

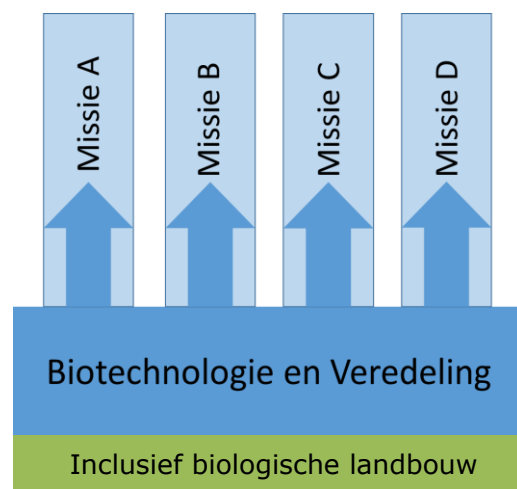
## S2 - Biotechnologie en veredeling

### Samenvatting

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 sleuteltechnologie 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 land- en tuinbouw te voorzien van optimaal uitgangsmateriaal in de vorm van robuust zaaizaad en pootgoed en door het verkrijgen van nieuwe rassen via veredeling van gewassen en het selecteren van de beste dieren uit een populatie te versnellen en nauwkeuriger te maken ('precision breeding'). Daarnaast is de inzet om de veredeling in staat te stellen om gewenste eigenschappen te combineren en te voorspellen, zodanig dat de veredeling sneller kan inspelen op veranderingen in productiesystemen, bijvoorbeeld passend onder Kringlooplandbouw.

### 1. Inleiding

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. Klimaatbestendige landelijk en stedelijk gebied en D. Gewaardeerd, gezond en veilig (zie beschrijving KIA). Biotechnologie en Veredeling is daarmee een missie-overstijgende Sleuteltechnologie. De landbouw staat voor een aantal grote uitdagingen: meer kwalitatief hoogwaardig voedselproductie en agro-grondstoffen met minder inputs, in een circulair systeem, en robuust met betrekking tot de nieuwe productiesystemen en klimaatverandering. Kringloop-landbouw start met robuust en gezond uitgangsmateriaal (plant en dier), dat minder vatbaar is voor ziekten en plagen, optimaal gebruikt maakt van de inputs en afgestemd is op de huidige en komende systeemveranderingen. Voor plantaardige productie is robuust en gezond zaaizaad en pootgoed essentieel voor een jaarlijks betrouwbare start van de teelt.



Onderzoek op het gebied van Biotechnologie en Veredeling is een cruciale factor om dit te bereiken: nieuwe of verbeterde rassen moeten de genetische potentie hebben om 1) resistenties tegen ziekten en plagen te bezitten, 2) een goede kwaliteit te kunnen realiseren, 3) veerkrachtig te zijn tijdens de teelt en de productieperiode 4) klimaatbestendig te zijn om te komen tot oogstzekerheid en een hoge opbrengst. Daarnaast moeten uitgangsmaterialen kwalitatief goede, gezonde en smaakvolle producten opleveren, die vrij zijn van residuen en lang houdbaar ter voorkoming van voedselverliezen. Tenslotte moet dit leiden tot door consumenten gewaardeerd en veilig voedsel. Voor plantaardige productie is robuust en gezond zaaizaad en pootgoed essentieel voor een jaarlijks betrouwbare start van de teelt. De beschikbaarheid van genetische variatie is een eerste vereiste om gewassen en dieren te kunnen ontwikkelen die optimaal bijdragen aan de missies van LWV. Om te kunnen vaststellen of er genetische variatie is voor nieuwe gewenste eigenschappen moeten fenotyperingsmethoden ontwikkeld worden, bijvoorbeeld om verschillen in het niveau van resistentie of de bijdrage aan broeikasgassen vast te stellen.

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 en de

continue innovaties in technologieën, die ontwikkeld en geïmplementeerd worden. Deze samenwerking is mondiaal uniek te noemen. Het Nederlandse onderzoek draagt onmiddellijk bij aan veredeling en verduurzaming van de landbouw elders in de wereld.

