

---

# Programmeringsstudie Biotechnologie en Veredeling

Olga E. Scholten<sup>1</sup>, Clemens C.M. van de Wiel<sup>1</sup>, Roel Veerkamp<sup>2</sup> & Monique van Vegchel<sup>3</sup>

1 Wageningen Plant Research, Plant Breeding, Wageningen

2 Wageningen Livestock Research, Animal Breeding, Wageningen

3 Plantum NL, Gouda

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen University & Research in samenwerking met Plantum in opdracht van Topsectoren A&F, T&U en Water gefinancierd door het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit in het kader van Programmeringsstudie ten behoeve van KIA Topsectoren A&F, T&U, Water (projectnummer 3760165800).

Wageningen Plant Research en Wageningen Livestock Research zijn onderdelen van Wageningen University & Research

Wageningen, juni 2019

---

Openbaar  
Rapport WR

---

Olga E. Scholten, Clemens C.M. van de Wiel, Roel Veerkamp & Monique van Vegchel, 2019.  
*Programmeringsstudie Biotechnologie en Veredeling*. Wageningen University & Research, Openbaar  
Rapport

Dit rapport is gratis te downloaden op DOI: <https://doi.org/10.18174/495003>

© 2019 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Postbus 16,  
6700 AA Wageningen; T 0317 48 07 00; [www.wur.nl/plant-research](http://www.wur.nl/plant-research)

KvK: 09098104 te Arnhem  
VAT NL no. 8113.83.696.B07

Stichting Wageningen Research is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen  
ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Openbaar Rapport WR

---

# Inhoud

<b>Woord vooraf</b>	<b>5</b>
<b>Samenvatting</b>	<b>7</b>
<b>1 Maatschappelijke opgave</b>	<b>9</b>
1.1 Plant - Maatschappelijke meerwaarde Biotechnologie en Veredeling	10
1.2 Dier - Maatschappelijke meerwaarde Biotechnologie en Veredeling	11
1.3 Plant - Relatie missies van LWV en onderzoeksvragen	11
1.4 Overkoepelende technologieën Sleuteltechnologie Biotechnologie en Veredeling	13
<b>2 Lopende onderzoek</b>	<b>16</b>
2.1 Plant – Relatie tussen missies, lopende onderzoek en technologieën	16
2.2 Dier – Relatie tussen missies, lopende onderzoek en technologieën	19
<b>3 Witte vlekken</b>	<b>20</b>
3.1 Plant en Dier in relatie tot Sleuteltechnologieën	20
3.2 Witte vlekken plantenveredeling in relatie tot de missies	22
3.3 Witte vlekken fokkerij in relatie tot de missies	25
<b>4 Mogelijke consortia en financiering</b>	<b>27</b>
4.1 Plant	27
4.2 Dier	31
<b>5 Programmeringsadvies</b>	<b>32</b>
<b>Bijlage 1 Overzicht sleuteltechnologieën</b>	<b>35</b>
<b>Bijlage 2 De gereedschapskist van de veredelaar – verschillen tussen gewassen.</b>	<b>37</b>
<b>Bijlage 3 Projecten Biotechnologie en Veredeling – Plant</b>	<b>39</b>



---

# Woord vooraf

Dit rapport is het resultaat van een Programmeringsstudie op het gebied van Biotechnologie en Veredeling, uitgevoerd in opdracht van de topsectoren Agri & Food, Tuinbouw & Uitgangsmaterialen en Water en gefinancierd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. Biotechnologie en Veredeling is één van de technologie-onderwerpen gedefinieerd door bovengenoemde topsectoren.

De opdracht was om een zelfstandig leesbaar rapport te maken met daarin een beschrijving van de verschillende sleuteltechnologieën die in het kader van Biotechnologie en Veredeling ontwikkeld zijn en worden, en hoe deze technologieën via plantenveredeling en fokkerij en benut worden en vooral ook in de toekomst ingezet kunnen worden voor de realisatie van diverse maatschappelijke opgaven zoals beschreven onder de missies in de 10-pager van Landbouw, Water en Voedsel. Naast een korte beschrijving van de technologieën is daarom ook de koppeling met de verschillende missies in beeld gebracht. Tevens zijn witte vlekken zowel op het gebied van onderzoek aan de technologieën als op het gebied van de verschillende missieprogramma's beschreven. De interesse van het plantenveredelingsbedrijfsleven is getoetst door middel van een enquête onder de leden van Plantum en van fokkerijbedrijven via kennis uit het onderzoeksproject Breed4Food. De studie eindigt met een programmeringsadvies voor vervolgonderzoek op het gebied van Biotechnologie en Veredeling. Tevens is op verzoek van het TKI een MMIP (meerjarig missie-gedreven innovatieprogramma) opgeleverd waarin het programmerings-advies is uitgewerkt.

Deze programmeringsstudie is een van de programmeringsstudies die in opdracht zijn gegeven aan Wageningen Research. Alle studies dienen als input voor de drie topsectoren in het opstellen van hun Kennis en Innovatieagenda.

De programmeringsstudie is uitgevoerd door de auteurs met mondelinge en schriftelijke bijdragen van een groot aantal anderen. Wij willen dan ook de volgende mensen heel hartelijk bedanken voor hun bijdragen aan de totstandkoming van dit rapport: Gerco Angenent (WR), Arnaud Bovy (WR), Steven Groot (WR), Stefan van der Heijden (namens Plantum), Theo van Hintum (CGN), René Klein Lankhorst (WR), Niels Louwaars (Plantum), Onno Moller (WR), Arend van der Peer (WR), Marleen Riemens (WR), René Smulders (WR) en Clemens Stolk (BPfND).

Tot slot willen we José Vogelesang (TKI), Marien Valstar (LNV), Jan van Vliet (LNV), Gertjan Fonk (LNV), Rutger Oorsprong (EZ) en René Smulders (WR) bedanken voor het kritisch meedenken en lezen van de stukken. De betrokkenheid van José in het bijzonder als sparringpartner vanuit de opdrachtgever is een grote stimulans geweest.

Olga E. Scholten, Clemens C.M. van de Wiel, Roel Veerkamp & Monique van Vegchel  
Wageningen, 28 juni 2019



# Samenvatting

Deze programmeringsstudie behandelt sleuteltechnologieën voor (TKI) onderzoeksprogrammering in de veredeling en fokkerij. De studie beperkt zich tot de veredeling van plant en dier, alsmede op het gebruik van micro-organismen die het uitgangsmateriaal robuuster kunnen maken. Ook de veredeling van paddenstoelen past goed in het kader van de Missie LWV (Landbouw, Water, Voedsel). Een interessant veld dat daarnaast steeds meer in de belangstelling komt, maar buiten de kaders van deze opdracht ligt en aan de orde komt in de programmeringsstudie Biograndstoffen, betreft de veredeling van organismen zoals zeewier en algen voor voedsel- en voederproductie, en bio-based producten.

De missiedoorsnijdende bijdrage van onderzoek op het gebied van plantenveredeling en fokkerij duidt op het grote belang ervan en maakt dat Biotechnologie en Veredeling beschouwd moet worden als een belangrijke verzameling van Sleuteltechnologieën voor de realisatie van diverse maatschappelijke opgaven zoals beschreven in de 10-pager van Landbouw, Water en Voedsel. Het doel van de MMIP Biotechnologie en Veredeling is het ontwikkelen van kennis, concepten en ondersteunende technologieën om de landbouw te voorzien van optimaal uitgangsmateriaal als robuust zaaizaad en pootgoed en daarbij de veredeling van nieuw uitgangsmateriaal (gewassen en dieren) te versnellen en nauwkeuriger te maken ('precision breeding'). Daarnaast is de inzet om de veredeling in staat te stellen om eigenschappen te combineren en te voorspellen, zodanig dat de veredeling sneller kan inspelen op gewenste veranderingen in productiesystemen, bijvoorbeeld passend onder Kringlooplandbouw.

*De deelprogramma's (sleuteltechnologieën) zijn:*

1. **Genoomtechnologie (genomics)** om de genetische variatie in kaart te brengen, en voor het koppelen van genetische (fenotypische) informatie met onderliggende genen en allelen (DNA-informed breeding).
2. **Bioinformatica en big data** om de zeer complexe plant- en diergenomen te reconstrueren, te vergelijken, en de verschillen te interpreteren, om voor zowel planten als dieren modellen en software te ontwikkelen.
3. **Genome prediction** gericht op de ontwikkeling van modellen om op grote schaal fenotypische eigenschappen te voorspellen op basis van genoominformatie.
4. **Gene editing** om genetische variatie te creëren en de functie van genen vast te stellen en aan te passen.
5. Overige innovatieve methoden om genetische variatie te kunnen sturen, waardoor **nieuwe vormen van veredeling** mogelijk zijn (o.a. haploïdeninductie, vegetatieve vermeerdering in weefselkweek, gerichte recombinatie).
6. **Fenotypering** gericht op de ontwikkeling van nauwkeurige en high-throughput meetmethoden.
7. **Zaaizaadtechnologie** ter verkrijging en behoud van een hoge kwaliteit zaaizaad en pootgoed dat vrij is van ziektes en een hoge vigour bezit.

*Prioriteiten in relatie tot de Missies van LWV*

## **Plant**

### **A. Kringlooplandbouw**

Veredeling van rassen gericht op 1) resistentie tegen biotische en abiotische stress en aangepast aan klimaatverandering, 2) betere nutriëntenbenutting, 3) optimaal gebruik maken van het microbiom, 4) verhogen eiwitproductie en 5) multi-purpose gewassen en paddenstoelen voor hergebruik reststromen.

### **B. Klimaatneutrale landbouw en voedselproductie**

Veredeling van rassen gericht op 1) efficiënter gebruik van water en/of energie in kassen en robotisering van teelt en oogst, 2) eiwitproductie, veevoer, polymeren voor chemie en energietoepassingen, 3) efficiëntere fotosynthese.

### **C. Klimaatbestendig landelijk en stedelijk gebied**

Veredeling van rassen gericht op 1) aanpassing aan veranderde klimaatomstandigheden (extreme droogte, verzilting, vernatting of tijdelijke overstromingen, en 2) bio-based en multi-purpose gewassen.

### **D. Gewaardeerd, gezond en veilig voedsel**

Veredeling van rassen gericht op 1) lang houdbare producten ter voorkoming van verliezen, 2) variatie in producten (smaak, inhoudsstoffen), 3) gezondheid (personalized nutrition, maar ook voorkomen van mycotoxine-besmettingen), en 4) veredeling van siergewassen en bomen voor een gezonde leefomgeving.

**Ten behoeve van missie A t/m D:** Verbetering zaaizaadtechnologie ten behoeve van beschikbaarheid van gezond en robuust uitgangsmateriaal.

## Dier

### A. Kringlooplantbouw

Veredeling van rassen gericht op 1) minder nutriënten uitspoeling, en 2) het fokken van dieren passend in nieuwe productiesystemen.

### B. Klimaatneutrale landbouw en voedselproductie

Ontwikkelen van dieren die 1) efficiënter met water en energie om kunnen gaan, en 2) minder broeikasgassen uitstoten.

### C. Klimaatbestendig landelijk en stedelijk gebied

Dierrassen die aangepast zijn aan de lokale ecologische omstandigheden (bv. zilte omgeving, natte omstandigheden, etc.).

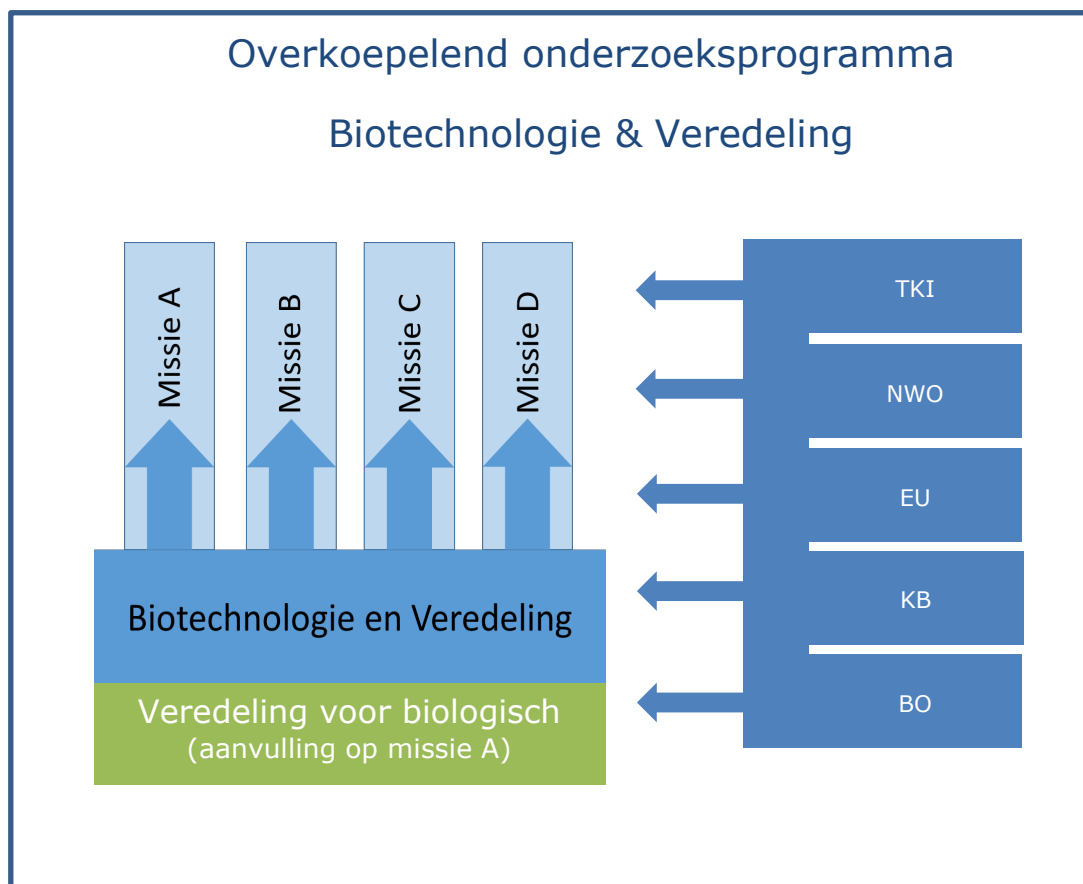
### D. Gewaardeerd, gezond en veilig voedsel

Ontwikkelen van dieren, die weerbaarder zijn tegen ziektes en daardoor minder medicijngebruik behoeven.

De interesse van het plantenveredelingsbedrijfsleven is getoetst door middel van een enquête onder de leden van Plantum en van fokkerijbedrijven via kennis uit het onderzoeksproject Breed4Food.

## Programmeringsadvies

De resultaten uit deze studie hebben geleid tot het advies om een overkoepelend onderzoeksprogramma te starten voor Plant en Dier waarin onderzoek gefinancierd wordt op bovengenoemde deelprogramma's onder de Sleuteltechnologie Biotechnologie & Veredeling, die missie-doorsnijdend is. Vanuit de Sleuteltechnologie komen vervolgens onderzoeksprojecten die direct passen onder de missies van LWV. Tevens is er behoefte aan een onderdeel speciaal gericht op veredeling voor de biologische én gangbare landbouw, passend onder missie A. De inschatting is dat de omzet van dit overkoepelende onderzoeksprogramma € 24-30 miljoen per jaar zou kunnen zijn, gebruik makend van verschillende publieke en private financieringsstromen. In onderstaande figuur is schematisch weergegeven hoe een dergelijk onderzoeksprogramma eruit kan zien.



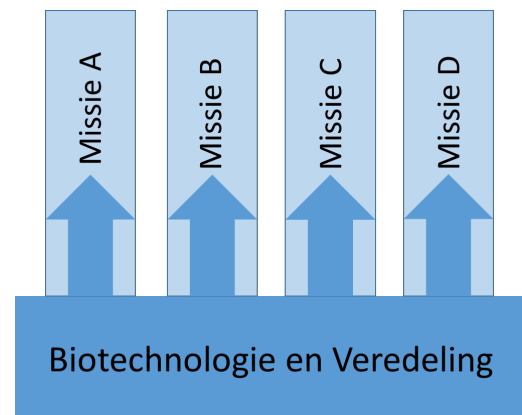


# 1 Maatschappelijke opgave

De programmeringsstudie Sleuteltechnologie Biotechnologie en Veredeling richt zich op het ontwikkelen van kennis, concepten en ondersteunende technologieën om de landbouw te voorzien van optimaal uitgangsmateriaal zoals robuust zaaizaad en pootgoed en om de veredeling van nieuwe rassen en dieren te versnellen en nauwkeuriger te maken ('precision breeding'). Daarnaast is de inzet om de veredeling in staat te stellen om eigenschappen te combineren en te voorspellen, zodanig dat de veredeling sneller kan inspelen op gewenste veranderingen in productiesystemen, bijvoorbeeld passend onder Kringlooplandbouw. Daarmee omvat de Sleuteltechnologie Biotechnologie en Veredeling, delen van de sleuteltechnologieclusters Life sciences technologies en Digital technologies (zie Bijlage A).

