveau goed in kaart te brengen. Er is hierbij voor gekozen om dit in lelie te doen omdat dit gewas eenvoudig *in vitro* is te vermeerderen volgens het zogenaamde 'scaling' protocol. Uit dit onderzoek is gebleken dat de epidermis aan de binnenzijde van de bolschub essentieel is voor de vorming van nieuwe scheutjes. Om meer inzicht te krijgen in de onderliggende mechanismen is er een genoom-brede expressie analyse gedaan gedurende de initiatie van groeipuntjes op de bolschubben in lelie. Op basis hiervan zijn een aantal potentiële sleutelgenen voor regeneratie geselecteerd, waaronder enkele genen die mogelijk het belang van de epidermis kunnen verklaren. Daarnaast is gebleken dat de eerste wondreactie van essentieel belang is voor het aanschakelen van het regeneratieproces en dat hier mogelijk epigenetische processen bij betrokken zijn. Deze kennis in lelie kan nu vertaald worden om nieuwe methoden te ontwikkelen om *in vitro* vermeerdering van tulp te optimaliseren.

Onderwijs

Naast het begeleiden van de twee PhD studenten werd er verwacht dat de buitengewoon hoogleraar MSc studenten zou begeleiden en betrokken zou zijn bij het overige onderwijs van de leerstoel "Plantenfysiologie", o.a. in de vorm van gastcolleges over fysiologie van bloembollen in bestaande cursussen en het ontwikkelen van *Capita selecta* (serie lezingen/werkcolleges). Hieronder worden de verschillende activiteiten die hebben plaatsgevonden samengevat.

Begeleiding MSc studenten:

In totaal hebben 6 MSc studenten hun master thesis gedaan bij de leerstoel, waaronder 5 studenten van WUR en 1 studente van de Vrije Universiteit in Amsterdam (periodes van 6-9 maanden). Er is o.a. gewerkt aan bloeiregulatie in tulp, vermeerdering in tulp en lelie en bloemontwikkeling in *Chasmanthe floribunda Saturnus*.

Begeleiding BSc studenten, gaststudenten en gastmedewerkers:

Eén WUR BSc student heeft zijn thesis succesvol afgerond bij de leerstoel en aan 2 HBO studenten is een stage plaats verleent (periode van 6 maanden). Zij hebben gewerkt aan bloeiregulatie in tulp en

het opzetten van Virus Induced Gene Silencing (VIGS) in tulp. Daarnaast zijn er twee Erasmus studenten uit Spanje opgeleid (periode van 9 maanden) en is er begeleiding geboden aan een gastmedewerker uit Israël (9 maanden; Post-doc). Tot slot is er 1 student assistent aangesteld geweest en begeleid voor 2 maanden om Natalia Moreno Pachon te ondersteunen in het afronden van haar laatste experimenten.

Colleges en verzorgde cursussen:

Jaarlijks zijn in de WUR-BSc cursus "*Reproductie van planten*" (150 – 185 BSc studenten/college jaar) de colleges over de regulatie van bloei gegeven door de bijzonder hoogleraar "Fysiologie van de bloembollen" en deze cursus heeft in 2016 de 'Excellent education award' van WUR ontvangen. Daarnaast is een nieuwe 'advanced' vrije-keuze cursus opgezet voor MSc studenten van WUR met als titel: "*Trends in plant reproduction: From flowers to seeds*". De cursus is reeds 3 college jaren succesvol gegeven en gecoördineerd door de bijzonder hoogleraar 'Fysiologie van de bloembollen' (10-25 studenten/college jaar). Vanwege het succes zal deze cursus ook in het volgende college jaar nog worden gegeven (2017/2018) en daarna zal een evaluatie en beoordeling plaatsvinden om te bepalen of de cursus vast in het curriculum kan worden opgenomen.

4 oktober 2016 is er in samenwerking met Dr. Paul Arends van het departement "Plantenveredeling" een cursus verzorgt over nieuwe trends in bloembollenonderzoek voor HBO docenten. Van deze docentendag is een verslag verschenen in het vakblad "Bloembollenvisie". 6 december 2016 is het avondprogramma verzorgt van de cursus "*Innovatieve Ontwikkelingen Tulpenbroei*" voor 20 tulpenbroeiers uit Noord-Holland.

Acquisitie

Het verkrijgen van additionele financiering en nieuwe projecten om het fundamenteel onderzoek te versterken en door te zetten na de looptijd van 5 jaar was een belangrijke opdracht voor de aangesteld bijzonder hoogleraar. Deze taak is daarom vol enthousiasme opgepakt en een breed scala aan nieuwe projectvoorstellen is ingediend. Helaas was dit in veel gevallen niet met het succes waarop was gehoopt. Dit komt onder andere door:

1. Geen track-record in het veld en moeten starten vanaf de basis. Voor fundamenteel onderzoek staat kwaliteit van het voorgestelde onderzoek en de onderzoeksgroep voorop. Het onderzoek moet vernieuwend zijn en de aanvragende groep moet bij voorkeur duidelijk zijn sporen hebben verdiend in het onderzoeksveld. Deze beide punten waren een probleem. Omdat er bij de start van de leerstoel nog nauwelijks moleculaire data aanwezig was voor tulp en lelie moest er eerst geïnvesteerd worden in het verkrijgen van een solide basis. Dit vergt tijd en vraagt om gedegen onderzoek gebaseerd op zich reeds bewezen technologie. Dit staat haaks op het doen van uitdagend nieuw en risicovol onderzoek. Ten tweede moest de track-record van de aangestelde hoogleraar op het gebied van onderzoek in bloembollen volledig vanaf de basis worden opgebouwd. Dit vraagt tijd! Het hebben van een track-record is echter essentieel voor succes in competitieve wetenschappelijke calls, wat blijkt uit het feit dat andere aanvragen gedaan in dezelfde periode waarvoor de hoogleraar wel een trackrecord had wel succesvol waren.
2. Versnippering en het ontbreken van 'grote spelers' in de bloembollensector. De bloembollensector is een traditionele sector met relatief veel familiebedrijven en tot begin 2017 geen enkel groot veredelingsbedrijf zoals bijvoorbeeld Syngenta, Rijk Zwaan, Bejo of Enza in de groentesector. Tegenwoordig is er voor een groot aantal calls cofinanciering nodig van bedrijven (TKI, NWO-Groen, etc.). Voor een meerjarig wetenschappelijk onderzoeksproject lopen deze bedragen al snel op tot boven de 50 k€. Een bedrag dat niet is op te brengen door de relatief kleine spelers in deze sector.