Sleuteltechnologie Biotechnologie en Veredeling omvat projecten die gericht zijn op technologie-ontwikkeling en daarmee de missies van LWV. Het programma richt zich in de eerste plaats op plantenveredeling, alsmede op het gebruik van micro-organismen die het plantaardig uitgangsmateriaal robuuster kunnen maken. Ook de veredeling van paddenstoelen en zeewier wordt hierin ondergebracht en past goed in het kader van de Missie LWV (Landbouw, Water, Voedsel). Plantenveredeling ten behoeve van de biologische én gangbare landbouw betreft klassieke plantenveredeling, waarvoor het onderzoeksprogramma Groene Veredeling-2 is opgezet. Een kleiner aandachtsveld betreft de fokkerij. In deze MMIP wordt eerst 'Plant' en dan 'Dier' besproken. Tenslotte is er in Biotechnologie en Veredeling ook aandacht voor witte biotechnologie.

## 2. Deelprogramma's

1. **Genoomtechnologie** (genomics) om de genetische variatie in kaart te brengen, en voor het koppelen van genetische informatie met onderliggende genen en allelen (DNA-informed breeding).
2. **Bioinformatica en big data** om de zeer complexe genomen te reconstrueren, te vergelijken, en de verschillen te interpreteren, om modellen en software te ontwikkelen.
3. **Genomic prediction** gericht op de ontwikkeling van modellen om op grote schaal (duizenden fenotypes en miljoenen DNA merkers) fenotypische eigenschappen te voorspellen op basis van genoominformatie.
4. **Gene editing** om genetische variatie te creëren en de functie van genen vast te stellen (alleen van toepassing voor plant en witte biotechnologie).
5. **Overige innovatieve veredelingsmethoden** om genetische variatie te kunnen sturen, waardoor nieuwe vormen van veredeling mogelijk zijn, zoals bijvoorbeeld haploïdeninductie, asexuele vermeerdering en gerichte recombinatie.
6. **Fenotypering** gericht op de ontwikkeling van nauwkeurige meetmethoden voor nieuwe en bestaande kenmerken.
7. **Zaadtechnologie** is gericht op ontwikkeling van methoden ter verkrijging en behoud van een hoge kwaliteit zaaizaad en pootgoed (plant) en sperma of embryo's (dier) dat vrij is van ziektes en een hoge vigour bezit.

Er is synergie in technologie-ontwikkeling bij Plant, Dier en Witte Biotechnologie. Voor Plant zijn alle deelprogramma's belangrijk. Voor Dier zijn ST3. Genomic prediction en ST6. Fenotypering het belangrijkste, terwijl ST4. Gene-editing en ST5. Overige innovatieve veredelingsmethoden minder relevant zijn voor dier vanwege ethische aspecten. Tussen Plant en Witte Biotechnologie is er vooral synergie als het gaat om ST1. Genoomtechnologie, ST2. Bioinformatica en big data en ST3. Gene editing.

### 3. Plant

#### 3.1 Doel van Sleuteltechnologie Biotechnologie en Veredeling - Plant

De inzet van de MMIP Biotechnologie en Veredeling is het ontwikkelen van kennis, concepten en ondersteunende technologieën om de landbouw te voorzien van optimaal uitgangsmateriaal zoals robuust zaai- en pootgoed en om de veredeling van nieuwe plantenrassen 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 Kringlooplantbouw.

Plantenveredeling is complex en voor elk gewas uniek. Dit heeft onder andere te maken met 1) de specifieke overerving van eigenschappen per gewas, en 2) de samenstelling en grootte van het genoom. Daarnaast kan bijvoorbeeld het gebruik van nieuwe plantenveredelingsstechnieken, zoals CRISPR-Cas, in het onderzoek nog lang niet voor alle gewassen eenvoudig en succesvol worden toegepast, omdat de regeneratie van planten in weefselweek voor sommige gewassen moeilijk dan wel onmogelijk is. Het is daarom belangrijk om te realiseren 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.

#### 3.2 Lopende of recent afgesloten projecten en programma's - Plant

Op het gebied van plantenveredeling is er geen of nauwelijks KB- of BO-onderzoek. 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.

In onderstaande tabel is een overzicht gegeven van lopende of recent afgesloten projecten en programma's van Plant met financiering vanuit TKI, NWO en EU (peildatum juni 2019, totaal ≈ 175).