De studie beperkt zich tot de veredeling van plant en dier, alsmede op het gebruik van micro-organismen die het uitgangsmateriaal robuuster kunnen maken. Ook de veredeling van paddenstoelen past goed in het kader van de Missie LWV (Landbouw, Water, Voedsel). Een interessant veld dat daarnaast steeds meer in de belangstelling komt, maar buiten de kaders van deze opdracht ligt, betreft de veredeling van organismen zoals zeewier en algen voor voedsel- en voederproductie (zie Programmeringsstudie Biograndstoffen).

Maatschappelijke meerwaarde Biotechnologie en Veredeling Onderzoek op het gebied van Biotechnologie en Veredeling draagt bij aan de verschillende missies onder het Thema Landbouw, Water en Voedsel (LWV), namelijk A. Kringlooplandbouw, B. Klimaatneutrale landbouw en voedselproductie, C. Klimaatbestendig landelijk en stedelijk gebied en D. Gewaardeerd, gezond en veilig voedsel (zie beschrijving KIA (Kennis & Innovatie Agenda)). Biotechnologie en Veredeling is daarmee een missie-doorsnijdende Sleuteltechnologie. De landbouw staat voor een aantal grote uitdagingen: meer kwalitatief hoogwaardige voedselproductie met minder inputs, in een circulair systeem, flexibel aanpasbaar aan nieuwe productiesystemen en robuust met betrekking tot klimaatverandering.



Het onderzoek op het gebied van Biotechnologie en Veredeling dat in Nederland wordt uitgevoerd, draagt wereldwijd bij aan de verbetering van de landbouw, en heeft ook internationaal een direct effect op de duurzaamheid. **Nederland staat op het gebied van Biotechnologie en Veredeling (zowel voor plantenveredeling als fokkerij) mondiaal aan de top.** Deze positie is verworven door een lange historie van uitstekende samenwerking tussen wereldwijd excellerende universiteiten, kennisinstellingen en bedrijven (Elsevierstudie T&U 2014<sup>1</sup>) en de continue innovaties in technologieën, die zowel ontwikkeld als geïmplementeerd worden. Deze samenwerking is mondiaal uniek te noemen. Een actueel voorbeeld van de Nederlandse topositie op het gebied van plantenveredeling is de recente toekenning van 'The World Food Prize 2019' aan de Nederlander Simon Groot, de oprichter van het veredelingsbedrijf East-West Seed (juni 2019). Groot ontving deze prijs vanwege zijn grote en succesvolle inzet om miljoenen kleine boeren in meer dan 60 landen een beter economisch perspectief te bieden door de veredeling en teeltondersteuning van diverse groentegewassen vooral op het gebied van resistentie tegen ziekten en plagen, waardoor de opbrengsten aanzienlijk toenamen.

Kringlooplandbouw start een nieuwe teeltcyclus met robuust en gezond uitgangsmateriaal. Voor plantaardige productie is robuust en gezond zaaizaad en pootgoed essentieel voor een betrouwbare start van de teelt (zie Figuur 1). Uitgangsmaterialen moeten de genetische potentie hebben om 1) resistentie te vertonen tegen ziekten en plagen, 2) een goede kwaliteit te kunnen realiseren, 3) veerkrachtig te zijn tijdens de productieperiode 4) klimaatbestendig te zijn om oogstzekerheid en een hoge opbrengst te kunnen realiseren en 5) te passen in veranderende productiesystemen (bijvoorbeeld 'kringlooplandbouw', 'agro-forestry' of mixed cropping systems) met een efficiënt gebruik van inputs

<sup>1</sup> <https://www.elsevier.com/research-intelligence/research-initiatives/RVO-reports-2014>

(nutriënten en water). Daarnaast moeten uitgangsmaterialen kwalitatief goede, gezonde en smakvolle producten opleveren, die vrij zijn van onaanvaardbare residuen van pesticiden of antibiotica en lang houdbaar zijn ter voorkoming van voedselverspilling. Tenslotte moeten de producten leiden tot door consumenten gewaardeerd en veilig voedsel.

De beschikbaarheid van genetische variatie is een eerste vereiste om gewassen en dieren te kunnen ontwikkelen die optimaal bijdragen aan de missies van LWV (voorbeeld Figuur 1). Om te kunnen vaststellen of er genetische variatie is voor gewenste eigenschappen moeten nieuwe methoden voor fenotypering worden ontwikkeld, bijvoorbeeld om vast te stellen of er verschillen zijn in het niveau van resistentie of weerbaarheid of de bijdrage aan broeikasgassen bij dieren. Daarnaast zal het materiaal in genenbanken zo goed mogelijk moeten worden geconserveerd en ontsloten.



*Figuur 1. Plantenveredeling begint met het identificeren van genetische variatie voor gewenste eigenschappen, zoals bijvoorbeeld vorm en kleur van tomaten[, maar ook smaak en houdbaarheid en resistentie tegen ziekten en plagen of tolerantie tegen droogte] (Foto: Sjaak van Heusden, Wageningen University & Research).*

## 1.1 Plant - Maatschappelijke meerwaarde Biotechnologie en Veredeling

Robuust en gezond zaaizaad en plant- en pootgoed is essentieel voor een betrouwbare start van de teelt. Plantmateriaal dat gebruikt wordt voor het opsporen van genetische variatie voor resistentie kan bestaan uit andere rassen van hetzelfde gewas, landrassen, die door menselijk ingrijpen in stand gehouden worden en aangepast zijn aan hun natuurlijke leefomgeving, of wilde kruisbare verwanten. Nadat de eigenschap is gevonden in kruisbaar materiaal, volgen er nog vele jaren van selectie, terugkruisen en testen onder praktijk-omstandigheden voordat een nieuw ras beschikbaar komt. Het aantal jaren dat dit proces duurt is mede afhankelijk van de generatieduur van gewassen en van hoe ver het materiaal waarin de eigenschap is gevonden, afstaat van moderne rassen. Voor het verbeteren van de snelheid, precisie en efficiëntie van dit proces zijn moderne (sleutel)technologieën van groot belang.

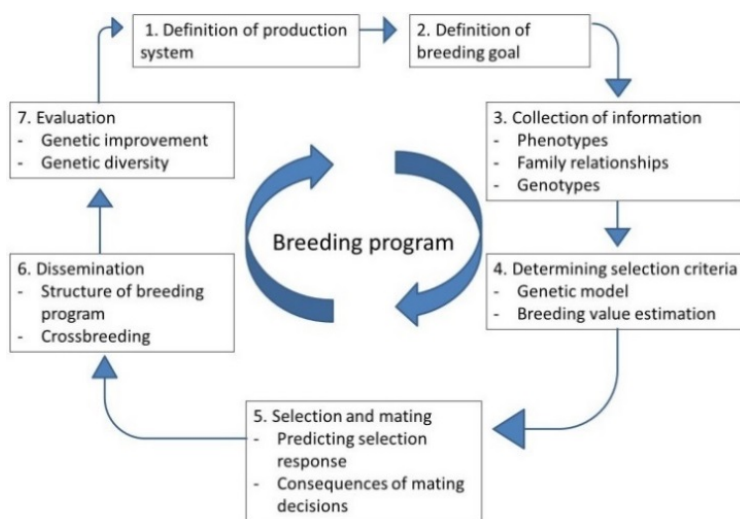
**Plantenveredeling is complex en voor elk gewas uniek. Het is belangrijk om te weten dat een uitvinding of toepassing voor één gewas niet één op één geïmplementeerd kan worden in een ander gewas en dat voor elk gewas telkens opnieuw onderzoek noodzakelijk is om het gewas te verbeteren.**

Gewassen verschillen nogal van elkaar in de mate waarin verschillende moderne technologieën in de praktijk toepasbaar zijn. Dit heeft onder andere te maken met 1) het bestuivingsysteem en de specifieke overerving van eigenschappen per gewas, en 2) de samenstelling en grootte van het genoom.

Daarnaast zijn er grote verschillen tussen gewassen (maar zelfs ook op het niveau van rassen) als het gaat om toepassingsmogelijkheden van moderne veredelingstechnieken. Sommige gewassen zijn zeer recalcitrant, dat wil zeggen dat het voor sommige gewassen niet of nauwelijks lukt om planten op te groeien uit weefselkweek na transformatie, waardoor gene-editing niet in alle gewassen eenvoudig toepasbaar is. Een meer gedetailleerde beschrijving over de verschillen tussen gewassen is te vinden in bijlage 1. De karakteristieke eigenschappen van gewassen en de technologische toepassingsmogelijkheden hiervoor vormen samen de gereedschapskist voor de veredelaar en bepalen op welke wijze plantenveredeling uitgevoerd kan worden.

## 1.2 Dier - Maatschappelijke meerwaarde Biotechnologie en Veredeling

Bij dieren is niet het ontwikkelen van een nieuw ras, maar het selecteren van de beste dieren uit de huidige populatie het belangrijkste. Dit begint bij de gewenste aanpassing aan het productiesysteem en de definitie van het fokdoel. Hieruit volgt het ontwikkelen van niet-invasieve methoden om nieuwe kenmerken te kunnen meten op praktijkschaal. Door het meten van kenmerken en het genotyperen van een groot aantal dieren kan de genetische variatie worden vastgesteld. Dit is de basis om verantwoord passende dieren te fokken voor de toekomstige variatie in productiesystemen (zie Figuur 2).



Figuur 2. Zeven stappen bij de innovatie van een fokprogramma (Roel Veerkamp, Wageningen University & Research)

## 1.3 Plant - Relatie missies van LWV en onderzoeksvragen

Plantenveredeling draagt bij aan de verschillende missies onder LWV. Hieronder volgt een opsomming van de onderzoeksvragen in relatie tot de missies.

### A. Kringloplandbouw

Veredeling van rassen gericht op 1) resistentie tegen biotische en abiotische stress en aangepast aan klimaatverandering om opbrengstverliezen tegen te gaan, 2) betere nutriëntenbenutting (optimaal gebruik van inputs), 3) gebruik maken van het microbioom (het geheel aan micro-organismen rond een plant die bijdragen aan het functioneren van de plant), 4) verhogen eiwitproductie voor mens en dier en 5) bio-based en multi-purpose teelten (gebruik voor voedsel zowel als bio-based vanuit de totale plant) en paddenstoelen geoptimaliseerd voor hergebruik reststromen.

### **B. Klimaatneutrale landbouw en voedselproductie**

Veredeling van rassen gericht op 1) efficiënter gebruik van water en/of energie in kassen en robotisering van teelt en oogst, 2) productie van eiwit, veevoer, polymeren voor chemie en energietoepassingen, 3) efficiëntere fotosynthese.

### **C. Klimaatbestendig landelijk en stedelijk gebied**

Veredeling van rassen gericht op 1) aanpassing aan veranderde klimaatomstandigheden (extreme droogte, verzilting, vernatting of tijdelijke overstromingen (zie Figuur 3), en 2) bio-based en multi-purpose teelten (zie Figuur 4).

### **D. Gewaardeerd, gezond en veilig voedsel**

Veredeling van rassen gericht op 1) lang houdbare producten ter voorkoming van verliezen, 2) variatie in producten (smaak, inhoudsstoffen), 3) gezondheid (personalized nutrition, maar ook voorkomen van mycotoxine-besmettingen), en 4) veredeling van siergewassen en bomen voor een gezonde leefomgeving.

**Ten behoeve van missie A t/m D:** Verbetering zaaizaadtechnologie ten behoeve van de noodzakelijke beschikbaarheid van gezond en robuust uitgangsmateriaal.



*Figuur 3. Een voorbeeld van veredeling voor een 'Klimaat-bestendig landelijk en stedelijk gebied' is het veredelen van gewassen die aangepast zijn aan veranderende klimaatomstandigheden, zoals bijvoorbeeld extreme droogte door een dieper wortelstelsel.*

Dier - Relatie missies van LWV en onderzoeksvragen

Fokkerij draagt bij aan de verschillende missies onder LWV. Hieronder volgt een opsomming van de onderzoeksvragen in relatie tot de missies.

### **A. Kringlooplandbouw**

Veredeling van rassen gericht op 1) betere kwaliteit mest/minder nutriëntenuitspoeling, en 2) het fokken van dieren passend in nieuwe productiesystemen.

### **B. Klimaatneutrale landbouw en voedselproductie**

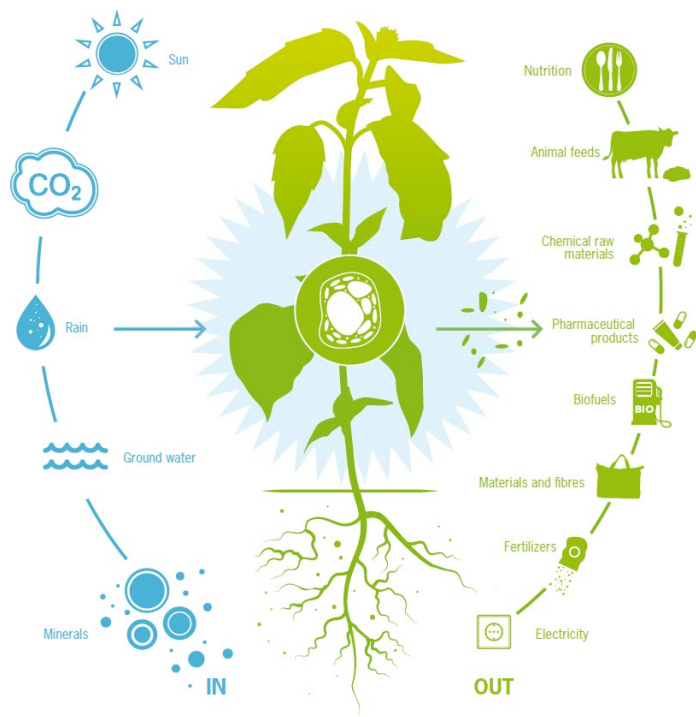
Ontwikkelen van dieren die 1) efficiënter met water en energie om kunnen gaan, en 2) minder broeikasgassen uitstoten.

### **C. Klimaatbestendig landelijk en stedelijk gebied**

Dierrassen die aangepast zijn aan de lokale ecologische omstandigheden (bv. zilte omgeving, natte omstandigheden, etc.).

### **D. Gewaardeerd, gezond en veilig voedsel**

Ontwikkelen van dieren die weerbaarder zijn tegen ziektes en daardoor minder medicijngebruik behoeven.



Figuur 4. Een voorbeeld van veredeling voor een 'Klimaat-bestendig landelijk en stedelijk gebied' is het veredelen van bio-based en/of multi-purpose-gewassen, waarmee verschillende onderdelen van de plant voor verschillende doeleinden gebruikt worden (Figuur: Kay Coenen, Wageningen World 1, 2011).

## 1.4 Overkoepelende technologieën Sleuteltechnologie Biotechnologie en Veredeling

De **missie-doorsnijdende bijdrage van onderzoek op het gebied van plantenveredeling en fokkerij** wijst op het grote belang ervan en maakt dat **Biotechnologie en Veredeling beschouwd moeten worden als een belangrijke verzameling Sleuteltechnologieën** voor de realisatie van diverse maatschappelijke opgaven. Er is een stijgende vraag naar voedsel en diervoeder, dat geproduceerd moet worden met minder inputs van nutriënten en water, minder uitspoeling naar het milieu, en minder uitstoot van broeikasgassen. Daarnaast zal de vraag naar biomassa als grondstof voor materialen en biobrandstoffen toenemen, evenals voor de vastlegging van koolstof in bodems en in de natuur. Binnen de Sleuteltechnologie Biotechnologie en Veredeling worden technologieën ontwikkeld en toegepast om de veredeling van nieuwe rassen te **versnellen** (enkele jaren i.p.v. >10 jaar) en **nauwkeuriger te maken** ('precision breeding'). Daarnaast zal het gebruik van de technologieën resulteren in een **betrouwbare voorspelling** van de te verkrijgen eigenschappen van de rassen ('designing the plant/animal').

**Verbindende technologieën voor zowel plant als dier zijn:**

- 1. Genoomtechnologie (genomics en transcriptomics)** om de genetische variatie in de gewassen en hun verwanten in kaart te brengen, en voor het koppelen van fenotypische en genetische informatie (QTLs), wat vervolgens kan leiden tot het identificeren van onderliggende genen en allelen (DNA-informed breeding).

Met Genomics brengen we het genoom (DNA) van organismen in kaart door sequencen en daaruit volgende DNA merkerontwikkeling. Met DNA merkers kunnen genetische kaarten gemaakt worden en met de merker gekoppelde eigenschappen gedurende kruisingsveredeling gevolgd worden.