Hieronder wordt een overzicht gegeven van de projectvoorstellen die zijn geschreven en ingediend:

- 02/2013: NCI-CIPY hotel voorstel 'Tulip transcriptome sequencing: Blooming business' (13,5 k€; niet gehonoreerd).

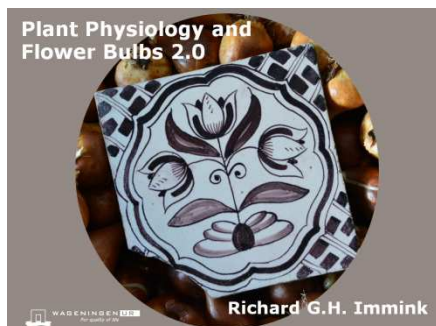
- 04/2013: ERA-CAPS voorstel 'Molecular and physiological markers for cold acquisition, dormancy release and flowering time control in geophytes' (250 k€, niet gehonoreerd).
- 04/2013: ERA-CAPS voorstel 'Plasticity of flowering time in response to environmental signals in Arabidopsis thaliana' (250 k€, gehonoreerd. In dit project is onderzoek gedaan hoe de modelplant zandraket in staat is om zijn bloeitijdstip aan te passen aan de omgevingstemperatuur. De basiskennis opgedaan in dit project is succesvol gebruikt om belangrijke geconserveerde sleutelgenen te vinden die temperatuur-gestuurde bloei regulatie in tulp).
- 10/2013: ZonMw Technologie hotel voorstel 'Metabolic changes during dormancy release in tulip' (30 k€, gehonoreerd. Dit onderzoek is de basis geweest voor het werk beschreven in hoofdstuk 6 van het proefschrift van Melissa leeggangers en heeft inzicht gegeven hoe tulpenbroeiers het moment van bloei beter kunnen sturen door met de koude periode te variëren en wat de mogelijke oorzaak is van het verschil in vroegheid van bloei in het voorjaar in verschillende tulpen rassen).
- 10/2014: EMBO-fellowship aangevraagd voor Francisco Nuñez de Caceres 'Rol van FT-familie genen in bloei en vermeerdering van tulp' (200 k€, niet gehonoreerd).
- 02/2015: Brainstormsessies en eerste draft voorstel geschreven voor de *TKI Uitgangsmaterialen* call over 'Tulip genome sequencing and molecular marker development'. In samenwerking met Prof. Joost Keurentjes (UvA/WUR) en Dr. Paul Arends (WUR, Plantenveredeling). Dit voorstel is uiteindelijk niet ingediend omdat de beoogde partners uit de sector de vereiste in-cash en in-kind bijdrage niet konden opbrengen.
- 2014 & 2015: Twee EU-cost action proposals geschreven en ingediend 'European research network to support innovative breeding and sustainable production systems for bulbous plants'. Gecoördineerd door Rosa Victoria Molina Romero (Valencia, Spanje) en Rina Kamenetsky (Israël). Beide niet gehonoreerd.
- 08/2015: Innovatie voucher ingediend 'Dubbele bloemen in lelie' voor Iribov (7,5 k€, gehonoreerd). In dit project is de mogelijke oorzaak van het ontstaan van zogenaamde 'dubbele bloemen' in lelie bepaald met behulp van moleculaire technieken.
- 08/2015: NWO Groen I voorstel ingediend 'Towards sustainable flower bulb production by improved propagation' (270 k€, 15 % co-financiering KAVB; niet gehonoreerd).
- 08/2015: NWO VICI proposal geschreven en ingediend 'Hot Science: Ambient temperature control of plant reproduction' (1500 k€; niet gehonoreerd).
- 12/2015: Mede-indiener van PRO-RAAK-voorstel (hoofdaanvrager: Generade/Initiatief tulp, Leiden) 'Sequencen tulp genoom' (1000 k€, niet gehonoreerd).
- 2015 en 2016: Tweemaal STW-perspectief programma ingediend als mede-aanvragen (coördinatie door Prof. Michel Haring, UvA) (2500 k€, beide niet gehonoreerd).
- 04/2017: NWO Groen II voorstel geschreven en ingediend samen met Dr. Marcel Proveniers van Utrecht Universiteit 'Life Cycle Shortening: The key towards sustainable tulip production' (723 k€, 10% cofinanciering Dummies Orange; Dit voorstel wordt op dit moment beoordeeld).
- 06/2017: Voorstel geschreven en ingediend bij de KAVB voor een tweede termijn leerstoel (5 jaar, 0,2 FTE Hoogleraar, 250 k€; Dit voorstel wordt op dit moment beoordeeld. Beoogde financiering vanuit bedrijfsleven bloembollensector en sierteelt).
- Gepland 08/2017 NWO-TTW VICI voorstel "Temperature proof Plant Reproduction" (1500 k€).

Maatschappelijke relevantie en public relations

Van de buitengewoon hoogleraar werd verwacht dat hij door middel van lezingen, publicaties en het organiseren van wetenschappelijke en populaire bijeenkomsten de (Nederlandse) bollensector en haar investering in onderzoek gericht op een duurzame bollenteelt in het nieuws brengt. In deze context zijn de volgende activiteiten ondernomen:

- 11/2012: Officiële kennismaking tussen de hoogleraar en de aangestelde PhD studenten en de bollensector op een Narcissen teeltbedrijf in Zuid-Holland.
- 11/2012 (en jaarlijks terugkerend tot 2016): Bezoek aan Lelieteler en ambassadeur van de lelieteelt in het Noord-Oosten van Nederland, Hans v.d. Heijden in Vledder (Drenthe).
- 12/2012: Bezoek en kennismaking met Proeftuin Zwaagdijk (Noord-Holland) en tulpenadviseur Jan Mantel.
- 12/2012: Bezoek en lezing bijeenkomst Tulpen studieclub CNB Bovenkarspel (Noord-Holland).
- 02/2013: Workshop op Open Dag PPO-bloembollen nieuwe stijl.
- 07/2013: Werkbezoeken Entius Lelie, Gulik Tulpen en Gebroeders Klaver (Noord-Holland).