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennisbasis, strategische middelen etc.)	Ontwikkeelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, etc.)
<b>Deelprogramma ST1: Genoomtechnologie</b>				
QTL-studies, marker assisted breeding en DNA-informed breeding, ontwikkeling van breeding tools.	Ongeveer de helft van de NWO projecten en een kwart van de EU projecten zijn gericht op genfunctieonderzoek en onderzoeken naar onderliggende vaak in modelgewas Arabidopsis.	Ongeveer een kwart van de EU projecten en driekwart van de TKI projecten houden zich bezig met de identificatie van QTL's voor belangrijke eigenschappen. Onderdelen van deze projecten zijn op TRL-niveau 1-3. Daarnaast wordt software ontwikkeld voor genetische studies, onder andere TKI projecten op het gebied van polyplöide gewassen.	Aantonen van effect van QTL's in diverse EU en TKI projecten.  Cursussen: onder andere TKI projecten polyplöide gewassen.	
<b>Deelprogramma ST2: Bioinformatica en big data</b>				
Ontwikkeling van bioinformatica-software en tools voor gebruik door niet-bioinformatici.	Weinig NWO projecten hierop, in elk geval één in een polyplöid siergewas met een groot genoom, wel twee grote EU projecten aan tomaat.	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.	Genoemde TKI projecten richten zich vrijwel altijd ook op het ontwikkelen van gebruikersvriendelijke tools voor partners en derden.	
<b>Deelprogramma ST3: Genomic-prediction</b>				
Gericht op ontwikkeling van voorspellende modellen.		Er lopen enkele projecten gericht op software ontwikkeling voor genomic prediction.		
<b>Deelprogramma ST4: Gene-editing</b>				

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

### 3.3 Bijdrage van het MMIP aan de missiedoelstellingen - Plant

De missie-overstijgende bijdrage van onderzoek op het gebied van plantenveredeling duidt op het grote belang ervan en maakt dat Biotechnologie en Veredeling beschouwd moet worden als een belangrijke Sleuteltechnologie voor de realisatie van diverse maatschappelijke opgaven zoals beschreven in de 10-pager van Landbouw, Water en Voedsel.

- A. Kringlooplandbouw  
Veredeling van rassen gericht op 1) resistentie tegen biotische en abiotische stress en aangepast aan klimaatverandering, 2) betere nutriëntenbenutting, en 3) optimaal gebruik maken van het microbiom, 4) verhogen eiwitproductie en 5) multipurpose-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, 2) eiwitproductie, veevoer, polymeren voor de 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) biobased en multipurpose-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 zaadtechnologie in verband met beschikbaarheid van gezond en robuust uitgangsmateriaal.

### 3.4 Kennis en innovatieopgaven Biotechnologie en Veredeling - Plant

**Plantenveredeling is voor elk gewas uniek. Een uitvinding of toepassing voor één gewas kan dan ook niet één op één geïmplementeerd worden in een ander gewas. Er is telkens opnieuw onderzoek noodzakelijk om planten 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 onderzoeksobjecten, die hierboven beschreven staan allemaal terug moeten komen in de Kennis en innovatieopgaven, zoals bijvoorbeeld ziekteresistenties waarvoor hierboven al een relatief groot projectenaantal genoemd is. Plantenveredeling is nooit af. De technologieën zullen worden doorontwikkeld en gebruikt moeten worden om de planten 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.

Veredelingsonderzoek ten behoeve van de biologische landbouw én de gangbare landbouw krijgt een plaats in het onderzoeksprogramma Groene Veredeling-2. De reden is dat voor biologische landbouw andere raseigenschappen belangrijker zijn dan in de gangbare landbouw. Daarnaast is de markt voor biologische landbouw beperkt hetgeen publiek onderzoek legitimeert. In Groene Veredeling-2 is jaarlijks ook budget gereserveerd voor kleinere vragen vanuit de maatschappij.

In onderstaande tabel is een overzicht gegeven van **Kennis en Innovatievragen voor Plant** in relatie tot de Sleuteltechnologie Biotechnologie en Veredeling.