Transcriptomics inventariseert de boodschapper-RNA's en laat daarmee zien in welke mate genen tot expressie komen. Voorbeelden van verdere varianten zijn proteomics dat de eiwitten (de producten van het vertalen van de boodschapper-RNA's) in beeld brengt en metabolomics dat de metabolieten (inhoudsstoffen) in beeld brengt. Door het koppelen van al deze informatie, samen met andere fenotyperingen, aan genetische kaarten kunnen eigenschappen geassocieerd worden met bepaalde regio's op het genoom, de QTLs. Door verfijning kunnen via QTLs onderliggende genen voor een eigenschap opgespoord worden. Informatie over merkers, QTLs en genen kunnen door de veredelaar gebruikt worden om een gewenste eigenschap in elite plantmateriaal in te kruisen, leidend tot nieuwe verbeterde rassen.

- 2. Bioinformatica** om de zeer complexe plantengenomen te reconstrueren, te vergelijken, en de verschillen te interpreteren, bijvoorbeeld met betrekking tot speciale eigenschappen van het gewas.

Bioinformatica behelst allerlei software en algoritmes om plantengenomen te reconstrueren uit de ruwe sequentiedata. Vervolgens kunnen de genen en andere elementen (bijv. transposons) in kaart gebracht worden en geannoteerd (functies aangehangen). Verder kunnen genomen vergeleken worden met die van andere soorten of variëteiten waarbij fylogenetische relaties kunnen worden gereconstrueerd of bijv. domesticatie-geschiedenis van een gewas kan worden afgeleid. Al deze informatie kan weer verder worden uitgewerkt met genoomtechnologieën zoals transcriptomics (zie onder 1 hierboven), waarmee de informatie praktisch bruikbaar wordt voor de veredeling.

- 3. Big data** analyses om de koppeling van genoom data met fenotypische data (inclusief die uit automatische sensoren en van drones) tot stand te brengen en die om te zetten tot informatie en kennis over de genetische basis van gewaseigenschappen, die behulpzaam is bij gericht veredelen.

Big data brengen grote hoeveelheden data bij elkaar om nieuwe inzichten te verwerven, in dit geval alle data uit de al beschreven genoomtechnologieën met high-throughput fenotypische data of informatie uit databases van genetische bronnen/plantenlijnen met eigenschappen en/of stambomen (pedigrees). Ook kan gedacht worden aan het samenbrengen van verspreide kennis in de wetenschappelijke literatuur, bijvoorbeeld over QTLs. Tezamen leidt dit tot preciezere kennis van de genetica van gewenste eigenschappen, die de veredelaar in zijn veredelingsprogramma kan inzetten.

- 4. Genomic prediction** gericht op ontwikkeling van modellen om op grote schaal fenotypische eigenschappen te voorspellen op basis van genoominformatie.
- 5. Gene editing (CRISPR/Cas)** als onderzoekstool om variatie te creëren en de functie van genen vast te stellen en aan te passen.

Gene (genome) editing wordt gebruikt om gericht mutaties aan te brengen in een gen om een gewenste eigenschap tot stand te brengen (of als onderzoekstool). Dit is momenteel de meest toegepaste techniek uit de Nieuwe PlantenVeredelingsTechnieken (NPBTs), en degene waarbij de technologische ontwikkelingen, wereldwijd, het hardst gaan. Andere voorbeelden zijn het gebruik van transgene (transformatie) technieken om de veredeling te versnellen zonder dat het "soortsvreemd" DNA in het eindproduct nog aanwezig is.

- 6. Innovatieve technologieën die basisprincipes van veredeling kunnen sturen**, waardoor nieuwe vormen van veredeling mogelijk zijn. Bijvoorbeeld epigenetica om gewaseigenschappen tijdelijk aan te passen, soortkruisingen mogelijk maken of om de overerving van genetisch materiaal te sturen (o.a. haploïdeninductie, asexuele vermeerdering, recombinatie).

Technologieën die doorgaans niet onder de NPBTs vallen maar wel aan verhoging van de efficiëntie van veredeling bijdragen. Voorbeelden: Moeilijke **soortskruisingen** om een gewenste eigenschap een gewas binnen te halen kunnen worden mogelijk gemaakt door bijvoorbeeld embryo rescue (het embryo uit de kruising in vitro opkweken tot een fertiele plant) of celfusie (somatische hybridisatie: laten versmelten van "naakte" plantencellen van de verschillende soorten, hiervoor is regeneratie van fertiele planten uit deze protoplasten een vereiste). Via **haploïdeninductie** gevolgd door verdubbeling kunnen verdubbelde haploïden gemaakt worden. Hiermee kunnen snel populaties voor genetische kartering en homogene ouderlijnen gecreëerd worden. Dit geeft een aanzienlijke versnelling bij het maken van nieuwe plantensoorten, i.h.b. hybride rassen. **Recombinatie** is nodig voor het combineren van gewenste eigenschappen (en het wegwerken van ongewenste). Dit vindt in de meiose [voor het aanmaken van gameten] in de plant min of meer random in het genoom (chromosoom) plaats. Meer greep op dit proces krijgen zou dan ook van groot belang zijn voor de veredeling.

- 7. Fenotypering** gericht op de ontwikkeling van nauwkeurige meetmethoden om verschillende ras- en diereigenschappen op grote schaal en/of onder verschillende condities eventueel in de loop van de tijd in kaart te brengen als onderdeel van het selectieprogramma.

Fenotypering kan high-throughput uitgevoerd worden in speciale kassen met automatische camerasystemen waarmee planten driedimensionaal en in de tijd gevolgd worden onder gecontroleerde omstandigheden. Daarbij kan ook o.a. infrarood gebruikt worden of fluorescentiemetingen om fysiologische eigenschappen (bijv. reacties op stress) non-invasief te volgen. In het veld kunnen drones worden ingezet voor gewasmetingen en daar kunnen de meer wisselende milieuomstandigheden vastgelegd worden door sensoren. Ten opzichte van de enorme ontwikkeling in genomics is de fenotypering qua efficiëntie enigszins achtergebleven door het meer arbeidsintensieve karakter. Met deze ontwikkelingen zou een inhaalslag gemaakt kunnen worden t.b.v. snellere veredeling.

- 8. Zaaizaadtechnologie** is gericht op ontwikkeling van methoden ter verkrijging en behoud van een hoge kwaliteit zaaizaad en pootgoed dat vrij is van ziektes en een hoge vigour bezit.

**Naast deze meer technische aspecten is het in de ontwikkeling van deze technologieën ook nodig aandacht te besteden aan de maatschappelijk acceptatie van deze nieuwe ontwikkelingen. Het is nodig om maatschappelijke actoren meer en intensiever bij nieuwe ontwikkelingen te betrekken, en niet pas bij de introductie van rassen waarin de nieuwe technologieën zijn gebruikt, maar eigenlijk al vanaf het ontwerpen daarvan en de eerste toepassingen (zie bijvoorbeeld 'Safety by design').** Het bespreken van de nieuwste technische ontwikkelingen op het gebied van NBPTs en de mogelijke toepassingen om de uitdagingen waarvoor de landbouw staat te adresseren en maatschappelijke opgaven te realiseren, in 'gebruikerscommissies' met een breed palet aan 'stakeholders' kan een zinvolle aanpak zijn om dit te benaderen.

## 2 Lopende onderzoek

### 2.1 Plant – Relatie tussen missies, lopende onderzoek en technologieën

Op het gebied van veredeling is er bij Wageningen Research geen of nauwelijks KB- of BO-onderzoek. Voor een beschrijving van het lopende onderzoek op het gebied van Biotechnologie en Veredeling is daarom gebruik gemaakt van beschikbare informatie over ongeveer 160 TKI-projecten (zie <https://topsectortu.nl/nl/projecten>). Dit betreft voornamelijk PPS-en (100), zowel lopende als recent afgelopen PPS-en, die tijdens de verschillende calls van de Topsector T&U zijn gehonoreerd. Daarnaast zijn ook de EU-cofinancieringsprojecten (25) en de NWO-projecten met deelfinanciering voor WR-capaciteit (35) meegenomen. Van elk project is onderzocht 1) welke van de genoemde technologieën in het project worden toegepast en 2) onder welk missieprogramma het project het beste past (zie Projectenoverzicht in Bijlage 2). Enkele projecten dragen bij aan meer dan één missieprogramma en/of maken gebruik van diverse technologieën. Op basis van deze informatie is een overzicht gemaakt van lopende onderzoeksprojecten per deelprogramma op TRL niveau (zie Tabel 1). De technologie die het meest in de projecten gebruikt wordt betreft genomtechnologie (107 projecten). Op de tweede plaats staan nieuwe innovatieve technologieën die de basisprincipes van de veredeling kunnen sturen (29 projecten). Voor de implementatie van onderzoeksresultaten loopt er geen of nauwelijks onderzoek met bedrijven, omdat bedrijven dit vooral zelf oppakken. Kleine bedrijven hebben soms wel behoefte aan deze begeleiding.

Tabel 1. Een overzicht van lopende onderzoeksprojecten op het gebied van Biotechnologie en veredeling (Plant) per deelprogramma op TRL niveau is hieronder beschreven.

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennis-verspreiding, netwerken, campagnes etc.)
<b>Deelprogramma ST1: Genomtechnologie</b>				
In kaart brengen van genetische variatie, koppelen genetische informatie (QTLs) met onderliggende genen/allelen (DNA-informed breeding) en ontwikkelen van tools voor breeding.	<b>Ongeveer de helft van de NWO projecten en een kwart van de EU projecten</b> zijn gericht op genfunctie-onderzoek en onderzoeken naar onderliggende genen in QTLs, vaak in modelsoort Arabidopsis maar ook in tomaat als modelgewas.	<b>Ongeveer een kwart van de EU projecten en driekwart van de TKI projecten</b> houden zich bezig met de identificatie van QTLs voor belangrijke eigenschappen. <b>Het grote aandeel projecten in deze categorie geeft het belang van dit type projecten aan.</b> Onderdelen van deze projecten zijn op TRL-niveau 1-3.  Ontwikkelen van software voor genetische studies, <b>onder andere TKI projecten op het gebied van polyplöide gewassen.</b>	Aantonen van effect van QTLs in <b>diverse EU en TKI projecten.</b>  Cursussen: <b>onder andere TKI projecten polyplöide gewassen.</b>	
<b>Deelprogramma ST2: Bioinformatica en big data</b>				
Reconstrueren van complexe genomen, interpreteren van verschillen tussen genomen, software ontwikkeling voor aantonen variatie in genenbankmateriaal en voor benutting in veredeling.	<b>Weinig NWO projecten hierop</b> , in elk geval één in een polyplöid siergewas met een groot genoom, wel <b> twee grote EU projecten aan tomaat.</b>	<b>Ongeveer 20% van de TKI projecten richt zich op bioinformatica en big data. De scheiding tussen TRL-niveaus is hier niet zo duidelijk: ook binnen deze TKI projecten wordt namelijk zeer fundamenteel onderzoek verricht op TRL niveau 1-3.</b>  WOT: Onderzoek naar behoud en toegankelijk maken van genetische bronnen via genomsequencing.	<b>Genoemde TKI projecten</b> richten zich vrijwel altijd ook op het ontwikkelen van gebruikersvriendelijke tools voor partners en derden.	

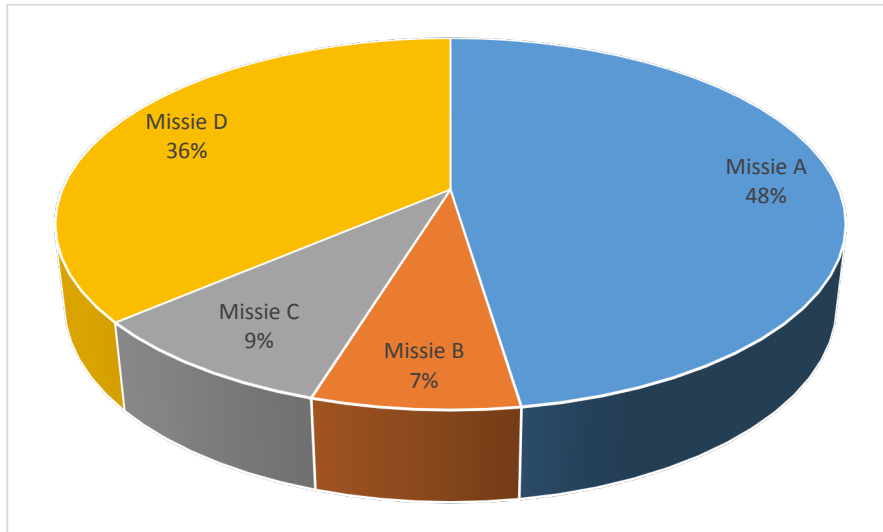


<b>Deelprogramma ST3: Genome-prediction</b>				
Ontwikkeling van modellen voor voorspellen van complexe eigenschappen op basis van genoom-informatie.		<b>Er lopen enkele projecten gericht op software ontwikkeling voor genomic prediction.</b>		
<b>Deelprogramma ST4: Gene-editing</b>				
Creëren van genetische variatie of vaststellen van genfunctie.	<b>Beperkt aantal NWO en EU projecten.</b>	<b>Op dit moment richt zo'n 10% van de TKI projecten zich op gene-editing.</b> Onderdelen van deze projecten zijn op TRL-niveau 1-3.	<b>Enkele TKI projecten (met vooral MKB).</b>	<b>Geen projecten met gene editing of GMO technieken, op gebied van GMO wetgeving lopen en hebben in het verleden BO-projecten gelopen.</b>
<b>Deelprogramma ST5: Nieuwe vormen van veredeling</b>				
<b>Nieuwe veredeling</b> zoals haploïden-inductie, asexuele vermeerdering, gerichte recombinatie.	<b>Ongeveer een kwart van de NWO projecten en de helft van de EU projecten</b> richten zich op fundamenteel onderzoek naar epigenetica, plant- en celfysiologie en/of metabole processen in de plant.	<b>Ongeveer 20% van de TKI projecten richt zich op diverse vormen van nieuwe veredeling.</b> Onderdelen van deze projecten zijn op TRL-niveau 1-3.	<b>Enkele TKI projecten (met vooral MKB).</b>	
<b>Deelprogramma ST6: Fenotypering</b>				
Ontwikkeling van nauwkeurige meetmethoden om op grote schaal eigenschappen in kaart te brengen als onderdeel van het selectie-programma.	<b>Niet duidelijk hoeveel NWO projecten hierop gericht zijn, wel zijn er verschillende EU projecten</b> die zich hier mee bezig houden.	<b>Ongeveer 10% van de TKI projecten richt zich specifiek op de ontwikkeling van fenotyperingstechnieken.</b>  WOT: Onderzoek naar behoud van genetische bronnen.	<b>Een deel van genoemde TKI projecten organiseren cursussen.</b>	
<b>Deelprogramma ST7: Zaaizaadtechnologie</b>				
Onderzoek ter verkrijging en behoud van een hoge kwaliteit zaaizaad en pootgoed dat vrij is van ziektes en een hoge vigour bezit.	<b>Op dit moment lijken er geen NWO projecten te zijn. Er is wel een EU project</b> waarin de relatie tussen aardappelgenotypen en het microbiom wordt onderzocht.	<b>Ongeveer 10% van de TKI projecten richt zich op onderzoek voor zaaizaadtechnologie.</b>	<b>Een deel de TKI projecten organiseren cursussen voor zaadtechnologen. Interessant is dat de kennis ook gedeeld wordt met boeren in ontwikkelingslanden.</b>	

De meeste van de technologische projecten dragen bij aan één van de missieprogramma's van LWV. Daarnaast zijn er ook projecten die gericht zijn op de ontwikkeling van generieke kennis en daarmee alleen vallen onder de Sleuteltechnologie Biotechnologie en Veredeling. Dit zijn bijvoorbeeld projecten op het gebied van genoomsequencing. Deze projecten leiden tot vervolgpjecten waarin onderzoek uitgevoerd zal worden dat een concrete bijdrage levert aan de missieprogramma's. De mogelijkheid om dergelijke projecten te blijven financieren is voor de toekomst dan ook heel belangrijk.