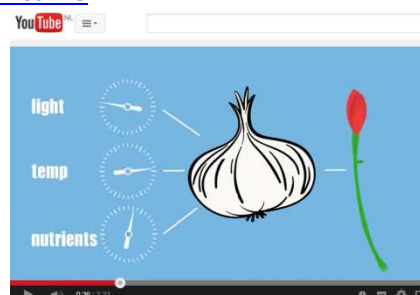
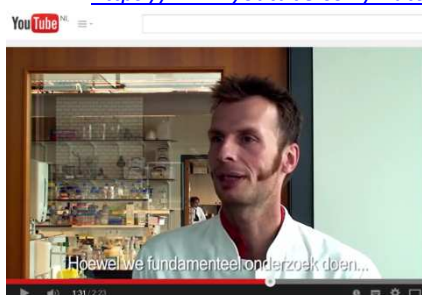
- 09/2013: Werkbezoek Genetwister Wageningen.
- 09/2013: Ontvangst, rondleiding en gesprekken voor mogelijkheden samenwerking Dr. Michele Zaccai (Israël).
- 12/2013: Werkbezoek tulpentelers Sjaak en Thijs van den Berg (Noord-Holland).
- 01/2014: Gesprek met Cia Kroon, Gemeenteambtenaar Lisse, over mogelijkheden opzetten Flower Science Centre.
- 01/2014: Bezoek Barbara Gravendeel, Naturalis Leiden.
- 01/2014: Poster presentatie voortgang onderzoek op 'Dag van de Tulp' bij proeftuin Zwaagdijk (Noord-Holland).
- 02/2014: Workshop op 'Dag van de Lelie', Emmeloord.
- 03/2014: Kennismaking en presentatie voortgang onderzoek bij DLV Hillegom.
- 03/2014: Deelname aan Flower Science Conferentie, Keukenhof, Lisse.
- 05/2014: Werkbezoek tulpentelers Gebr. Klaver samen met adviseur Michel Smit van Smit Clitrans.
- 06/2014: Workshop voor tulpenstudiegroep Noord-Holland in Wageningen.
- 06/2014: Presentatie voortgang onderzoek voor tulpenveredelaars (o.a. Hobaho, Lisse).
- 11/2014: Inaugurale rede, Wageningen.



- 01/2015: Werkbezoek PPO Lisse en Hobaho, Lisse.
- 01/2015: Workshop op 'Dag van de Tulp' bij Proeftuin Zwaagdijk (Noord-Holland).
- 03/2015: Workshop voor studieclub tulp uit Zeeuws-Vlaanderen onder begeleiding van Mol Agrocom.
- 05/2015: Werkbezoek Iribov (Noord-Holland).
- 09/2015: Workshop 'initiatief tulp', Generade, Leiden.
- 12/2015: Seminar op het NVPW symposium 'Life cycle shortening in bulbs: how to speed-up vegetative and sexual propagation?'.
- 02/2016: Workshop op 'Dag van de Lelie', Emmeloord.
- 04/2016: Lezing voor Turkse delegatie (bollentelers, docenten en afgevaardigden overheid).
- 12/2016: Lezing 'Flower Science Symposium' gemeente Lisse.
- 12/2016: Lezing als onderdeel van 'Tulpenbroei cursus', Noord-Holland, voor 20 tulpenbroeiërs.
- 12/2016: Werkbezoek Dümme Orange (zuid Holland).
- 02/2017: Lezing over voortgang onderzoek op tulpentelers avond MolAgrocom, Zeeuws-Vlaanderen (~50 tulpentelers en broeiërs).
- 02/2017: werkbezoek TTW-landbouwadviseurs (Zeeuws-Vlaanderen).
- 03/2017: Werkbezoek Gourmet (uien en knoflook verwerker en veredelaar, Noord-Holland).

Naast bovengenoemde lezingen, werkbezoeken, georganiseerde workshops, etc. zijn er ter promotie van het onderzoek en om een breed publiek te bereiken een aantal voorlichtingsfilmpjes gemaakt en op YouTube geplaatst:

- <https://www.youtube.com/watch?v=vEXUYiCOH78>



- <https://www.youtube.com/watch?v=IQdq5Q8cdAU>
- <https://www.youtube.com/watch?v=MoGs8w0WeFs>

Daarnaast is er op de website van Wageningen Universiteit informatie te vinden over het onderzoek en is er bijvoorbeeld aandacht besteed aan de activiteiten via persberichten van de WUR en een zogenaamd 'blauwtje' op de voorpagina van de Volkskrant:

- <http://www.wur.nl/nl/artikel/Klimaatbestendige-tulp.htm>
- <http://www.wur.nl/nl/nieuws/Kennis-van-tulpenbol-noodzakelijk-voor-voortgang-bollenteelt.htm>

Deze publiciteit heeft o.a. geleid tot het doorlinken van de informatie op andere websites:



Publicaties

De voortgang en uitkomsten van het onderzoek zijn gepubliceerd in kranten, populaire tijdschriften en 'peer-reviewed' wetenschappelijke tijdschriften. Hieronder een overzicht van de publicaties en manuscripten:

Artikelen in kranten, vakbladen en populaire tijdschriften voor een breed publiek:

- *Das Erwachen der Zwiebeln*. Frankfurter Allgemeiner Sontagszeitung, Apr 2013, nr. 16.



- Richard Immink: Van tulp en liele weten we nog steeds heel weinig. Bloembollensie, Juni 2014.

ONDERZOEK

Bijna twee jaar geleden werd prof. dr. ir. Richard Immink voor een dag de werk-benoemd tot 'bolleprof'. Samen met twee assistenten in opleiding voert hij fundamenteel onderzoek uit aan tulpen en liele. Tijd voor een tussentijdse in drie afleveringen. In deze eerste aflevering legt Richard Immink uit waar het in dit project om draait: genetische geheimen ontfermen van tulpen en liele.