Van alle projecten dragen 85 projecten bij aan missie A. Kringlooplandbouw. Hiervan dragen 50 projecten bij aan veredeling op het gebied van resistentie tegen biotische stress en 23 op het gebied van abiotische stress en 1 project aan beide. 5 projecten zijn gericht op relaties met het microbiom, dit zijn 3 EU-projecten, 1 TKI- en 1 NWO-project. 7 projecten zijn gericht op veredeling voor een efficiënter nutriëntenbenutting, direct of door aanpassing van het wortelstelsel. De bijdrage aan missie B Klimaatneutraal is met 12 projecten veel lager. Hieronder vallen 6 projecten gericht op veredeling voor duurzame glastuinbouw en enkele projecten gericht op veredeling voor land en water gericht op CO<sub>2</sub>-vastlegging en -gebruik. Van de projecten die vallen onder Kringlooplandbouw abiotische stress, zijn er 15 die ook passen onder missie C. Klimaatbestendige landbouw. De meeste van deze projecten

worden gefinancierd vanuit de NWO-Call (7). Maar liefst 61 projecten dragen ook bij aan missie D. Gewaardeerd, gezond en veilig voedsel, waaronder in LWV ook het thema "Gezonde leefomgeving" (of "Greening the cities") is meegenomen, een thema dat niet per se direct een relatie heeft met voedsel. Projecten op het gebied van siergewassen dragen bij aan een gezonde leefomgeving. Gezond voedsel heeft ook te maken met het voorkomen van residuen van bestrijdingsmiddelen en de vorming van mycotoxinen in voedselgewassen. Derhalve dragen projecten gericht op resistentieveredeling tegen ziekten en plagen niet alleen bij aan missie A, maar zeker ook aan missie D. Enkele projecten dragen bij aan meer dan één missie. Zie voor een overzicht Figuur 4.



*Figuur 4. Overzicht van het lopende onderzoek bij plantenveredeling en de relatie met de missie-programma's van LWV. Het is duidelijk dat plantenveredeling bijdraagt aan de missies A, B, C en D, waarbij de bijdrage aan de missies A en D het grootst is.*

## 2.2 Dier – Relatie tussen missies, lopende onderzoek en technologieën

Voor fokkerij is in Tabel 2 is een overzicht gegeven van de relatie tussen het lopende onderzoek en de technologieën. Onderdelen van deze projecten dragen bij aan de missies A. Kringlooplandbouw, B. Klimaatneutrale landbouw, C. Klimaatbestendige landbouw en D. Gewaardeerd, gezond en veilig voedsel.

Tabel 2. Een overzicht van lopende onderzoeksprojecten op het gebied van Biotechnologie en veredeling (Dier) per deelprogramma op TRL niveau is hieronder beschreven.

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennis-verspreiding, netwerken, campagnes etc.)
<b>Deelprogramma: Genoomtechnologie, bioinformatica, big data en genome prediction</b>				
QTL-studies en ontwikkeling van modellen voor voorspellen van complexe eigenschappen op basis van genoom-informatie.	EU-projecten in relatie tot Breed4Food.	PPS Breed4Food: verbeteren gebruik DNA informatie in de fokwaarde-schatting, waar modellen en software wordt ontwikkeld.  WOT: Onderzoek naar behoud van genetische bronnen.		
<b>Deelprogramma: Fenotypering</b>				
Ontwikkeling van nauwkeurige meetmethoden om eigenschappen op grote schaal eventueel in de loop van de tijd in kaart te brengen als onderdeel van het selectie-programma.	EU-projecten in relatie tot Breed4Food.	PPS Breed4Food: Innovaties die het mogelijk om op grote schaal dieren te fenotyperen, gericht op kenmerken en/of technologie of primaire interesse voor de Breed4Food partijen ter verbreding van de fokdoel van koeien, varkens en pluimvee in de richting van efficiency, gezondheid en welzijn.  WOT: Onderzoek naar behoud van genetische bronnen.		

# 3 Witte vlekken

## 3.1 Plant en Dier in relatie tot Sleuteltechnologieën

**Veredeling of fokkerij is voor elk gewas, respectievelijk elke diergroep uniek. Een uitvinding of toepassing voor één gewas of diergroep kan dan ook niet één op één geïmplementeerd worden in een ander gewas of diergroep. Er is telkens opnieuw onderzoek noodzakelijk om planten of dieren via veredeling te verbeteren.**

Kringlooplandbouw en klimaatverandering leiden tot veranderende vragen en eisen die bedrijven en burgers aan gewassen stellen. Te denken valt aan problemen met abiotische stress, zoals bijvoorbeeld overstromingen of juist periodes van droogte, maar ook nieuwe ziekten en plagen. Dat maakt dat de technologieën en onderzoeksonderwerpen, die hierboven beschreven staan allemaal terug moeten komen in de Kennis en innovatieopgaven, zoals zelfs bijvoorbeeld ziekteresistenties waarvoor hierboven al een relatief groot projectenaantal genoemd is. Plantenveredeling is nooit af. Fokkerij evenmin. De technologieën zullen worden doorontwikkeld en gebruikt moeten worden om de planten en dieren van de toekomst te realiseren. Hiervoor is het belangrijk om de eisen van eindverbruikers vanaf het begin goed in beeld te hebben. Een meer ketengerichte aanpak, waarin ook veredelingsbedrijven participeren, kan hiervoor noodzakelijk zijn. Als de wens is om meer plantaardige dan dierlijke eiwitten in allerlei producten te gebruiken is het verstandig om eerst de eisen te formuleren waaraan die grondstoffen moeten voldoen en vervolgens te kijken hoe deze in de plant zijn te realiseren met selectie en veredeling. Een overzicht van de witte vlekken per technologie is weergegeven in Tabel 3.

Tabel 3. Een overzicht van witte vlekken per technologische deelprogramma op TRL niveau is hieronder weergegeven.

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennis-basis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennis-verspreiding, netwerken, campagnes etc.)
<b>Deelprogramma ST1: Genoomtechnologie</b>				
In kaart brengen van genetische variatie, koppelen genetische informatie (QTLs) met onderliggende genen/allelen (DNA-informed breeding) en ontwikkelen van tools voor breeding.	Genfunctie-onderzoek.  Onderzoeken naar onderliggende pathways van eigenschappen.	Ontwikkelen van software voor genetische studies (zoals voor polyplöide gewassen) en/of gebruik van gedetailleerde genoom informatie.  Identificatie van QTLs door identificeren van genetische variatie voor gewenste eigenschappen, ontwikkelen van fenotyperingsmethoden voor nieuwe kenmerken en verkrijgen van populaties, die uitsplitsen voor genetische eigenschappen (inclusief die eigenschappen die van belang zijn vanwege klimaatverandering, vraag naar eiwit, etc.).  <b>Het grote belang van dit type onderzoek geldt voor nu én voor de toekomst (!)</b> (zie Plantum-enquete in Programmeringsstudie).	Aantonen van effect van QTLs in verschillende genetische achtergronden.  Cursussen voor projectpartners en derden om ontwikkelde software in eigen beheer te leren gebruiken.  Ontwikkelen fokwaarde-schatting voor de praktijk.	Geen onderzoek nodig, behalve wellicht voor kleine veredelaars of veredelaars op het gebied van biologische landbouw en start-ups.
<b>Deelprogramma ST2: Bioinformatica en big data</b>				
Reconstrueren van complexe genomen, interpreteren van verschillen tussen genomen, software ontwikkeling voor aantonen variatie in genenbankmateriaal en voor benutting in veredeling.	Ontwikkelen van trainings-data sets en algoritmes voor identificatie van genen en genfunctie.	Ontwikkelen van bioinformatica software voor evaluatie van big data in 'korte' tijdsperiodes (enkele weken i.p.v. maanden/jaren).  Ontwikkelen van modellen en software om genoomsequenties van rassen of gewassen met elkaar te kunnen vergelijken.	Ontwikkelen van gebruikersvriendelijke tools zodat resultaten uit onderzoek ook in de praktijk door partners en door derden gebruikt kunnen worden.	Geen onderzoek nodig, behalve wellicht voor kleine veredelaars, veredelaars op het gebied van biologische landbouw, en start-ups.

<b>Deelprogramma ST3: Genomic prediction</b>				
Ontwikkeling van modellen voor voorspellen van complexe eigenschappen op basis van genoominformatie.	Ontwikkelen van modellen en software die fenotypes en genotypes in een trainingspopulatie kunnen combineren met duizenden tot miljoenen planten en dieren.	Ontwikkelen van modellen en software om fenotype en genotype van gekruiste dieren te koppelen aan zuivere dieren in de fokprogramma's.  Ontwikkelen van genomic prediction voor kleinere rassen, zodat ze gebruik kunnen maken van de informatie uit "grotere rassen".	Op praktijkschaal valideren dat genomic prediction werkt.	Geen onderzoek nodig, behalve wellicht voor kleine veredelaars, veredelaars op het gebied van biologische landbouw, en start-ups.
<b>Deelprogramma ST4: Gene-editing</b>				
Creëren van genetische variatie of vaststellen van genfunctie.	Onderzoeken hoe breed gene-editing toepasbaar is.  Gebruik van genoom editing om de biologie van kenmerken en processen te onderzoeken.	Ontwikkelen van nieuwe efficiënte transformatie en regeneratiemethoden en effectieve methoden voor het inbrengen van CRISPR systemen.  Ontwikkelen van snelle selectiemethoden om effect van uitschakelen of aanpassen van genen te kunnen toetsen.  Kijken waar de natuurlijke variatie beschikbaar is in de praktijk (eventueel als inspiratie voor gerichte mutatie in elite plantmateriaal).	Cursussen voor projectpartners om ontwikkelde technologie in eigen beheer te kunnen gebruiken.	Geen onderzoek nodig, behalve wellicht voor kleine veredelaars en start-ups.
<b>Deelprogramma ST5: Nieuwe vormen van veredeling</b>				
<b>Nieuwe veredeling</b> zoals haploïden-inductie, vegetatieve vermeerdering via weefselkweek, vermeerdering, gerichte recombinatie.	Fundamenteel onderzoek naar epigenetica, plant- en celfysiologie en metabole processen in de plant.	Methodiekontwikkeling b.v. om haploïden bruikbaar te maken in veredeling van polyploïde gewassen.	Cursussen voor projectpartners.	Geen onderzoek nodig, behalve wellicht voor kleine veredelaars en start-ups.
<b>Deelprogramma ST6: Fenotypering</b>				
Ontwikkeling van nauwkeurige meetmethoden om eigenschappen op grote schaal, eventueel in de loop van de tijd, in kaart te brengen als onderdeel van het selectieprogramma.	Onderzoek naar nieuwe generatie sensoren.  Onderzoek naar non-invasieve technieken voor fenotypering.	Ontwikkeling van multi-sensorfenotyperingstechnieken om eigenschappen geautomatiseerd kwantitatief te kunnen vaststellen met robots of camera's aan drones.  Ontwikkelen van fenotypering voor QTL-studies om gewenste eigenschappen consistent te kunnen vaststellen voor koppelen aan genotypische data.	Cursussen voor projectpartners om ontwikkelde technologie in eigen beheer te kunnen gebruiken.	Geen onderzoek nodig, behalve wellicht voor kleine veredelaars, veredelaars op het gebied van biologische landbouw en start-ups.
<b>Deelprogramma ST7: Zaaizaadtechnologie</b>				
Onderzoek ter verkrijging en behoud van een hoge kwaliteit zaaizaad en pootgoed dat vrij is van ziektes en een hoge vigour bezit.	Onderzoek naar de potentie van het zaadmicrobioom en biologicals voor gezond zaaizaad onafhankelijk van chemische gewasbescherming.  Fundamenteel fysiologisch onderzoek gericht op desiccatietolerantie, dormancy, en kieming.	Onderzoeken naar verbetering zaadproductie gericht op verkrijgen van hoge vigour en behoud ervan tijdens behandelingen en bewaring.  Toepassen van fundamentele kennis in de ontwikkeling van methoden om zaadkwaliteit te optimaliseren.  Ontwikkelen van methoden om de invloed van het zaadmicrobioom te bestuderen en te sturen.  Ontwikkeling van methoden om zaadoverdraagbaarheid van ziekten te beperken en pathogenen te doden.	Demonstreren van positieve effecten van microbioom-componenten op zaadgezondheid en methoden om die te versterken.	Trainen van zaadtechnologien om methoden voor het meten van vigour en bewaarbaarheid te kunnen implementeren.

## 3.2 Witte vlekken plantenveredeling in relatie tot de missies

Onderzoek op het gebied van plantenveredeling valt samen met ontwikkelingen op het gebied van Sleuteltechnologieën Biotechnologie en Veredeling. Daarnaast sluit het merendeel van het onderzoek ook naadloos aan bij de missieprogramma's van LWV. Een overzicht van de witte vlekken op het gebied van Biotechnologie en Veredeling voor Plant in relatie tot de missies is beschreven in Tabel 4. De Sleuteltechnologieën die beschreven zijn onder 3.1 zijn de technologieën die in het onderzoek op het gebied van diverse onderstaande witte vlekken zullen worden gebruikt en verder ontwikkeld.

Tabel 4. Nieuwe kennis en innovatieopgaven Sleuteltechnologie Biotechnologie en Veredeling in relatie tot de missies – Plant.

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennisbasis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleids-ondersteunend onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
<b>Deelprogramma 1: Veredelen van nieuwe robuuste rassen van voedsel- en sierteeltgewassen aangepast aan nieuwe teeltsystemen en aan klimaatverandering met resistentie tegen biotische en abiotische stress, efficiëntere benutting van nutriënten en/of optimale interactie met microbioom (Missie A1, A2).</b>				
Veredelen op resistentie tegen biotische of abiotische stress.	Kennis van het pathogeen of plaagorganisme. Identificeren van kruisbare bronnen van resistentie/tolerantie. Ophelderen van onderliggende mechanismen of pathways.	Ontwikkelen van fenotyperingsmethoden voor gewenste eigenschappen (resistentie tegen ziekten en plagen, tolerantie tegen onkruiden, zoutstress e.d.) Identificeren van QTLs en onderliggende genen.	Validatie van merkers door gebruik van verschillende populaties met resistentie/tolerantie in het onderzoek.	Gebruik van merkers voor QTLs in veredelingsprogramma's door bedrijven. Inkruisen van eigenschappen in cultuurmateriaal.
Veredelen op efficiëntere benutting van nutriënten.	Onderzoeken welke planteigenschappen en genen/pathways in verschillende gewassen bijdragen aan NUE (nutrient use efficiency).	Ontwikkelen van fenotyperingsmethoden voor gewenste eigenschappen. Identificeren van QTLs en onderliggende genen.	Validatie van merkers door gebruik van verschillende populaties in het onderzoek.	Gebruik van merkers voor QTLs in veredelingsprogramma's door bedrijven. Inkruisen van eigenschappen in cultuurmateriaal.
Veredelen van rassen die optimaal gebruik maken van het microbioom in de bodem en daardoor robuuster zijn tegen biotische en abiotische stress.	Onderzoeken welke planteigenschappen bijdragen aan optimalisering van het microbioom.	Technieken zijn nodig om de (positieve) effecten van microbioom op de plant te meten en te optimaliseren. Identificeren van QTLs en onderliggende genen voor optimalisatie plant-microbiom-interactie.	Identificeren van gunstige microbiomen voor verschillende gewassen en bijbehorende planteigenschappen.	Toepassing door veredelingsbedrijven.
<b>Deelprogramma 2: Veredelen van uitgangsmaterialen voor eiwitrijkere grondstoffen en meer biomassa, bijvoorbeeld van bonen en lupinen, maar ook bestaande gewassen zoals aardappel, graan (Missie A4).</b>				
Veredelen op opbrengstverhoging en oogststabiliteit van vlinderbloemigen (en andere gewassen) voor plantaardige eiwitten.	Onderzoeken welke planteigenschappen en genen/pathways bijdragen aan opbrengst.	Onderzoeken welke gewassen het meest geschikt zijn voor eiwitproductie. Ontwikkelen van fenotyperingsmethoden en QTLs voor gewenste eigenschappen.	Validatie van merkers door gebruik van verschillende populaties in het onderzoek.	Gebruik van merkers voor QTLs in veredelingsprogramma's door bedrijven. Inkruisen van eigenschappen in cultuurmateriaal.

<b>Deelprogramma 3: Veredelen van gewassen voor non-food toepassingen, bijvoorbeeld biobased gewassen of multi-purpose-gewassen (zie Figuur 4), maar ook paddenstoelen voor verwerking van reststromen of voor de productie van interessante inhoudsstoffen (Missie A3, C2).</b>				
Veredelen van gewassen en paddenstoelen voor hoogwaardige toepassingen voor productie van specifieke eiwitten, veevoer, vezels, bouwmaterialen, polymeren voor de chemie, en verwerken van reststromen voor energietoepassingen.	Fundamenteel onderzoek aan 'nieuwe' gewassen en in kaart brengen van potentieel voor veredeling.  Identificeren van key traits voor specifieke toepassingen (b.v. eiwitten, polymeren) en multi-purpose, en identificatie van onderliggende genen.  Onderzoek naar omzetting ligno-cellulose door diverse paddenstoel vormende schimmels.	Zoeken naar genetische variatie in de bewuste eigenschappen. Identificeren van QTLs voor key traits.  Identificeren van nieuwe materialen en/of chemische bouwstenen (lignine derivaten, gemodificeerd cellulose, schimmels componenten zoals chitine en glucanen).	Aantonen dat het mogelijk en rendabel is om op multi-purpose-gewassen te veredelen.  Testen toepasbaarheid nieuwe materialen en/of chemische bouwstenen.	Toepassing bij veredelingsbedrijven in nauwe samenwerking met andere ketenpartners (verwerkende industrie, diervoederindustrie, enz.).  Productie materialen/chemische bouwstenen d.m.v. paddenstoel-vormende schimmels.  Verbetering van downstream processen d.m.v. veredeling van aangepaste rassen.
<b>Deelprogramma 4: Herstel biodiversiteit via veredeling (Missie A5).</b>				
Verbetering van methoden voor bewaring van genetische diversiteit in ( <i>ex-situ</i> planten) genenbanken, waardoor genetische achteruitgang trager gaat.	Onderzoek naar de fases in de vermeerdering, oogst en opslag die de bewaarbaarheid beïnvloeden.	Ontwikkelen van protocollen om de meest kritische fases te verbeteren.	Demonstraties en publicatie gericht op internationale (planten) genenbanken, workshops, cursussen.	Implementeren bij CGN en die tonen als modelvoorbeeld voor internationale genenbanken.
<b>Deelprogramma 5: Veredelen van uitgangsmateriaal geschikt voor nieuwe, energiezuinige teeltsystemen onder glas en robotisering (Missie B4).</b>				
Veredelen van kasgewassen (food en non-food) voor rendabele teelt onder energiezuinige condities.	Onderzoeken welke effecten het gewijzigde kasklimaat heeft op het gewas in de kas (bijv. vatbaarheid voor schimmels door veranderd micro-klimaat, lichtgebruik enz.).	Identificeren welke plant-eigenschappen aangepast moeten worden voor teelt onder energiezuinige condities.  Identificeren welke QTLs/genen bijdragen aan deze eigenschappen.	Disseminatie van ontwikkelde kennis.	Toepassing door veredelingsbedrijven.
Veredelen van kasgewassen geschikt voor robotisering.	Onderzoeken hoe plantarchitectuur van kasgewassen aangepast dient te worden i.v.m. robotisering.  Onderzoeken welke genen en pathways hieraan bijdragen.	Aanpassen van plant-architectuur via de gevonden genen, evt. in co-creatie met ontwikkelaar robot.	Aantonen dat aangepaste plant betere resultaten laat zien, i.s.m. robotleverancier.	Toepassing door veredelingsbedrijven.
<b>Deelprogramma 6: Veredelen op verhoogde fotosynthese-efficiëntie (Missie B5).</b>				
Verbeteren van gewassen door gerichte veredeling op fotosynthese: verdubbelde fotosynthese.	Ontrafelen van de genetische basis van processen die een rol spelen in de verhoging van de fotosynthese.  Inzicht krijgen in verdeling assimilaten over oogstbare delen en wortelstelsel en sturing daarop e.g. "carbon partitioning" transport, en source-sink relaties.	Selectie van planten die een van nature extreem hoge fotosynthese-activiteit vertonen.  Identificatie en analyse van onderliggende genen.  Introduceren van beste allelen voor verbeterde fotosynthese via moderne verdelings-technieken in cultuurgewassen.  Optimalisatie van "carbon partitioning" per gewas door introductie van gewas-specifieke, optimale allelen.	Evaluatie in kassen van verbeterde gewassen met een hogere efficiëntie van fotosynthese, water en voedingsstoffengebruik onder optimale en suboptimale condities.  Evaluatie van "carbon partitioning" en nutriëntengebruik van de verbeterde gewassen in verschillende productiesystemen.	Ontwikkeling van nieuwe rassen op basis van het verkregen pre-breedingsmateriaal.  Evaluatie van deze nieuwe gewassen in verschillende productiesystemen onder diverse klimatologische omstandigheden.  In samenwerking met de agrarische sector integratie en evaluatie van deze verbeterde gewassen in gewasrotaties.

<b>Deelprogramma 7: Veredelen van stresstolerante, klimaatbestendige gewassen geschikt voor extreme droogte, verzilting, vernatting of tijdelijke overstroming (Missie C2), zie ook deelprogramma 3.</b>				
Veredelen van stresstolerante gewassen geschikt voor extreme droogte, verzilting, vernatting of tijdelijke overstroming.	<p>Identificeren van planteigenschappen die planten in staat stellen om perioden van droogte en wateroverlast te doorstaan.</p> <p>Identificatie van kleine en nieuwe gewassen die stresstolerant zijn, en bepalen wat nodig is qua productie en kwaliteit (versnelde en gestuurde domesticatie).</p>	Identificeren van QTLs voor genoemde eigenschappen in cultuurgewassen, en onderliggende pathways/genen.	Aantonen dat het mogelijk is om op basis van genoemde QTLs droogte- of overstromingstolerante gewassen te ontwikkelen of verbeteren.	Toepassing van de ontwikkelde kennis door veredelingsbedrijven.
<b>Deelprogramma 8: Veredelen op voorkomen van naooogstproblemen, gezond en smakelijk voedsel (Missie D1, D3).</b>				
Veredelen van (sier)gewassen en paddenstoelen met lang houdbare en hoogwaardige, smaakvolle en gezonde producten ter voorkoming van verliezen.	Onderzoeken welke genen en pathways ten grondslag liggen aan houdbaarheid, gezondheid en smaak van producten van diverse gewassen (fundamenteel onderzoek aan inhoudsstoffen, rijping, en naooogst fysiologie).	Maken van populaties en identificeren van QTLs voor de eigenschappen in verschillende gewassen, onderliggende pathways/genen.	Aantonen dat het mogelijk en rendabel is om rassen te ontwikkelen met minder na-oogstverliezen in co-creatie met ketenpartijen.	Toepassing bij veredelingsbedrijven.
<b>Deelprogramma 9: Greening the cities (Missie D5).</b>				
Veredelen van siergewassen, perkplanten en bomen voor een gezonde en groene leefomgeving.	<p>Onderzoeken welke planteigenschappen bijdragen aan een gezond klimaat (wegvangen fijnstof en schadelijke stoffen, verkoelen van stedelijk gebied).</p> <p>Onderzoek naar eigenschappen om aanplant van deze soorten duurzaam te maken en de acceptatie door stedelijke bevolking bevorderen, incl ziekteresistenties.</p>	Ontwikkelen van tools om genetische en fenotypische variatie te creëren.	Aantonen dat nieuw ontwikkelde rassen een positieve bijdrage leveren aan gezonde en groene leefomgeving.	Op de markt brengen van nieuwe rassen
<b>Deelprogramma 10: Zaaizaadtechnologie (Missie A, B, C, D).</b>				
Onderzoek ter verkrijging en behoud van een hoge kwaliteit zaaizaad en pootgoed dat vrij is van ziektes en een hoge vigour bezit.	<p>Onderzoek naar de potentie van het zaadmicrobioom en biologicals voor gezond zaaizaad onafhankelijk van chemische gewasbescherming.</p> <p>Fundamenteel fysiologisch onderzoek gericht op desiccatie-tolerantie, dormancy, en kieming.</p>	<p>Onderzoeken naar verbetering zaadproductie gericht op verkrijgen van hoge vigour en behoud ervan tijdens behandelingen en bewaring.</p> <p>Ontwikkelen van methoden om de invloed van het zaadmicrobioom te bestuderen en te sturen.</p> <p>Ontwikkeling van methoden om zaad-overdraagbaarheid van ziekten te beperken en pathogenen te doden.</p>	Demonstreren van positieve effecten van microbioom-componenten op zaadgezondheid en methoden om die te versterken.	<p>Trainen van zaadtechnologen om methoden voor het meten van vigour en bewaarbaarheid te kunnen implementeren.</p> <p>Toepassing bij veredelingsbedrijven, zaadproducenten en zaadtechnologie bedrijven.</p>



### 3.3 Witte vlekken fokkerij in relatie tot de missies

Onderzoek op het gebied van Fokkerij valt samen met ontwikkelingen op het gebied van Sleuteltechnologieën Biotechnologie en Veredeling. Daarnaast sluit het onderzoek ook naadloos aan bij de missieprogramma's van LWV. Een overzicht van de witte vlekken op het gebied van Biotechnologie en Veredeling voor Dier in relatie tot de missies is beschreven in Tabel 5. De Sleuteltechnologieën die beschreven zijn onder 3.1 zijn de technologieën die in het onderzoek op het gebied van diverse onderstaande witte vlekken zullen worden gebruikt.

Tabel 5. Nieuwe kennis en innovatieopgaven Sleuteltechnologie Biotechnologie en Veredeling in relatie tot de missies – Dier.

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennisbasis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleids-ondersteunend onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
<b>Herstel en benutten biodiversiteit (Missie A5)</b>				
Ontwikkelen van rassen en dieren die goed passen in landbouwsystemen met veel biodiversiteit, cq voor productiesystemen die niet ten koste gaan van de biodiversiteit.	Onderzoeken welke eigenschappenrassen (genebank) meer geschikt maken voor genoemde ecologische functies.	Identificeren van QTLs voor deze eigenschappen.	Aantonen dat het mogelijk en rendabel is om deze eigenschappen in de huidige populatie in te kruisen ecologische functies.	Toepassing door rasorganisaties.
<b>Emissiereductie in bodem en landgebruik in de landbouw (Missie B1)</b>				
Onderzoek verdienmodellen t.o.v. de thans gangbare melkveehouderij in veenweidegebieden indien klimaatmaatregelen worden toegepast.	Kritische eigenschappen van huidige dieren onderzoeken; genetische variatie bepalen en mogelijkheden om hierop te fokken	Fenotypering op grotere schaal en erfelijkheidsgraad schatten en genetische correlaties met productiviteit, gezond en welzijn. Voorspellingen maken en fokdoel uitwerken, en mee nemen in verdien model voor toekomst scenario's.	Laten zien hoe genetische variatie kan bijdragen aan het verdienmodel	Opzetten van indexen om stieren te ranken door fokkerij organisaties en fokken specifiek lijnen.
<b>Duurzame veehouderij (Missie B2)</b>				
Pens- en darmfermentatie:  Onderzoek gericht op het verminderen van de emissies van rundvee en andere herkauwers en eenmagigen. Ook onderzoek op hobbymatig gehouden dieren zoals schapen en paarden.	Fenotypering op grotere schaal en erfelijkheidsgraad schatten en genetische correlaties met productiviteit, gezond en welzijn.	Voorspellingen maken en fokdoel uitwerken, door reken verschillende scenario's, in combinatie met LCA.	Door rekenen effecten van de fokkerij op emissie vermindering.	
Inzet op doorbraaktechnologie om tot een reductie van 80-95% te komen.	Onderzoek naar genetische merkers, en genetische variatie in het microbiome en interactie met host.			
<b>Klimaatadaptieve landbouwsystemen (Missie C2)</b>				
Dierrassen die aangepast zijn aan de lokale ecologische omstandigheden (bv. zilte omgeving, natte omstandigheden, etc.).	Onderzoeken welk genetische relevante variatie beschikbaar is.	Aantonen waar genetische variatie nog aanwezig is en introductie programma ontwikkelen, zonder inteelt risico.		

<b>Veilige voeding met een One Health aanpak (focus op veiligheid, zoönose, antibioticaresistentie en schadelijke emissies uit stallen) (Missie C3)</b>				
Opzetten van een diagnostiek gericht op biomarkers i.p.v. ziekteverwekkers als indicatie van de gezondheid van het dier.	Biomarkers en variatie in microbiome zoeken en vinden die indicatief zijn voor gezondheid.	Op schalen van de biomarker technologie zodat die op veel dieren voor een acceptabele prijs toegepast kan worden.	Demonstratie-experiment op praktijkbedrijven.	
Fijnmazig meetsysteem voor meting gezondheid en groei van gewassen en dieren	Combineren van de mogelijkheden van big data combinatie van verschillende sensoren om gezondheid en welzijn te fenotyperen	Metten op praktijkbedrijven en genetische variatie vast stellen.		
<b>Gezondheid, welzijn en integriteit dier op orde (Missie C4)</b>				
Ontwikkeling van meer weerbare dieren	Fenotypering en DNA kenmerken ontwikkelen die een maat zijn voor weerbaarheid van een dier.	Fenotypering op grotere schaal en erfelijkheidsgraad schatten en genetische correlaties met productiviteit, gezond en welzijn om een duurzaam fokdoel op te stellen	Fokwaardeschatting ontwikkelen en uitvoeren	Toegepast door fokkerijbedrijven
Terugdringen sterfte van jonge dieren	Fenotypering en DNA kenmerken ontwikkelen die een maat zijn voor weerbaarheid van een dier.	Fenotypering op grotere schaal en erfelijkheidsgraad schatten en genetische correlaties met productiviteit, gezond en welzijn om een duurzaam fokdoel op te stellen	Fokwaardeschatting ontwikkelen en uitvoeren	Toegepast door fokkerijbedrijven
Alternatieven voor dierproeven in de voedselproductie	Ontwikkeling van organoid systemen om genetische variatie te kunnen onderzoeken ter vervanging van dierproeven/testen en kijken naar genetische variatie	Op grote schaal organoids ontwikkelen van fokdieren, en testen in het lab voor gezondheid, efficiency, resiliënce	Koppelen van de test resultaten op organoids aan parkrijkinformatie van de nakomelingen.	Organoids toegepast door fokkerijbedrijven



*Figuur 5. Dierenwelzijn is een belangrijk onderwerp onder missie C. Klimaatbestendige Landbouw Bij fokkerij is het selecteren van de hoogst producerende dieren het belangrijkste.*

# 4 Mogelijke consortia en financiering

## 4.1 Plant

Om de interesse van veredelingsbedrijven in de verschillende technologieën te inventariseren passend onder Biotechnologie en Veredeling heeft Wageningen University & Research in samenwerking met Plantum een enquête opgesteld, die door Plantum onder haar leden is verspreid. Plantum is de brancheorganisatie van bedrijven die zich bezig houden met plantaardig uitgangsmateriaal. In totaal hebben er 15 veredelingsbedrijven gereageerd: zes sierteelt-, zes akkerbouw- en drie groenteveredelingsbedrijven. Door de korte periode waarbinnen de enquête moest worden teruggestuurd, is de respons beperkt. Toch lijkt er een redelijk goed beeld van de onderzoeksactiviteiten en -wensen van de gehele sector Uitgangsmaterialen te zijn verkregen (zie Bijlage 3).

### ***Plantenveredeling in relatie tot Sleuteltechnologieën en toepassingen bij bedrijven***

Het eerste gedeelte van de enquête is gericht op de verschillende technologieën die beschikbaar zijn in de sector. Er is de bedrijven gevraagd of ze deze technologieën al zelf gebruiken, of dit later willen doen. Daarnaast is gevraagd of de bedrijven eventueel zouden willen samenwerken in Publiek-Privaat Onderzoek gericht op deze technologieën, nu of later.

Over het algemeen valt op dat er een groot aantal technologieën gebruikt wordt binnen de sector plantaardig uitgangsmateriaal. Daarnaast bestaat er voor veel nieuwere technologieën een duidelijke bereidheid tot pre-competitieve samenwerking. Ook is te zien dat enkele technologieën niet gebruikt worden en dat daar ook geen behoefte tot samenwerking voor is. Met name binnen eenzelfde sector zijn de patronen goed zichtbaar.

Van de groente veredelingsbedrijven zijn er twee grote bedrijven en is er één MKB bedrijf. De twee grote bedrijven werken met en tonen daarnaast ook interesse in samenwerkingsprojecten op het gebied van de meeste technologieën die genoemd zijn, behalve in nieuwe methoden voor vegetatieve vermeerdering. Het MKB veredelingsbedrijf heeft aangegeven uitsluitend interesse te hebben in onderzoek op het gebied van genomsequentie-ontwikkeling en zaaizaadtechnologie. De overige technologieën worden nog niet toegepast. In enkele technologieën heeft men op termijn wel interesse in onderzoek, het betreft hier onderzoek op het gebied van moleculaire merkers, genfunctie door middel van gene-editing, fenotypering en de koppeling met big-data.

Van de sierteelt veredelingsbedrijven zijn er twee grote bedrijven en vier MKB bedrijven, die (indien beschikbaar) gebruik maken van en geïnteresseerd zijn in moleculaire merkerontwikkeling, genetische kaarten en genomsequenties. Ook bioinformatica-tools, fenotyperingsonderzoek en de koppeling met big-data roepen interesse op. De bedrijven hebben geen interesse in samenwerkingsprojecten op het gebied van gerichte recombinatie, synthetische biologie, epigenetica, nieuwe verdelingsmethoden en zaaizaadtechnologie.