Richard Immink. Foto: iStock.com/andrijap

RICHARD IMMINK: 'Van tulp en liele weten we nog steeds heel weinig'

Tulpen en liele. Foto: Anja Dierckx

Hoe vaak hebt u ooit een tulpenbol of lielebol in de hand gehad? Het is niet alleen een mooi bloem, maar ook een belangrijk onderdeel van de Nederlandse economie. De tulpenbol is een van de belangrijkste exportproducten van Nederland. De lielebol is een van de belangrijkste exportproducten van België. De onderzoekers van de Wageningen UR proberen te ontdekken hoe deze planten zijn ontstaan en hoe ze zich hebben ontwikkeld. Dit kan helpen bij het verbeteren van de productie van deze planten.

Richard Immink is een van de onderzoekers die aan deze projecten werkt. Hij is een van de leidende experts op het gebied van de genetica van deze planten. Hij heeft samen met zijn collega's een aantal belangrijke ontdekkingen gedaan, waaronder het ontdekken van de genen die verantwoordelijk zijn voor de kleur van de bloemen. Dit kan helpen bij het ontwikkelen van nieuwe variëteiten van deze planten.

ONDERZOEK

- Melissa Leeggangers: 'Tulp heeft kou meestal nodig'. Bloembollensie, Juni 2014.

ONDERZOEK

Melissa Leeggangers: 'Tulp heeft kou meestal nodig'

Bijna twee jaar geleden werd prof. dr. ir. Richard Immink voor een dag de werk-benoemd tot 'bolleprof'. Samen met twee assistenten in opleiding voert hij fundamenteel onderzoek uit aan tulpen en liele. Tijd voor een tussentijdse in drie afleveringen. In deze tweede aflevering gaat assistent in opleiding Melissa Leeggangers op haar onderzoek naar de effecten van temperatuur op bloei.

Lieve Melissa, hoe vaak heb je ooit een tulpenbol of lielebol in de hand gehad? Het is niet alleen een mooi bloem, maar ook een belangrijk onderdeel van de Nederlandse economie. De tulpenbol is een van de belangrijkste exportproducten van Nederland. De lielebol is een van de belangrijkste exportproducten van België. De onderzoekers van de Wageningen UR proberen te ontdekken hoe deze planten zijn ontstaan en hoe ze zich hebben ontwikkeld. Dit kan helpen bij het verbeteren van de productie van deze planten.

Melissa Leeggangers is een van de assistenten in opleiding die aan deze projecten werkt. Ze is een van de leidende experts op het gebied van de effecten van temperatuur op de bloei van deze planten. Ze heeft samen met haar collega's een aantal belangrijke ontdekkingen gedaan, waaronder het ontdekken van de genen die verantwoordelijk zijn voor de bloei van deze planten.



Melissa Leeggangers. Foto: iStock.com/andrijap

ONDERZOEK

- Natalia Moreno: 'Inzicht in cel die bol gaat vormen'. Bloembollensie, Juli 2014.

ONDERZOEK

Natalia Moreno: 'Inzicht in cel die bol gaat vormen'

Bijna twee jaar geleden werd prof. dr. ir. Richard Immink voor een dag de werk-benoemd tot 'bolleprof'. Samen met twee assistenten in opleiding voert hij fundamenteel onderzoek uit aan tulpen en liele. Tijd voor een tussentijdse in drie afleveringen. In deze derde aflevering legt assistent in opleiding Natalia Moreno toe waarom het moment waarop een cel besluit bolletjes te gaan vormen zo belangrijk is.



Natalia Moreno. Foto: iStock.com/andrijap

Hoe vaak hebt u ooit een tulpenbol of lielebol in de hand gehad? Het is niet alleen een mooi bloem, maar ook een belangrijk onderdeel van de Nederlandse economie. De tulpenbol is een van de belangrijkste exportproducten van Nederland. De lielebol is een van de belangrijkste exportproducten van België. De onderzoekers van de Wageningen UR proberen te ontdekken hoe deze planten zijn ontstaan en hoe ze zich hebben ontwikkeld. Dit kan helpen bij het verbeteren van de productie van deze planten.

Natalia Moreno is een van de assistenten in opleiding die aan deze projecten werkt. Ze is een van de leidende experts op het gebied van de genetica van deze planten. Ze heeft samen met haar collega's een aantal belangrijke ontdekkingen gedaan, waaronder het ontdekken van de genen die verantwoordelijk zijn voor de bloei van deze planten.

Natalia Moreno is een van de assistenten in opleiding die aan deze projecten werkt. Ze is een van de leidende experts op het gebied van de genetica van deze planten. Ze heeft samen met haar collega's een aantal belangrijke ontdekkingen gedaan, waaronder het ontdekken van de genen die verantwoordelijk zijn voor de bloei van deze planten.

ONDERZOEK

ONDERZOEK

ONDERZOEK

ONDERZOEK

ONDERZOEK

ONDERZOEK

ONDERZOEK

ONDERZOEK

ONDERZOEK

ONDERZOEK

ONDERZOEK

ONDERZOEK

ONDERZOEK

ONDERZOEK

ONDERZOEK

ONDERZOEK

ONDERZOEK

ONDERZOEK

ONDERZOEK

ONDERZOEK

ONDERZOEK

ONDERZOEK

ONDERZOEK

ONDERZOEK

ONDERZOEK

ONDERZOEK

ONDERZOEK

ONDERZOEK

ONDERZOEK

ONDERZOEK

ONDERZOEK

ONDERZOEK

- **Groeiend inzicht kan leiden tot versnelling levenscyclus bollen.** Onder Glas nr 2, Febr. 2015, p.15-17.



De bloembol ontvinge groeit voor een jaar verscholen in de grond. Het jaarlijks in een bol, maar nu wordt het open boek. De bloembol wordt nu open boek. Maar waarom gaat die versnelling van levenscyclus van de bloembol? Dit moet een belangrijke vraag zijn. Het moet een belangrijke vraag zijn. Het moet een belangrijke vraag zijn.

De bloembol wordt nu open boek. Maar waarom gaat die versnelling van levenscyclus van de bloembol? Dit moet een belangrijke vraag zijn. Het moet een belangrijke vraag zijn. Het moet een belangrijke vraag zijn.

- **Bloemaanleg tulp kan al in de grond starten.** BBV december 2015.

BRACHENREWS
 Waar zit de aanpak op het gaan van de bloemaanleg bij tulpen? De vraag kan aan Mollie, zogeten van de bloemaanleg. Het is een van de resultaten van het bloembolonderzoek dat onder leiding van de hoogleraar Richard Inamathil in Wageningen plaatsvindt. Vraag en antwoorden worden verzameld.



Richard Inamathil met zijn onderzoekers in de Wageningen University.

Bloemaanleg tulp kan al in de grond starten

De aanpak van de bloemaanleg tulp kan al in de grond starten. Dit is een van de resultaten van het bloembolonderzoek dat onder leiding van de hoogleraar Richard Inamathil in Wageningen plaatsvindt. Vraag en antwoorden worden verzameld.



- **Raket naar de bollenvelden.** C2W Life Sciences, Mei 2016, p. 12-15.

Raket naar de bollenvelden
 Wetenschappelijk bijt bijna niemand op moleculair niveau naar tulpen. Voor de Wageningse hoogleraar Richard Inamathil is dat een uitdaging. 'Je komt de tijd nemen, want je wordt niet snel gecosept.'

De bloembol wordt nu open boek. Maar waarom gaat die versnelling van levenscyclus van de bloembol? Dit moet een belangrijke vraag zijn. Het moet een belangrijke vraag zijn. Het moet een belangrijke vraag zijn.



De moleculaire biologie kan niet alle vragen oplossen!
 De bloembol wordt nu open boek. Maar waarom gaat die versnelling van levenscyclus van de bloembol? Dit moet een belangrijke vraag zijn. Het moet een belangrijke vraag zijn. Het moet een belangrijke vraag zijn.

Groeiend inzicht in de vermeerdering van lelie. Bloembollenvisie, Juli 2016.

ONDERZOEK

Groeiend inzicht in de vermeerdering van lelie

Daarom lelie niet gemakkelijk via schubben vermeerderd, want iedereen. Maar waarom dat zo gemakkelijk gaat en welke processen er aan ten grondslag liggen is veel langer te beantwoorden. Binnen het vijfjarendoelprogramma van Wageningen UR en vermaak van de KVVJ uitrocht, houdt promovendus Nantia Motron-Pachon zich mee de vraag bezig: Langzaam gaat de lelie algenen te rijp.

In de afgelopen maanden heeft de promotiecommissie van Wageningen UR haar goedkeuring gegeven aan het onderzoek van Nantia Motron-Pachon. Het onderzoek is gericht op het begrijpen van de mechanismen die de groei van lelie schubben reguleren. Dit is een belangrijk onderdeel van de vermeerdering van lelie via schubben.

Tegelijkertijd hebben we veel problemen, maar weten we niet in hoeverre de zuurgraad van de schubben de groei van de lelie kan beïnvloeden.



Nantia Motron-Pachon bij het onderzoek naar de groei van lelie schubben.

ONDERZOEK

Eén gen veranderen maakt gewas nog niet resistent. Bloembollenvisie, Okt. 2016.

ONDERZOEK

'Eén gen veranderen maakt gewas nog niet resistent'

Een beter begrip van de genetica van gewassen maakt het mogelijk om te ontdekken op welke manier de resistentie van gewassen kan worden verbeterd. Dit is de uitkomst van de laatste conferentie van de Wageningen Research Group.

Wageningen Research heeft een conferentie georganiseerd over de laatste stand van zaken in de genetica van gewassen. De conferentie was gericht op het verbeteren van de resistentie van gewassen tegen ziekten en plagen.



De laatste stand van zaken in de genetica van gewassen.

De Wageningen Research Group heeft een conferentie georganiseerd over de laatste stand van zaken in de genetica van gewassen. De conferentie was gericht op het verbeteren van de resistentie van gewassen tegen ziekten en plagen.



De laatste stand van zaken in de genetica van gewassen.

ONDERZOEK

Sector gewaarschuwd voor 'kodakmoment'. Bloembollenvisie, Dec. 2016.

BRANCHENIEUWS

Sector gewaarschuwd voor 'kodakmoment'

De rijk van bodem moet in 2030 zonder chemische middelen draaiende blijven. Dit is de uitkomst van de laatste conferentie van de Wageningen Research Group.



De laatste stand van zaken in de genetica van gewassen.

De Wageningen Research Group heeft een conferentie georganiseerd over de laatste stand van zaken in de genetica van gewassen. De conferentie was gericht op het verbeteren van de resistentie van gewassen tegen ziekten en plagen.



De laatste stand van zaken in de genetica van gewassen.

ONDERZOEK

Groeiend inzicht in de vermeerdering van lelie

Daarom lelie niet gemakkelijk via schubben vermeerderd, want iedereen. Maar waarom dat zo gemakkelijk gaat en welke processen er aan ten grondslag liggen is veel langer te beantwoorden.

Tegelijkertijd hebben we veel problemen, maar weten we niet in hoeverre de zuurgraad van de schubben de groei van de lelie kan beïnvloeden.



De laatste stand van zaken in de genetica van gewassen.



De laatste stand van zaken in de genetica van gewassen.

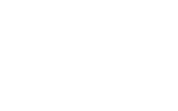
ONDERZOEK

Eén gen veranderen maakt gewas nog niet resistent. Bloembollenvisie, Okt. 2016.

ONDERZOEK

'Eén gen veranderen maakt gewas nog niet resistent'

Een beter begrip van de genetica van gewassen maakt het mogelijk om te ontdekken op welke manier de resistentie van gewassen kan worden verbeterd.



De laatste stand van zaken in de genetica van gewassen.

De Wageningen Research Group heeft een conferentie georganiseerd over de laatste stand van zaken in de genetica van gewassen. De conferentie was gericht op het verbeteren van de resistentie van gewassen tegen ziekten en plagen.



De laatste stand van zaken in de genetica van gewassen.