Van de akkerbouw veredelingsbedrijven zijn er vijf MKB bedrijven en één groter bedrijf. Er is veel variatie in de gewasgroepen waaraan gewerkt wordt. De aardappelveredelaars maken gebruik van en zijn geïnteresseerd in onderzoek op het gebied van moleculaire merkers, ontwikkeling van genetische kaarten, gebruik van genomsequentie en bioinformatica-tools. De interesse in de ontwikkeling van nieuwe methoden voor haploïden-inductie of nieuwe verdelingsmethoden, gerichte recombinatie, synthetische biologie, fenotyperingsmethoden en big-data verschilt per bedrijf. Bij de andere akkerbouw veredelingsbedrijven is er enige interesse in moleculaire merkers, gebruik van bioinformatica, fenotypering en big-data. Aan de overige technologieën wordt niet gewerkt en is er ook nauwelijks belangstelling voor samenwerkingsprojecten.

### **Interesse van bedrijven voor plantenveredelingsonderzoek in relatie met de missies**

Om een beeld te krijgen van de aansluiting tussen de missies van LWV en de interesse van de veredelingsbedrijven voor onderzoeksonderwerpen is de bedrijven ook gevraagd om aan te geven welke onderzoeksonderwerpen zij belangrijk vinden. Hier zijn 13 reacties op gekomen, die niet verder uitgesplitst zijn naar sierteelt-, akkerbouw- en groenteveredelingsbedrijven. Een samenvatting van dit resultaat is weergegeven in Tabel 6.

- Missie A (Kringlooplandbouw):

Onder missie A geven de meeste veredelingsbedrijven aan dat men onderzoek naar het veredelen van robuuste rassen met verhoogde resistentie tegen ziekten en plagen alsmede tegen abiotische stress het belangrijkste vindt (Figuur 6). Daarnaast is er ook interesse in het veredelen op hogere gewasefficiëntie zodat een hogere productie wordt verkregen met een lagere input. Veredelen van paddenstoelen werd door de deelnemende bedrijven niet aangekruist. Datzelfde geldt voor veredelen van vlinderbloemigen op opbrengstverhoging/oogststabiliteit, en het domesticeren van nieuwe gewassen die geschikt zijn als biotoop voor Nederlandse diversiteit. Dit zijn nog geen mainstreamactiviteiten, en was de steekproef te klein om over deze niches iets te kunnen zeggen.

- Missie B (Klimaatneutrale landbouw en voedselproductie):

Interesse in het veredelen van uitgangsmateriaal geschikt voor nieuwe teeltsystemen onder glas en robotisering werd het meest aangekruist.

- Missie C (Klimaatbestendig landelijk en stedelijk gebied):

De meeste veredelingsbedrijven geven aan dat zij geïnteresseerd zijn in samenwerking om gewassen te veredelen die beter bestand zijn tegen abiotische stress en dan specifiek tegen extreme droogte, verzilting, vernatting of tijdelijke overstroming. Het veredelen van vezelgewassen/biobased gewassen werd het minst aangekruist, maar er zijn zeker een paar bedrijven wel in geïnteresseerd.

- Missie D (Gewaardeerd, gezond en veilig voedsel):

Er is duidelijk interesse in onderzoek naar het ontwikkelen van uitgangsmateriaal dat geschikt is voor langere houdbaarheid van het geogste product, alsmede het veredelen van gewassen op resistentie tegen schimmels en bacteriën die toxines produceren (Figuur 7). Ook tonen de sierteeltveredelingsbedrijven een duidelijke interesse in onderzoek om het veredelen van sierteeltgewassen te stimuleren.

Over het algemeen kan geconcludeerd worden dat veel onderzoeksonderwerpen onder de missies de interesse hebben van de bedrijven. Het is dan ook zeker de verwachting dat er in de toekomst opnieuw consortia gevormd kunnen worden om gezamenlijke onderzoeksprojecten te kunnen uitvoeren. Nederlandse veredelingsbedrijven zijn voor een groot deel internationaal opererende bedrijven. Dat betekent dat zij op allerlei plaatsen in de wereld veredelingsstations hebben waar zij rassen van allerlei gewassen lokaal veredelen zodat deze aangepast zijn aan de lokale omstandigheden en aan de lokale wensen van stakeholders verderop in de keten. **Het onderzoek dat in Nederland wordt uitgevoerd draagt dus onmiddellijk bij aan verduurzaming elders in de wereld.**



*Figuur 6. Onderzoek naar robuuste rassen met resistentie tegen ziekten en plagen past bij missie A en is nog steeds één van de belangrijkste onderwerpen waarvoor veredelingsbedrijven belangstelling hebben om in pre-competitief onderzoek aan te werken (Resultaat Plantum-enquête 2019). Foto's: problemen met witte vlieg in boerenkool (links) en problemen met Fusarium bolrot in een uienveld, waardoor de uienbladeren al voor de afrijping afsterven (rechts).*

Tabel 6. Samenvatting van het resultaat van de Plantum-enquête waarbij de belangstelling van de veredelingsbedrijven voor specifieke onderzoeksvragen passend bij de missies van LWV is onderzocht gerangschikt op volgorde van belangstelling per Missie.

Missie	Deelprogramma	Belangstelling bedrijfsleven <sup>1</sup>
A1 & A2	Veredelen op hogere gewasefficiëntie, zodat hogere producties worden bereikt met lagere input.	****
A2	Veredelen van nieuwe robuuste rassen, passend in de nieuw te ontwikkelen teeltsystemen, met een hoge resistentie tegen ziekten en plagen, alsmede tegen abiotische stress en klimaatveranderingen.	****
A1 & A2	Veredelen van rassen die efficiënter kunnen omgaan met meststoffen of die meststoffen beter kunnen opnemen bijvoorbeeld via een groter wortelstelsel, zodat minder meststoffen nodig zijn in de teelt en minder uitspoeling van nutriënten in het milieu optreedt.	***
A2	Veredelen van uitgangsmateriaal geschikt voor het stedelijk gebied van de toekomst.	***
A2	Veredelen van robuuste rassen die door hun bovengrondse en ondergrondse groei en groeisnelheid minder problemen ondervinden van onkruiden en pathogenen.	***
A2	Veredelen van rassen die optimaal gebruik maken van het microbiom in de bodem en daardoor robuuster zijn en beter bestand tegen (a)biotische stress.	**
A3	Veredelen van gewassen met lang houdbare producten (vruchten, zaden, bloemen) met behoud van kwaliteit.	**
A3	Veredelen van gewassen op 'total use', zodat verschillende onderdelen van de plant voor hoogwaardige toepassingen gebruikt kunnen worden, bijv. eiwitten voor humane voeding, diervoeding, en/of non-foodtoepassingen.	**
A2	Onderzoek of de stikstofbindende eigenschappen door vlinderbloemigen (o.a. erwt) overgedragen kan worden naar andere gewassen m.b.v. veredelings-technologieën.	*
A3	Verbetering van effect van landbouw (uitgangsmateriaal, systeem, praktijk) op de benutting van biodiversiteit en ecologische processen.	*
A3	Paddenstoelenveredeling voor verwerking in zij- en reststromen.	Niet genoemd in de enquête
A4 & B	Veredelen op opbrengstverhoging en oogststabiliteit van vlinderbloemigen voor de productie van plantaardige eiwitten (voorbeeld: opbrengstverhoging lupinen en soja).	Niet genoemd in de enquête
A5	Domesticeren/veredelen van nieuwe gewassen die geschikt zijn als biotoop voor Nederlandse biodiversiteit.	Niet genoemd in de enquête
B4	Veredelen van uitgangsmateriaal geschikt voor nieuwe teeltsystemen onder glas en robotisering.	***
B4	Veredelen van kasgewassen zodat deze rendabel geteeld kunnen worden onder energiezuinige condities.	**
B5	Verbeteren van gewassen door gerichte veredeling op fotosynthese.	**
C2	Uitgangsmateriaal dat geschikt is voor het landelijk gebied van de toekomst.	****
C2	Veredelen van stresstolerante gewassen, die geschikt zijn voor extreme droogte, verzilting, vernatting of tijdelijke overstroming.	***
C2	Veredelen van gewassen voor benutting na de oogst: productie van specifieke eiwitten, veevoer, polymeren voor de chemie, en reststroom voor energietoepassingen.	*
C2	Veredelen van vezelgewassen/biobased gewassen voor optimaal gebruik in de bouw (als isolatiemateriaal) van energie-neutrale woningen en gebouwen.	*
C2	Veredelen van gewassen voor een optimale benutting voor bio-energie als duurzaam alternatief voor aardgas.	Niet genoemd in de enquête
D1	Bijdragen aan het voorkomen van na-oogst problemen en het verbeteren van de houdbaarheid van geogste producten met behoud van kwaliteit.	**
D3	Veredelen van gewassen op resistentie tegen schimmels en bacteriën die toxines kunnen produceren in planten (voorbeeld Fusariumresistentie in tarwe ter voorkoming van problemen met DON).	**
D3	Gezond voedsel door het veredelen van gewassen op resistentie tegen ziekten en plagen, die minder of geen bestrijdingsmiddelen behoeven en daardoor geen of minder contaminanten bevatten.	**
D5	Veredelen van siergewassen, perkplanten en bomen voor een gezonde en groene leefomgeving.	**

(1) De respons op dit onderdeel van de enquête is beperkt gebleven tot 13 bedrijven, waarvan zes veredelingsbedrijven uit de sierteelt, zes uit de akkerbouw en één uit de groenteteelt afkomstig waren. De scores zijn als volgt: bij interesse van 10 of meer bedrijven \*\*\*\*, bij 7-9 \*\*\*, bij 4-6 \*\*, bij 1-3 \*.



*Figuur 7. Onder missie D valt onder andere veredelingsonderzoek naar tarwerassen met resistentie tegen Fusariumschimmels. Resistentie kan bijdragen aan het geheel of gedeeltelijk voorkómen van problemen met mycotoxines, welke later in de keten problemen kunnen veroorzaken bij de productie van gezond en veilig voedsel. Foto's: Fusarium in tarwe is zichtbaar als lichtgekleurde pakjes of aren in een nog-niet afgerijpt gewas (links), producten gemaakt van tarwe (rechts).*

### **Consortia**

Nederland staat op het gebied van plantenveredeling en uitgangsmaterialen mondiaal aan de top. Dit geldt voor alle sectoren: akkerbouw, groenteteelt, sierteelt, bomen en fruit. Deze positie is verworven door een lange historie van uitstekende samenwerking tussen wereldwijd excellerende universiteiten, kennisinstellingen en bedrijven (Elsevierstudie T&U 2014<sup>2</sup>) en de continue innovaties in technologieën, die zowel ontwikkeld als geïmplementeerd worden. Deze samenwerking is mondiaal uniek te noemen. Om deze positie te behouden investeert het veredelingsbedrijfsleven een aanzienlijk percentage in R&D (10-25% van de omzet). Marktintroductie van nieuwe rassen is desondanks nog een langdurig proces (van kruising tot marktbeschikbaarheid duurt, afhankelijk van het gewas, vanaf enkele jaren tot wel 20 jaar). De uitdagingen zijn nu echter zo groot dat we de snelheid waarmee nieuwe rassen kunnen worden gemaakt, verder moeten opvoeren. Dit kan alleen door de precisie te vergroten zodat dubbeldoel gewassen/rassen kunnen worden veredeld, die passen binnen circulaire productie. Het is te verwachten dat rassen, die met behulp van een sleuteltechnologie en vernieuwingen daarin gegenereerd zijn, veel sneller op de markt kunnen komen.

### **Financiering**

De Topsector Tuinbouw en Uitgangsmaterialen is een belangrijke stimulans voor de vorming van consortia tussen Kennisinstellingen, Universiteiten en Veredelingsbedrijven voor het formuleren en uitvoeren van onderzoeksprojecten. De afgelopen jaren was de vraag om budget telkens (veel) groter dan het aantal projecten dat gehonoreerd kon worden nadat deze projecten door de reviewcommissie als "goed" beoordeeld waren. Het in grote aantallen indienen van projectvoorstellen voor gezamenlijk onderzoek door kennisinstellingen en bedrijven, waarbij bedrijven bereid zijn om in-cash en in-kind 50% van de onderzoekskosten voor hun rekening te nemen, geeft duidelijk aan dat er vanuit veredelingsbedrijven een grote wens is om samen te werken met kennisinstellingen en universiteiten. Onderzoek leidt immers tot innovatie en versnelling van de veredeling, het is daarom van groot belang om dit te blijven voortzetten.

De lijst van consortia binnen TKI is te lang om hier in detail te bespreken, daarom zijn alle projecten opgenomen in de tabel in Bijlage 3. Eén voorbeeld waarin op basis van de kennis binnen sierteelt op het gebied van polyploïde gewassen technologie ontwikkeld kan worden die cruciaal is voor voedselgewassen van de toekomst in binnen en buitenland is het TKI-TU project "Novel genetic tools and genomic tools", waar in een consortium met 12 bedrijven is gewerkt aan genetische software die het mogelijk maken om merkergerstuurde veredeling ook in polyploïde gewassen te kunnen toepassen. Het meer fundamentele onderzoek wordt gefinancierd vanuit NWO, tegenwoordig ook met een bijdrage vanuit het veredelingsbedrijfsleven. Daarnaast wordt voor onderzoek gebruik gemaakt van EU gelden. Enkele voorbeelden van EU projecten zijn: EU-CHIC (gene editing technologieën), EU-COSMOS

<sup>2</sup> <https://www.elsevier.com/research-intelligence/research-initiatives/RVO-reports-2014>

(oliecompositie oliegewassen gebruik makend van gene editing), EU-MAGIC (breeding biobased crops on marginal lands), EU-G2PSol (management of genetic resources using genomics), en Elixir (NL and EU data science consortium). Internationaal wordt er bijvoorbeeld samengewerkt met BGI (China) op het gebied van sla in een sequencing-project waarin 2500 sla-genomen worden gesequenced en in een ander consortium (International Lettuce Genomics Consortium (ILGC)) dat mede gefinancierd wordt vanuit de Topsector Tuinbouw en Uitgangsmaterialen en bedrijfsleven in samenwerking UC-Davis (US), en op het gebied van aardappel het International Potato Pangenome Consortium (gecoördineerd door WUR, met Nederlandse bedrijven en VS partners).

## 4.2 Dier

Nederlandse dierfokkerijbedrijven zijn wereldwijd belangrijke spelers, die elk jaar de prestaties van miljarden nieuw geboren productiedieren beïnvloeden. Het gebruik van excellente genetica voegt aanzienlijke meerwaarde toe aan de dierlijke productieketen in binnen- en buitenland, en stelt ketens in staat te innoveren in de gewenste richting. Vanuit de missies zijn grote aanpassing nodig voor de veehouderij, en de fokkerij moet daarvoor de koers aanpassen die beter aansluit bij de behoefte van de nieuwe systemen. Samen met aanpassing van huisvesting, voeding en technologische veranderingen maakt dit dan de gewenste systeemverandering mogelijk. De toegevoegde waarde van genetische verbetering voor alle belanghebbenden in de veeteelt neemt nog verder toe met de opname van genomische informatie in commerciële fokprogramma's. Het gebruik van genomica betekent dat betrouwbare informatie eerder beschikbaar is tegen lagere kosten, en het heeft ook een groot effect op de genetische verbetering van kenmerken waarbij observaties alleen met hoge kosten kunnen worden geregistreerd (bijvoorbeeld individuele voeropname). De economische impact van genetische verbetering gaat hand in hand met maatschappelijke impact, omdat de maatschappij in grote mate invloed heeft op doelen. Bij veerassen is het vooral belangrijk om de top lijnen blijvend te laten aansluiten bij de toekomstige behoefte binnen veehouderijsystemen, en blijvend bij te sturen op basis van innovaties. Verdere valorisatie wordt door de veredelingsbedrijven zelf gedaan. Een aantal van de technologieën beschreven onder 3) bevindt zich nog in de ontwikkelingsfase en moeten nog verder verbeterd worden voor specifieke toepassingen (TRL niveau 2-4).

### *Strategie internationaal*

Nederlandse fokkerij bedrijven zijn internationaal opererende bedrijven. Vanwege de leidende positie zijn ze gerangschikt in de wereldwijde top 5 van hun respectievelijke soort. Dat betekent dat zij op allerlei plaatsen in de wereld fokdieren hebben en dat ze markten proberen te bedienen over de hele wereld. De Nederlandse veehouders zijn vaak een klein gedeelte van de markt, terwijl de veehouders wel eigenaar zijn van de bedrijven. Veel kennisontwikkeling en -innovatie vinden wel in Nederland plaats, en de impact is door de wereldwijde verspreiding van sperma en levende jonge dieren groot. Vooral in fokprogramma's die ook vermenigvuldigingsstappen bevatten (pluimvee en varkens) en er komen dan ook miljarden dieren met verbeterde genetica elk jaar in de voedselproductieketen.

### *Innovatiesysteem en consortiumvorming*

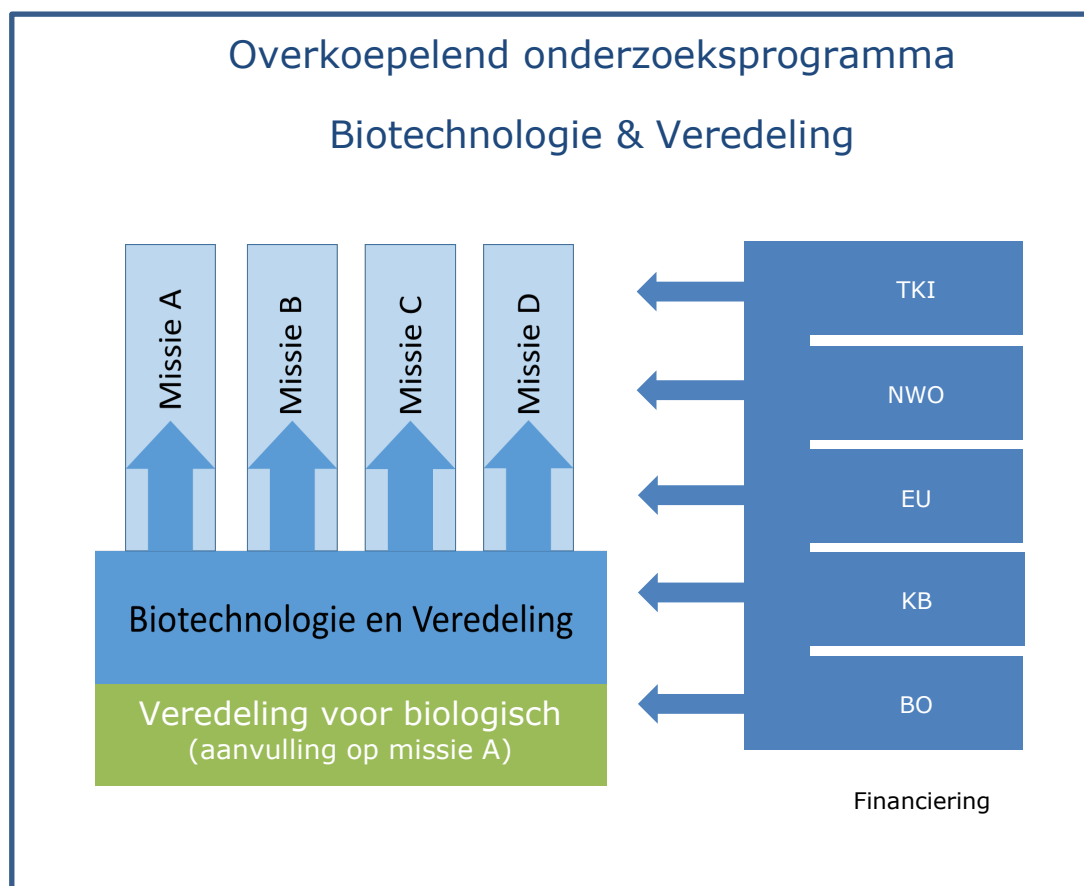
In Nederland zijn vier fokkerij bedrijven verbonden via het Breed4Food consortium.

## 5 Programmeringsadvies

Onderzoek op het gebied van Biotechnologie en Veredeling draagt bij aan de verschillende missies onder het Thema Landbouw, Water en Voedsel (LWV), namelijk A. Kringlooplandbouw, B. Klimaatneutrale landbouw en voedselproductie, C. Klimaatbestendig landelijk en stedelijk gebied en D. Gewaardeerd, gezond en veilig voedsel. Biotechnologie en Veredeling is daarmee een missie-doorsnijdende Sleuteltechnologie. Duurzame voedselproductie begint met het gebruik van gezond uitgangsmateriaal, dat beschikt over een optimale productkwaliteit en een hoge mate van resistentie tegen ziekten en plagen (biotische stress) alsmede een hoge veerkracht, zodat het gewas kan reageren op perioden van droogte of wateroverlast (abiotische stress). Voor het verkrijgen van zulke rassen is veredeling en veredelingsonderzoek essentieel. Plantenveredeling en fokkerij richten zich met het ontwikkelen en selecteren van nieuwe rassen op de toekomst, rekening houdend met veranderingen in de maatschappij, zoals die zijn verwoord in de missieprogramma's van Landbouw, Water en Voedsel. Onderzoek en technologieontwikkeling die nodig zijn voor het verhogen van de efficiëntie van plantenveredeling en fokkerij gaan aan het veredelen van de planten en de dieren vooraf. Dat wil zeggen dat het onderzoek altijd gericht is op de op de langere termijn en helpt gestelde Missiedoelen sneller geëffectueerd te krijgen. Het advies voor de komende vijf jaar is dan ook om met ruim voldoende middelen de passende onderzoeksprojecten te financieren zoals die in de witte vlekken analyse beschreven staan, zie Tabellen 3, 4 en 5 voor sleuteltechnologieën, plantenveredeling, respectievelijk fokkerij.

Uit een eerdere analyse (zie MJP Veredeling 2.0: Exploreren, exploiteren en combineren van genomen) is gebleken dat het mogelijk is om jaarlijks een gemiddeld bedrag aan onderzoeksgelden te kunnen omzetten in diverse projecten op het gebied van plantenveredeling en fokkerij van circa € 24 miljoen vanuit diverse financieringsstromen. De verwachting is dat dit bedrag in werkelijkheid hoger zal zijn omdat de onderzoeksgelden van de universiteiten en hogescholen op het moment dat de MJP geschreven werd nog niet duidelijk in beeld waren. De schatting is dat het bedrag in werkelijkheid oploopt tot circa € 30 miljoen.

In onderstaande figuur is het overkoepelende onderzoeksprogramma voor Plant en Dier vormgegeven:







*Figuur 8. Selectie van aardappelen in het Bioimpuls project, onderdeel van het onderzoeksprogramma Groene Veredeling (2010-2020) gericht op veredelings-onderzoek voor de biologische én gangbare landbouw (foto Edith Lammerts van Bueren).*

Naast deze meer technische aspecten zijn ook methoden en processen nodig om de maatschappelijke acceptatie van deze nieuwe ontwikkelingen optimaal te adresseren. Er is meer en intensievere betrokkenheid van maatschappelijke actoren (op een respectvolle manier) nodig (Responsible innovation). Niet bij de introductie van de nieuwe technologieën, maar eigenlijk al vanaf het ontwerpen daarvan en de eerste toepassingen (Safety-by-design).

Voorts is het belangrijk dat veredelingsonderzoek ten behoeve van de biologische landbouw opnieuw een plaats krijgt in dit onderzoek. De redenen hiervoor zijn dat voor de biologische landbouw deels andere raseigenschappen belangrijk zijn dan voor de gangbare landbouw en dat de biologische landbouw een beperkte markt betreft die tegelijk interessante concepten voor duurzaamheid ontwikkelt, hetgeen publiek onderzoek legitimeert. Te denken valt aan een nieuw onderzoeksprogramma vergelijkbaar met Groene Veredeling (zie Figuur 8), een onderzoeksprogramma van € 1 miljoen per jaar, dat gehonoreerd is voor een periode van 10 jaar, gericht op zowel de biologische als gangbare landbouw, waarin bedrijven voor het grootste deel via een in-kind bijdrage kunnen participeren. Een dergelijk programma past uitstekend onder missie A. Kringlooplandbouw.

## **Governance**

Het is belangrijk dat het programma goed wordt ingebed in een Stuurgroep samengesteld uit vertegenwoordigers van de Gouden Driehoek (**Onderzoek, Ondernemers en Overheid**). Deze Stuurgroep dient twee- tot driemaal per jaar bij elkaar te komen om te komen tot een integrale interdisciplinaire visie op het onderzoeksprogramma Biotechnologie en Veredeling. Hierbij worden de nieuwste technologische ontwikkelingen op hoofdlijnen besproken en wordt ook nagedacht over mogelijkheden voor implementatie en consequenties van de technologieën voor het onderzoek en de maatschappij. In de eerste plaats spelen de Topsectoren T&U en A&F een belangrijke rol. Vanuit het **onderzoek** kan gedacht worden aan vertegenwoordigers van Wageningen Research en van één of meer Nederlandse universiteiten en hogescholen. Voor een vertegenwoordiger vanuit de **ondernemers** is Plantum een belangrijke gesprekspartner voor plantenveredeling. Daarnaast zal een ondernemer via Breed4Food vanuit fokkerij gezocht moeten worden. Vanuit de **overheid** is een afvaardiging vanuit LNV belangrijk, naast vertegenwoordigers van NWO. De link met de missies van LWV en met de NWA kan worden geborgd door van elk programma een missievertegenwoordiger in de Stuurgroep op te nemen. Om de koppeling met de maatschappij te borgen is het belangrijk om ook vertegenwoordigers van maatschappelijke organisaties uit te nodigen om mee te praten, zodat zij betrokken zijn bij de ontwikkelingen op het gebied van Biotechnologie en Veredeling en hun zorgen en wensen daarover kunnen inbrengen. De organisatiestructuur van het programma zal tijdens de eerste bijeenkomst van de Stuurgroep worden voorgesteld en besproken.



# Bijlage 1    Overzicht sleuteltechnologieën

In juni 2018 is een rapport verschenen getiteld “Kwantitatieve analyse van onderzoek en innovatie in sleuteltechnologieën in Nederland”, opgesteld in opdracht van het Nederlandse Ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK) door Elsevier Research Intelligence (zie Figuur hieronder). In dit rapport wordt een overzicht gegeven van clusters van sleuteltechnologieën. Dit overzicht noemen we hier omdat het een context geeft aan deze programmeringsstudie. Biotechnologie en Veredeling heeft raakvlakken met delen van de sleuteltechnologie Life sciences technologies (Gene editing, Genomics en Synthetic cell technology) en Digital technologie (Big data and data analytics).

Category	Technology name
Advanced Materials	Bio (related) materials and soft material Composite and ceramics Designer and meta materials Energy conversion Energy storage materials Optical/electronic/magnetic materials (incl 2D and graphene) Smart/self healing/self-organising materials Structural materials Thin films and coatings
Chemical technologies	(Bio)Process technology including process intensification Analytic technologies Catalysis Electrification / Hydrogen technology / power to gas Microreactors Separation technology
Digital technologies	Artificial intelligence (incl. machine and deep learning) Big data and data analytics Block chain Encryption technologies/ digital security High Performance Computing Grid Computing and Cloud Technologies/Computing
Engineering and fabrication technologies	(Opto)mechatronics  Additive manufacturing/3D printing Cyberphysical systems High frequency and mixed signal technologies Imaging technologies Robotics Sensors and actuators
Life sciences technologies	Biocatalysis Biochips and biosensors Biofabrication Gene editing/precise genetic engineering Genomics/proteomics/metabolomics/ glycomics/X-omics Industrial biotechnology (white) Nanomedicine Organ on a chip Stem cell technology Synthetic cell technology
Nanotechnologies	Bionanotechnology Micro and nanofluidics Nanomanufacturing Nanomaterials Nanoscale devices Semiconductor devices
Photonics and light technologies	Integrated photonics  Photon generation technologies Photonic detection Photovoltaics
Quantum technologies	Quantum communication Quantum computing Quantum sensors and metrology



## Bijlage 2 De gereedschapskist van de veredelaar – verschillen tussen gewassen.

De veredelaar heeft een diverse gereedschapskist aan technieken tot zijn beschikking maar de mogelijkheden variëren sterk afhankelijk van de specifieke eigenschappen en de mate van ontwikkeling van een gewas. In een modelgewas als tomaat kunnen vrijwel alle technologische mogelijkheden van de moderne veredeling worden toegepast, maar zelfs tomaat mist een enkele basale mogelijkheid zoals de toepassing van CMS (cytoplasmatische mannelijke steriliteit) voor het maken van hybride (F1) rassen. Al deze technologieën zijn er erop gericht de veredeling efficiënter, d.w.z. sneller en/of preciezer, te maken. Generatietijd kan al beperkend zijn voor de snelheid van veredeling, i.h.b. bij houtige gewassen die pas na enkele jaren voor het eerst bloeien, zoals appel. Hier is met klassieke en nieuwe veredelings technieken (NPBTs) een significante versnelling mogelijk. Grote variatie zit verder in genoomcomplexiteit, tomaat of appel hebben een betrekkelijk klein genoom, terwijl tarwe en ui een groot genoom hebben waardoor die laatste pas recent zijn gesequenced. Voor sommige siergewassen zoals tulp geldt dit in nog sterkere mate. Om de genoomgrootte enigszins in perspectief te plaatsen is het volgende voorbeeld illustratief: een ui heeft acht chromosomen en één chromosoom van ui is net zo groot als het volledige genoom van mais, de korte arm van chromosoom 8 is even groot is als het volledige genoom van rijst, terwijl het satelliet van chromosoom 5 even groot is als het volledige genoom van *Arabidopsis thaliana* (Zandraket). De overerving is relatief eenvoudig in diploïde gewassen, die alle chromosomen in tweevoud hebben (veel akkerbouw- en groentegewassen) en complex in polyploïde gewassen, die de chromosomen in vier- (aardappel, diverse siergewassen), zes- (tarwe) of achtevoud (aardbei) hebben. Een overzicht van verschillen tussen gewassen is opgenomen in Tabel 1.

Dit betekent dat het gemak waarmee DNA merkertechnologie kan worden toegepast varieert, al beschikken veruit de meeste gewassen tegenwoordig over mogelijkheden voor "marker-assisted selection" (MAS, merker-gestuurde selectie). Het karteren van merkers op polyploïde genomen is echter pas recent verbeterd door speciale software ontwikkeld in TKI-projecten. Een andere factor is het complex van eigenschappen dat van belang is voor de mogelijkheid hybride rassen op de markt te brengen. Het gaat dan om de bestuiving: is het gewas zelf- of kruisbestuivend, of een mix van beide, kunnen er verdubbelde haploïden (DHs) gemaakt worden (versnelling van de productie van homozygote ouderlijnen), en is er een systeem dat zelfbestuiving van de moederlijn tegengaat, d.w.z. mannelijke steriliteit, bij voorkeur cytoplasmatische (CMS). Belangrijk voor de toepassing van allerlei moderne technologie zoals transformatie of gerichte mutatie zijn de mogelijkheden van *in vitro* cultuur, d.w.z. of weefselkweek en regeneratie van fertiele planten mogelijk is, bijv. ook in de vorm van protoplasten (dit zijn celwandloze cellen in vloeistofcultuur). Protoplasten maken niet alleen celhybridisaties tussen verder uiteen liggende soorten mogelijk, maar ook het inbrengen van transgene constructen of RNA/eiwitcomplexen voor het aanbrengen van gerichte mutaties (bijv. CRISPR-Cas). Paprika is een voorbeeld van een zogenaamd recalcitrant gewas, dat moeilijk transformeerbaar is en daarmee ook ontoegankelijk voor gerichte mutatie. Tot slot is een andersoortige factor de (markt)grootte van een gewas, zo blijft veldboon nog achter in toepasbare tools, hoewel het tegenwoordig in de belangstelling staat als alternatief eiwitgewas. Dit kan ook gevolgen hebben voor de hoeveelheid beschikbare variatie zoals plantenlijnen en rassen, en bijvoorbeeld ook mutanten populaties. **Al deze factoren hebben tot gevolg dat ook inmiddels als klassiek te boek staande technologieën voor bepaalde gewassen nog om vernieuwend onderzoek kunnen vragen om ze alsnog tot ontwikkeling te brengen (zie voor een overzicht Tabel 1).**

Tabel 1. Overzicht van eigenschappen van en technologische toepassingsmogelijkheden voor verschillende gewassen (naar een idee van Guusje Bonnema, vak Design of Plant Breeding Programs, onderdeel van de MSc Plant Science specialisatie Plant Breeding and Genetic Resources).