ONDERZOEK

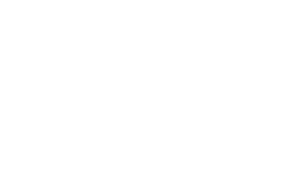
Groeiend inzicht in de vermeerdering van lelie

Daarom lelie niet gemakkelijk via schubben vermeerderd, want iedereen. Maar waarom dat zo gemakkelijk gaat en welke processen er aan ten grondslag liggen is veel langer te beantwoorden.



De laatste stand van zaken in de genetica van gewassen.

Tegelijkertijd hebben we veel problemen, maar weten we niet in hoeverre de zuurgraad van de schubben de groei van de lelie kan beïnvloeden.



De laatste stand van zaken in de genetica van gewassen.

ONDERZOEK

Eén gen veranderen maakt gewas nog niet resistent. Bloembollenvisie, Okt. 2016.

ONDERZOEK

'Eén gen veranderen maakt gewas nog niet resistent'

Een beter begrip van de genetica van gewassen maakt het mogelijk om te ontdekken op welke manier de resistentie van gewassen kan worden verbeterd.



De laatste stand van zaken in de genetica van gewassen.

De Wageningen Research Group heeft een conferentie georganiseerd over de laatste stand van zaken in de genetica van gewassen. De conferentie was gericht op het verbeteren van de resistentie van gewassen tegen ziekten en plagen.



De laatste stand van zaken in de genetica van gewassen.

ONDERZOEK

Groeiend inzicht in de vermeerdering van lelie

Daarom lelie niet gemakkelijk via schubben vermeerderd, want iedereen. Maar waarom dat zo gemakkelijk gaat en welke processen er aan ten grondslag liggen is veel langer te beantwoorden.

Tegelijkertijd hebben we veel problemen, maar weten we niet in hoeverre de zuurgraad van de schubben de groei van de lelie kan beïnvloeden.



De laatste stand van zaken in de genetica van gewassen.



De laatste stand van zaken in de genetica van gewassen.

ONDERZOEK

Eén gen veranderen maakt gewas nog niet resistent. Bloembollenvisie, Okt. 2016.

ONDERZOEK

'Eén gen veranderen maakt gewas nog niet resistent'

Een beter begrip van de genetica van gewassen maakt het mogelijk om te ontdekken op welke manier de resistentie van gewassen kan worden verbeterd.



De laatste stand van zaken in de genetica van gewassen.

De Wageningen Research Group heeft een conferentie georganiseerd over de laatste stand van zaken in de genetica van gewassen. De conferentie was gericht op het verbeteren van de resistentie van gewassen tegen ziekten en plagen.



De laatste stand van zaken in de genetica van gewassen.

Chemievrij telen moet én kan



De afsluitende vergadering van de Nederlandse Vereniging voor Biologische Landbouw (NVBL) op zaterdag 10 december 2016 in de aula van de Universiteit van Leiden. De afsluitende vergadering van de Nederlandse Vereniging voor Biologische Landbouw (NVBL) op zaterdag 10 december 2016 in de aula van de Universiteit van Leiden.

Wetenschappelijk publicaties:

Hieronder een kort overzicht van posters gepresenteerd op nationale en internationale wetenschappelijke bijeenkomsten.

Identification of ambient temperature responsive genes involved in the floral induction of tulip

Abstract
The flowering of summer tulip bulbs are harvested and stored until the autumn. The winter high temperatures during storage induce the bulbs to start germination and reproductive growth. To avoid this, using storage further development of the flower bud occurs inside the bulb followed by the establishment of dormancy. Cold storage continues to release the cold flower buds to start germination and flowering again in April or May, depending on the cultivar.

Approach
A protein-protein interaction network involved in the flowering transition was used to identify genes that are likely to be involved in the flowering transition. Genes were identified by a bioinformatics approach using the knowledge of the network. Genes were identified by a bioinformatics approach using the knowledge of the network.

Conclusions
In order to create a controlling network for gene expression (gene expression network) in the flowering transition, genes were selected that vary in flowering time. Bulbs from these cultivars were grown in different temperatures (Fig. 1). Genes were selected to search for those that are differentially expressed in relation to flowering time in a given cultivar (20°C and 5°C). This network will be regularly updated as transcriptomic data (RNAseq) becomes available for flowering and for the expression levels.

Analysis of the molecular mechanisms underlying Lily bulblet regeneration

Background
Flower bulbs have an average low vegetative propagation rate due to limited number and outgrowth of axillary meristems located inside the bulb. Though Lily (Lilium spp.) has a tremendous high propagation rate given by the natural regeneration capacity of detached bulb scales. Therefore, Lily bulb scales constitute a good model system to study bulblet regeneration in flower bulbs. In order to elucidate the molecular regulation of bulblet regeneration, a genome-wide expression profiling (RNAseq) will be performed on different propagation stages. However, a prerequisite for such an experiment is to unravel first the process in detail at the morphological level.

Objectives
• To characterize the developmental stages in Lily bulblet regeneration.
• To identify contrasting levels in bulblet regeneration capacity that can be further used for genome-wide differential expression profiling.

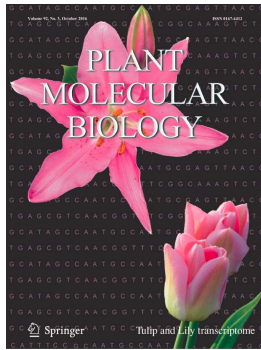
Results
Developmental stages in Lily bulblet regeneration

Conclusions
The two selected cultivars (McAtee and Comandante) and position of the axillary meristem on the scale (apical and basal) provide significant differences in regeneration capacity and therefore constitute adequate experimental parameters for future genome-wide expression profiling.

“Peer-reviewed” wetenschappelijk publicaties:

Reeds gepubliceerde artikelen, als direct product van het onderzoek binnen de leerstoel:

1. Leeggangers, H.A.C.F., Moreno, N., Gude, H., and Immink, R.G.H. (2013). Transfer of knowledge about flowering and propagation from model species to bulbous plants. *Int J Dev Biol* 57(6-7-8):611-620.
2. Moreno-Pachon, N., Leeggangers, H.A.C.F., Nijveen, H., Severing, E., Hilhorst, H., and Immink, R.G.H. (2016). Elucidating and mining the Tulipa and Lilium transcriptomes. *Plant Mol Biol*. doi:10.1007/s11103-016-0508-1.