Technical considerations											
Crop name	Ploidy level	Propagation	Seed propagation	Generation time	Genome size	Hybrid F1 cultivars	Male sterility	DH	Protoplasts/cell fusion (somatic hybridization)	GM	NPBTs
<b>Arable field crops</b>											
barley ( <i>Hordeum vulgare</i> )	diploid	sexual	yes	annual	large	experimental (self-pollination flower biology)	no	yes	yes/no	experimental (recalcitrant)	cisgenesis, genome editing
maize ( <i>Zea mays</i> )	diploid	sexual	yes	annual	medium	common	CMS	yes	yes/no	commercialized	genome editing, null segregants (hybrid cv production)
oilseed rape ( <i>Brassica napus</i> )	tetraploid	sexual	yes	annual	medium	common	CMS	yes	yes/yes	commercialized	genome editing
potato ( <i>Solanum tuberosum</i> )	tetraploid	vegetatively	no (but F1 hybrid in development)	annual	medium	experimental	CMS	yes	yes/yes	commercialized	cisgenesis, genome editing
<b>Vegetable field crops</b>											
asparagus ( <i>Asparagus officinalis</i> )	diploid	sexual & vegetatively	yes	biennial	medium	common	na	yes	yes/yes	experimental	no
cabbage ( <i>Brassica oleracea</i> )	diploid	sexual	yes	annual	small	common	CMS	yes	yes/yes	experimental	genome editing
carrot ( <i>Daucus carota</i> )	diploid	sexual	yes	biennial	small	common	CMS	no (experimental)	yes/yes	no	genome editing
faba bean ( <i>Vicia faba</i> )	diploid	sexual	yes	annual	large (not sequenced yet)	experimental	CMS (unstable)	no (experimental)	no/no	experimental	no
leek ( <i>Allium porrum</i> = <i>ampeloprasum</i> )	tetraploid	sexual	yes	biennial	large	common	MS	yes (experimental)	yes/yes	no	no
lettuce ( <i>Lactuca sativa</i> )	diploid	sexual	yes	annual	medium	no	GMS	no (experimental)	yes/yes	experimental (recalcitrant)	cisgenesis, genome editing
onion ( <i>Allium cepa</i> )	diploid	sexual	yes	biennial	large	common	CMS	yes (experimental)	yes/yes	experimental (recalcitrant)	no
spinach ( <i>Spinacia oleracea</i> )	diploid	sexual	yes	annual	medium	common	na	experimental (recalcitrant)	yes/no	experimental (recalcitrant)	no
<b>Vegetable glasshouse crops</b>											
pepper capsicum annumum)	diploid	sexual	yes	annual	medium	common	CMS	yes	no (experimental, recalcitrant)/no	experimental (recalcitrant)	no
tomato ( <i>Solanum lycopersicum</i> )	diploid	sexual	yes	annual	medium	common	GMS	no (recalcitrant)	yes/yes	experimental (hardly commercialised)	genome editing
<b>Ornamental crops</b>											
chrysanthemum morifolium)	hexaploid	vegetatively through cuttings, tissue culture	yes	annual	medium	no	no	no (experimental)	yes/yes	experimental	genome editing
<b>Fruit crop</b>											
apple ( <i>Malus domestica</i> )	diploid	vegetatively through cuttings (and rootstocks)	yes	several years	small	no	no	no (experimental)	no (no plant regeneration)/no	commercialized	genome editing, null segregants (early flowering)

# Bijlage 3 Projecten Biotechnologie en Veredeling – Plant

		Sleuteltechnologieën algemeen	Genoomtechnologie	Bioinformatica & Big data	Gene editing	Innovatieve veredeling	Fenotyperingstechnieken	Zaaizaadtechnologie	Missies A	Missies B	Missies C	Missies D
Novel roots for novel traits (tomaat)	TKI		x						A1/A2	B4		
ROOTPOWER (tomato)	TKI		x						A1/A2			
Fijnkartering tulp resistenties en ontwikkeling nieuwe veredelingsmethoden	TKI		x						A2			D5
Lasting Beauty/SciFi	TKI				x				A2			D5
Counteracting Botrytis and Alternaria infection by interfering with plant susceptibility genes (cri spr)	TKI				x				A2			D3
Finding the Achilles' heel of Brassica for Black Rot disease	TKI		x		x				A2			
Resistance mechanisms against thrips in chrysanthemum and its relatives	TKI		x						A2			D5
Resistance mechanisms against thrips in wild relatives of onion	TKI		x						A2			D3
Novel tools to breed potato for resistance against obligate biotrophic pathogens (screening/mapping R genes targeted by effectors)	TKI		x						A2			D3
Whitefly resistant Poinsettia to reduce insecticide use	TKI		x						A2			D5
Weerbare rozen nu eindelijk in zicht!	TKI		x						A2			D5
Fenotypische plasticiteit in wortelarchitectuur: de sleutel tot tolerantie voor parasitaire aaltjes in planten	TKI		x				x		A2			
Transcriptional networks up- and downstream of the negative regulators of plant immunity DMR6 and D LO1	TKI			x					A2			D3
PALLIFIT	TKI								A2			
Meer aardbeien met minder pesticiden	TKI								A2			D3
Routes van Xanthomonas campestris die resulteren in zaadinfecties in Brassica	TKI							x	A2			D1
Identification of genes in tomato and other crops for resistance or susceptibility to Verticillium wilt	TKI		x		x				A2			
Involvement of SUMO in Geminivirus replication in crop plants	TKI		x		x				A2			D3

An integrated genomics and effectomics impulse for potato wart resistance management and breeding	TKI		x						A2			
NEMATOLOS	TKI		x		x				A2			
Mechanism of thrips resistance in Capsicum	TKI		x						A2			D3
Novel Pest Resistance in Tomato	TKI		x						A2			D3
High throughput phenotyping plant resistance to sucking insect pests	TKI						x		A2			D3
Fusarium resistentie voor gestapelde resistentie tulp	TKI		x						A2			D5
Hydathodes, the wide open natural openings for Black Rot Disease caused by Xanthomas	TKI		x						A2			
Strategic breeding for resistance to downy mildew by monitoring and deploying pathogen effector genes	TKI		x	x					A2			D3
Development of a novel, inexpensive, yet powerful approach for finding genes, applied to impaired susceptibility genes for durable resistance in cucumber	TKI		x						A2			D3
Fine mapping of LMoV and syteny to other Lily sections	TKI		x						A2			D5
Administering pesticides to tulip bulbs by using film coatings as carriers	TKI							x	A2			D5
Improved and durable resistance: Multi-layered plant defence against pathogens	TKI		x						A2			D3
Een HTP merker platform voor het verkrijgen van brede Nematodenresistentie in aardappel	TKI		x						A2			
Breeding for improved combined stresses	TKI								A2		C2	D3
Development of a new, high-producing rubber crop: rubber chicory	TKI		x			x				B5		
Elucidating the impact of low temperature storage on tomato fruit flavor; possibilities for genetic improvement	TKI		x									D1/D2
Zaadfysiologie bij intermediaire vochtgehalten	TKI							x				D1
Estimating the effect of oxygen on seed storage	TKI							x				D1
Non-invasive phenotyping of postharvest quality traits in tomato and strawberry	TKI						x					D1
seEdNose	TKI						x	x				D1
Verhogen van zaadkwaliteit en zaadproductie bij tomaat	TKI							x				D1
Niet-destructieve meting van groeikracht van zaad	TKI						x	x				D1
High throughput phenotyping tomato flavour	TKI		x				x					D2
Fine mapping tomato taste - bringing CBSG results to the breeders	TKI		x									D2



High pigment potatoes for a healthy lifestyle	TKI		x									D2
Capsicum Genome Initiative	TKI	x	x	x								
Novel genetic and genomic tools for polyploid crops	TKI	x	x	x								
Building the Green Hapmap?	TKI	x	x	x								
Ontwikkeling Genotyping-by-sequencing in Polyploiden	TKI	x	x	x								
Nieuwe typen en kennis van small-RNA planten	TKI	x	x			x						
International Lactuca Genomics Consortium (IGLC)	TKI	x	x	x								
Discovery toolkit for small-RNAs relevant to plant breeding	TKI	x	x			x						
100 Meloen Genoom Project	TKI	x	x	x								
Begonia voor genetische analyses in polyploiden	TKI	x	x	x								
Innovation accelerator genetic variation in Brassica oleracea	TKI	x	x	x								
Narrowing the gap between genomics and precision breeding	TKI	x	x	x								
Haplotype Atlas of Potato	TKI	x	x	x								
SEQUON - Sequencing the Onion Genome	TKI	x	x	x								
Genetic analysis tools for polyploid	TKI	x	x	x								
Re-booting potato; enhancing the breeding of hybrid diploid potato using statistical genetics and computer simulations	TKI	x		x								
A de novo sequencing catalogue B oleracea	TKI	x	x	x								
Genome reconstruction and structural detection for Solanum lycopersicum	TKI	x		x								
COntrolling REcombination for fast, innovative breeding of resilient crops (CORE)	TKI	x				x	x					
Induction of Plant Regeneration	TKI					x	x					
Strain instability in fungi as a model for the study of recombination and epigenetic regulation of meiosis	TKI	x					x					
A new method for potato breeding: the "Fixation-Restitutio" approach	TKI	x					x					
Taking HDAC-Inhibitors to the Next Level in Doubled-Haploid Embryo Production	TKI	x					x					
Improving fertility and seed set in Chrysanthemum-2018	TKI	x					x					
Improving fertility and seed set in Chrysanthemum-2017	TKI	x					x					
CHIC, Chrysanthemum Haploid Induction through chromosome elimination	TKI	x					x					
Breeding in overdrive, life cycle shortening by omitting vernalization requirement	TKI	x					x					

Improvement of the quality of tissue-cultured plants by fixing problems related to an inadequate water balance/stress in weefselweek-II	TKI	x											
Improving Doubled-haploid (DH) embryo production systems by inhibitors of histone acetylases	TKI	x											
Increasing breeding efficiency by life cycle shortening	TKI	x											
A Chemical Genomics Approach for Overcoming Bottlenecks in Plant Propagation	TKI	x											
Robust Robotic Image-based Phenotyping for Genetic Improvement of complex Crops	TKI	x											
Stikstof-efficiëntie bij spinazie	TKI-GV		x							A1/A2			
Stikstof-efficiëntie bij kool	TKI-GV									A1/A2			
Kalktolerantie in lupine	TKI-GV									A1/A2			
Tripsresistentie in prei	TKI-GV								x	A2			D3
Bio-Impuls 2	TKI-GV		x							A2			D3
Genetics and mechanism of Aphid resistance in Capsicum	TKI-GV		x							A2			D3
A multidisciplinary approach for damping-off resistance in spinach	TKI-GV								x	x	A2		D3
Ontwikkeling toets om tolerantie van rassen voor appelbloedluis te screenen	TKI-GV								x		A2		D3
Versnelde selectie van low input rassen fruit: schurft en vruchtboomkanker	TKI-GV								x		A2		D3
Coloradokever in Oekraïne en Nederland	TKI-GV								x		A2		D3
Resistentie tegen Botrytis en Sclerotium in ui	TKI-GV								x		A2		D3
HeatYield - stabilising crop yield in a warming world	TKI		x								A2		C2
From QTL to gene: cloning the Brassica gene for improved seedling photosynthesis upon cold stress	TKI		x								A2	B4/B5	
Seedling shoot development under stress-Brassica	TKI		x							x	A2		
Seedling shoot development under stress-Tomato	TKI		?							x	A2		C2
HotTomatoes	TKI		x								A2		C2
Breeding for abiotic stress tolerance in potato	TKI										A2		C2
Biologische baktarwe als casus	TKI-GV										A2		D2
Heterogene tarwerassen	TKI-GV										A2		
Versterking van plantweerbaarheid tegen ziekten en plagen door aanpassing van het plant microbiom	TKI		x								A2		
Role of helper microbes enhancing downy mildew on leafy vegetables	TKI										A2		D3

Breeding for reliable, harvestable, and high-quality yield in tomato – From genotyping to phenotyping a core tomato collection	TKI		x						A4			D2
Met innovatieve plant architectuur naar maximale opbrengst	TKI		x		x					B4		
LED lighting in chrysanthemum	TKI									B4		D5
Optimization of forced flowering Hydrangea – a molecular analysis of the effects of cold	TKI		x						A1/A2	B4		D5
Biomarker-selectie tomaat	TKI-GV		x						A1/A2	B4		
NEFERTITI	EU								A1			
PGR secure (whitefly cabbage)	EU		x						A2			D3
VALITEST: Validation of diagnostic tests to support plant health	EU								A2			
Optima	EU								A2			D3
Dimorphic fruits, seeds and seedlings as adaptation mechanisms to abiotic stress in unpredictable environments	EU		x						A2		C2	D1
ROOT (roots in resilience to salinity in tomato)	EU		x						A2		C2	
VitiSmart - Toward a sustainable viticulture: Improved grapevine productivity and toleranc	EU								A2			D3
PotatoMETABIOME	EU		x						A2			
GREENRESILIENT	EU								A2	B4		D3
LegumeGap	EU		x						A4			
Diverimpacts	EU								A5			
DRIVE4EU	EU		x							B5		
New Plant Breeding Techniques; Chicory as a multipurpose crop for dietary fibre and medicinal terpenes (CHIC)	EU				x					B5		
MultiHemp / Multipurpose hemp for industrial bioproducts and biomass	EU		x								C2	
Traditom (genetics & quality of traditional tomato cvs)	EU		x	x								D2
ProCoGen (genome-wide prediction methods in conifers)	EU	x	x									
EU WHEALBI	EU	x	x									
ELIXER (genotype-phenotype from combining datasets)	EU	x										
G2P-SOL / Linking genetic resources, genomes and phenotypes of Solanaceous crops	EU	x										
EPITRAITS (epigenetics of flowering)	EU	x				x						
COMREC (meiosis research)	EU	x				x						
FruitBreedomics (new technologies in breeding apple & peach)	EU	x				x						
Bloeitijd plasticiteit in de zandraket in reactie op signalen uit de omgeving	EU	x				x						

European Plant Embryology Consortium (EURO-PÉC)	EU	x				x						
Bestuiving in gevaar?	NWO						x		A2			D3
Regulation of fungal effector gene expression during plant infection	NWO		x						A2			D3
Master old resistance in new tomatoes: transcriptional control of metabolite production by small RNAs	NWO		x						A2			D3
Development of a HTP screening platform for targeted selection of GM-free genotypes with novel recognition specificities based on the rational design of functional R-genes	NWO						x		A2			D3
Whitefly effectors and their in planta targets in tomato	NWO		x						A2			D3
Effector proteins of Botrytis elliptica as tools for resistance breeding in lily against fire blight disease	NWO		x						A2			D5
TOPLESS a novel S gene: Unravelling the manipulation of Topless by a conserved effector from Fusarium oxysporum	NWO		x		x				A2			D5
Targeted allele replacement	NWO				x				A2			D3
Blight in the spotlight; an innovative microscopic assay for unravelling and quantifying the Phytophthora infestans	NWO		x						A2			D3
NO problem: ethylene-induced regulation of nitric oxide confers flooding tolerance in plants	NWO					x			A2		C2	
Exploitation of Copy Number Variation for rapid improvement of abiotic stress tolerance in crops	NWO		x						A2		C2	
The search for temperature insensitive Cauliflower	NWO		x						A2		C2	
Characterising the molecular-physiological basis of pollen abortion upon prolonged high temperature stress	NWO		x						A2		C2	
Unravelling the role of PLC in plant drought and heat stress tolerance: Exploring the potential of PI metabolism to improve crop yield	NWO								A2		C2	
Understanding responses to simultaneously and sequentially occurring abiotic stresses typical of climate change in rice and Arabidopsis	NWO		x						A2		C2	
Plants grow with a foot on the brake: How the promiscuous MPK6 kinase universally represses acclimation to warm and cold temperature signals	NWO		x						A2		C2	

The Azolla metagenome: devising a novel breeding paradigm based on the coevolution of genomes from crop plant and microbial endophytes	NWO		x						A2/A5	B5		
Unravelling the enigma of dual propagation strategy of plants	NWO		x						A3			
Understanding and predicting the Phenotype of Phalaenopsis Orchids in different environments	NWO						x			B4		D5
Hoe komt variatie in vroegrijpheid en knolvorm tot stand in aardappel?	NWO		x									D2
Enjoying the fruits of knowledge: cracking the Cis-regulatory code of genes controlling sugar accumulation in tomato	NWO		x		x							D2
Exploring the unexplored: Unravelling genetic variation for the cyto-nuclear interaction in Arabidopsis thaliana	NWO	x	x									
Genomic prediction within and among ploidy levels: an example in potato (PredAPloid)	NWO	x	x									
Next-generation optical mapping for high-throughput genotyping	NWO	x	x									
Pelargonium genomics for overcoming cytonuclear incompatibility and bridging species barriers	NWO	x	x									
Genetische kaart in polyploïde Phalaenopsis	NWO	x	x	x								
Yield prediction based on QTLs for yield components using crop ecophysiological models	NWO	x	x									
Targeted allele replacement	NWO	x				x						
Geknipt voor de toekomst! (epigenomics general technique but example medical)	NWO	x					x					
Wie ben ik? De zoektocht naar vaatweefsel-identiteit (fundamental developmental biology)	NWO	x					x					
Dose-Dependent BABY BOOM function (plant regeneration from tissue culture)	NWO	x					x					
Stress en hormonen induceren reageerbuisbaby's in planten	NWO	x					x					
Een gezonde toekomst voor de aardappel	NWO	x					x					
Laying the foundation of plant shape by design: cracking the code of ARF5 DNA-binding	NWO	x					x					
DIFFUGAT - A new method for potato breeding: the ""Fixation-Restitution""	NWO	x					x					





---

Correspondentie adres voor dit rapport:

Postbus 16  
6700 AA Wageningen  
T 0317 48 07 00  
[www.wur.nl/plant-research](http://www.wur.nl/plant-research)

**Openbaar**

Rapport WPR-XXXX

---

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