3. Leeggangers, H., Nijveen, H., Nadal Bigas, J., Hilhorst, H.W.M., and Immink, R.G.H. (2017). Molecular regulation of temperature-dependent floral induction in *Tulipa gesneriana*. *Plant Physiology*, 173, 1904-1919.

Manuscripten onder review en/of klaar voor submitie bij een peer-reviewed wetenschappelijk tijdschrift:

1. Leeggangers, H., Rosilio-Brami, T., Bigas-Nadal, J., Rubin, N., Van Dijk, A.D.J., Nunez de Caceres Gonzalez, F.F., Saadon-Shitrit, S., Nijveen, H., Hilhorst, H.W.M., Immink, R.G.H., and Zaccai, M. (2017). *Tulipa gesneriana* and *Lilium longiflorum* PEBP Genes and Their Putative Roles in Flowering Time Control. Under review at *Plant and Cell Physiology*.
2. Leeggangers, H., Van Arkel, J., Nijveen, H., Moore, J.R.E., Hilhorst, H.W.M., Mumm, R., and Immink, R.G.H. (2017). Transcriptional and metabolic changes in *Tulipa gesneriana* bulbs during dormancy release prior to flowering. Currently prepared for submission to *Plant Reproduction*.
3. Moreno-Pachon, N.M., Mitimawurugo, M.-C., Heynen, E., Sergeeva, L., Benders, A., Blilou, I., Hilhorst, H.W.M., and Immink, R.G.H. (2017). Role of *Tulipa gesneriana* *TEOSINTE BRANCEHED 1 (TgTB1)* in the control of axillary bud outgrowth in bulbs. Ready for submission to *Plant Reproduction*.
4. Moreno-Pachon, N.M., Nijveen, H., Borst, A., Cubria-Radio, M., Kohlen, W., Blilou, I., Simura, J., Novak, O., Severing, E., and Immink, R.G.H. (2017). Molecular analysis of de novo shoot meristem regeneration in a non-model species. Currently prepared for submission to *Plant Journal*.

Wetenschappelijk publicaties voortgekomen uit het ERA-CAPS-project dat in parallel heeft gelopen met het onderzoek binnen de leerstoel, over temperatuur gestuurde bloeiregulatie:

1. Posé, D., Verhage, L., Ott, F., Yant, L., Mathieu, J., Angenent, G.C., Immink, R.G.H., and Schmid, M. (2013). Temperature-dependent regulation of flowering by antagonistic FLM variants. *Nature*, 503, 414-417.
2. Verhage, L., Angenent, G.C., Immink, R.G.H. (2014). Research on floral timing by ambient temperature comes into blossom. *Trends in Plant Sci*, 19, 583-591.
3. Capovilla, G., Pajoro, A., Immink, R.G.H., and Schmid, M. (2015). Role of alternative pre-mRNA splicing in temperature signalling. *Curr Opin Plant Biol* 27, 97-103.
4. Pajoro, A., Verhage, L., and Immink, R.G.H. (2016). Plasticity versus adaptation of ambient-temperature flowering response. *Trends Plant Sci* 21, 6-8.
5. Verhage, L., Severing, E.I., Bucher, J., Lammers, M., Busscher-Lange, J., Bonnema, G., Rodenburg, N., Proveniers, M.C.G., Angenent, G.C., and Immink, R.G.H. (2017). Splicing-related genes are alternatively spliced upon changes in Ambient temperatures in plants. *PLoS ONE* 12(3): e0172950. doi:10.1371/journal.pone.0172950
6. Pajoro, A., Severing, E., Angenent, G.C., and Immink, R.G.H. (2017). H3 lysine 36 methylation affects temperature-induced alternative splicing and flowering in plants. *Genome Biology* 201718:102, DOI: 10.1186/s13059-017-1235-x

Translatie kennis naar de praktijk en toekomstperspectief

Het hoofddoel van het opzetten van de leerstoel 'Fysiologie van de bloembollen' was om d.m.v. opheldering van de fysiologische mechanismes achter een aantal fundamenteel belangrijke processen in bollen een innovatieve en duurzame bollenteelt en broeierij te garanderen voor nu en de toekomst. Hieronder worden een aantal voorbeelden besproken die benoemd zijn bij de start van de leerstoel als mogelijke uitkomsten, welke fundamentele kennis daarvoor nodig zou zijn, en welke kennis uiteindelijk is opgeleverd om het doel te bereiken:

- Bloembollenteelt waarin niet in dezelfde oogst zowel plantgoed als leverbaar worden geogst. Dit betekent aparte (eventueel geconditioneerde) teelt van plantgoed dat daarna wordt doorgeteld tot leverbaar. Kennis omtrent de apicale dominantie (en mogelijkheden om deze te beïnvloeden) is hier belangrijk. In de vermeerderingsfase wordt een zo laag mogelijke apicale dominantie nagestreefd, in de leverbaarproductie een zo hoog mogelijke. *In relatie tot dit onderwerp zijn er moleculaire merkers gevonden, die toegepast kunnen worden om te bepalen in welk fysiologisch stadium een bol is. Met behulp van deze merkers kan het stadium bepaald worden maar kan de ontwikkeling van de bol ook gestuurd worden met teelt en/of bewaringscondities waarbij effecten direct in kaart gebracht kunnen worden en er daardoor op tijd ingegrepen kan worden of bijgestuurd.*
- Kennis over de manier waarop een bol kiest voor vegetatieve vermeerdering (dochterbol vorming) of seksuele vermeerdering (bloei) kan ook een belangrijke rol spelen in de efficiencyverbetering van de bloementeelt uit bollen (de broeierij) omdat wellicht met een kleinere maat leverbaar toch hoge kwaliteit bloemen kunnen worden geproduceerd. *Zoals hierboven aangegeven heeft het onderzoek in tulp kennis opgeleverd wanneer een bol deze beslissingen intern neemt, wanneer de bol het meest gevoelig is voor signalen uit de omgeving (bijvoorbeeld temperatuur), en zijn er aanwijzingen verkregen hoe bijvoorbeeld met het moment van oogsten en/of het bewaarregime in de schuur dit gestuurd kan worden door de bollenteler of broeier. Op dit onderwerp zijn er momenteel gesprekken gaande met het sensortechnologie startup bedrijf Nsure in Wageningen en de KAVB met als doel 'predictortesten' te ontwikkelen op basis van de fundamentele kennis die op een eenvoudige manier in de dagelijkse praktijk gebruikt kunnen worden door telers en broeiers.*
- 'Teelt de grond uit'. Lange termijnontwikkeling, waarbij kennis over fysiologie en ontwikkeling van bolgewassen in systemen los van de ondergrond belangrijk is. *In relatie tot dit onderwerp is er een grote stap gezet in de goede richting. Deze gegeneerde kennis is de basis geweest voor een nieuw NWO Groen II voorstel dat is ingediend samen met de Universiteit van Utrecht en het veredelingsbedrijf Dúmmen Orange, met als doel bloei van tulpen uit zaad mogelijk te maken in 1 cyclus, zonder 3-5 jaar teelt in de grond. Dit voorstel wordt op dit moment geëvalueerd.*
- Bloeibeïnvloeding en –voorspelling. Voor bloeibeïnvloeding is kennis over hormonen en genregulatie belangrijk. Gezocht dient te worden naar moleculaire en/of fysiologische merkers belangrijk voor voorspellen van bloemkwaliteit/knopbezetting. *Zoals bij beide hierboven genoemde punten is aangegeven is de basis hiervoor gelegd en wordt er met o.a. Nsure en Dúmmen Orange gewerkt aan de vertaling van deze kennis richting praktijk.*
- Bollenteelt voor inhoudsstoffen: fysiologische mechanismes van (verhoging van) productie van inhoudsstoffen. *Dit onderwerp ligt wat verder af van bloei en reproductie van bloembollen (tulp) en er zijn geen concrete experimenten uitgevoerd in deze richting. Er is een duidelijke keuze gemaakt om het onderzoek gefocust te houden.*
- Resistenties tegen ziekten en bijv. verzilting- en droogtetolerantie, en energiebesparing. Voor deze onderwerpen is meer fysiologische kennis over bijv. de rol van het stresshormoon ethyleen van belang maar ook het snel kunnen veredelen zodat nieuwe resistenties kunnen worden ingekruist in commercieel interessante rassen. *Het onderzoek naar bloei en vermeerdering heeft een goede basis gelegd om nieuwe zogenaamde 'life-cycle-shortening' tools te ontwikkelen, die het mogelijk maken om de veredeling van een nieuw tulpen ras terug te brengen van een periode van 30 naar 5-10 jaar. Het onderzoek dat in deze richting gedaan is heeft de basis gelegd voor het recent ingediende NWO Groen II voorstel op dit onderwerp. Daarnaast is de focus van de twee ingediende maar helaas niet gehonoreerde STW-perspectief programma's (iTULIP) exact op dit integratie niveau*

geweest: Snelle veredeling en verkrijgen van meer inzicht in ziekteresistenties en resistentiegenen.

Gedurende vele decennia zijn de bijdragen van de bloembollensector aan de economie en de werkgelegenheid van Nederland al aanzienlijk en zij vormen een gedegen fundament onder het bestaansrecht van de sector. De toekomst van de bloembollensector is afhankelijk van consumenten en burgers die de producten en diensten van de sector zien, begrijpen en waarderen. Zij vragen daarbij om andere dan alleen de economische waarden. Hierbij valt te denken aan gezondheid, welzijn en welbevinden. De bloembollensector moet hieraan invulling geven door kleur te brengen in het leven en de woonomgeving van mensen; door het openhouden en zorgvuldig beheren van het landschap; door bij te dragen aan het bereiken van klimaatdoelstellingen; door een bijdrage te leveren aan het leefmilieu van mensen; en door bij te dragen aan het imago van Nederland. **Randvoorwaarde hierbij is dat bloembollenbedrijven gewassen kunnen produceren die aantrekkelijk, nieuw en gezond zijn, goed groeien en bloeien (ook onder suboptimale groeiomstandigheden) en geleverd worden door duurzame ketens. Dit vraagt effectieve veredeling met aandacht voor nieuwe ziekteresistenties, zout- en droogtetoleranties en energie-efficiënte gewassen en duurzame teelt-, bewaar-, opslag- en handelssystemen. Om dit te realiseren is er een grote behoefte aan kennis en resultaten afkomstig van fundamenteel onderzoek aan de fysiologie van bloembollen.** In de afgelopen 5 jaar is een belangrijke stap gezet richting een goed begrip van de fysiologie van bloembollen op fundamenteel niveau. We zijn er echter nog niet en om de gelegde basis volledig tot bloei te laten komen is een structurele investering in fundamenteel onderzoek naar bloembollen en andere siergewassen essentieel. De sector kan dit duidelijk niet alleen en hier ligt een belangrijke taak voor de overheid. Zoals hierboven aangegeven, zijn de huidige financieringsinstrumenten en subsidies voor fundamenteel onderzoek (bijv. TKI Tuinbouw en Uitgangsmaterialen) verre van ideaal voor de bloembollensector vanwege de versnippering en traditionele opzet met veel kleine familiebedrijven. Deze structuur maakt het onmogelijk om te concurreren met bijvoorbeeld de zeer succesvolle groente veredelingssector en om de vereiste cofinanciering te bewerkstelligen. Daarnaast is met het opheffen van de Productschappen een belangrijke tussenlaag waarin praktijkonderzoek werd gedaan en de vertaalslag werd gemaakt naar de telers en broeiers bijna volledig verdwenen. Indien de BV Nederland hart heeft voor deze sector en de wereldwijde toppositie in dit veld niet wil verliezen en doorzetten op een duurzame manier, dan is een structurele investering in fundamenteel onderzoek en de vertaalslag van deze kennis naar de praktijk noodzakelijk!