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennisbasis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, campagnes etc.)
<b>Deelprogramma ST1: Genoomtechnologie</b>				
QTL-studies, marker assisted breeding en DNA-informed breeding, ontwikkeling van breeding tools.	Genfunctie-onderzoek.  Onderzoeken naar onderliggende pathways van eigenschappen.	Ontwikkelen van software voor genetische studies en/of gebruik van gedetailleerde genoominformatie.  Identificatie van QTL's voor gewenste eigenschappen, ontwikkelen van fenotyperingsmethoden voor nieuwe kenmerken, verkrijgen van populaties, die uitsplitsen voor genetische eigenschappen.	Aantonen van effect van QTL's in verschillende genetische achtergronden.  Cursussen voor projectpartners en derden om ontwikkelde software in eigen beheer te leren gebruiken.	Geen onderzoek nodig, behalve wellicht voor kleine veredelaars en start-ups.
<b>Deelprogramma ST2: Bioinformatica en big data</b>				
Ontwikkeling van bioinformatica-software en tools voor gebruik door niet- bioinformatici.	Ontwikkelen van trainings-data sets en algoritmes voor identificatie van genen en genfunctie.	Ontwikkelen van modellen en software om genoomsequenties met elkaar te kunnen vergelijken.	Ontwikkelen van gebruikersvriendelijke tools voor gebruik van resultaten uit onderzoek in de praktijk.	Geen onderzoek nodig, behalve wellicht voor kleine veredelaars en start-ups.
<b>Deelprogramma ST3: Genomic-prediction</b>				
Gericht op de ontwikkeling van voorspellende modellen.	Ontwikkelen van gen x gen en gen x milieu interacties.	Ontwikkelen van modellen en software.	Op praktijkschaal valideren dat genomic prediction werkt.	Geen onderzoek nodig, behalve wellicht voor kleine veredelaars en start-ups.
<b>Deelprogramma ST4: Gene-editing</b>				
Creëren van genetische variatie of vaststellen van genfunctie.	Onderzoeken hoe breed gene-editing toepasbaar is en om de biologie van kenmerken en processen te onderzoeken.	Ontwikkelen van nieuwe efficiënte transformatie en regeneratiemethoden.  Ontwikkelen van snelle selectiemethoden om effect van uitschakelen of aanpassen van genen te kunnen toetsen.	Cursussen voor projectpartners om ontwikkelde technologie in eigen beheer te kunnen gebruiken.	Geen onderzoek nodig, behalve wellicht voor kleine veredelaars en start-ups.

Deelprogramma ST5: Nieuwe vormen van veredeling				
<b>Nieuwe veredeling</b> zoals haploïden-inductie, asexuele vermeerdering, gerichte recombinitie.	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 of start-ups.
Deelprogramma ST6: Fenotypering				
Ontwikkeling van nauwkeurige meetmethoden om eigenschappen op grote schaal 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 te kunnen vaststellen.	Cursussen voor projectpartners om ontwikkelde technologie in eigen beheer te kunnen gebruiken.	Geen onderzoek nodig, behalve wellicht voor kleine veredelaars of start-ups.
Deelprogramma ST7: Zaadtechnologie				
Onderzoek ter verkrijging en behoud van een hoge kwaliteit uitgangsmaterialen dat vrij is van ziektes en een hoge vigour bezit.	Onderzoek naar de potentie van het zaadmicrobioom en biologicals voor gezond zaaizaad.  Fundamenteel fysiologisch onderzoek gericht op 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.  Ontwikkeling van methoden om zaad-overdraagbaarheid van ziekten te beperken en pathogenen te doden.	Trainen van zaadtechnologen om methoden voor het meten van vigour en bewaarbaarheid te kunnen implementeren.  Demonstreren van positieve effecten van microbioom-componenten op zaadgezondheid.	Geen onderzoek nodig, behalve wellicht voor kleine veredelaars of start-ups.

### 3.5 Kennis en innovatieopgaven in relatie tot de missiedoelstellingen

In bijlage 1 is een overzicht gegeven van Kennis en Innovatievragen voor Sleuteltechnologie Biotechnologie en Veredeling Plant in relatie tot de missies van LWV.

### 3.6 Sterktes en zwaktes kennispositie en positie bedrijfsleven

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 en de continue innovaties in technologieën, die ontwikkeld en geïmplementeerd worden (Elsevierstudie T&U 2014). Deze Nederlandse 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). De uitdagingen zijn nu echter zo groot dat we de snelheid waarmee nieuwe rassen kunnen worden gemaakt, drastisch moeten opvoeren. Dit kan alleen door de precisie te vergroten zodat rassen ontwikkeld kunnen worden die passen bij een veranderend klimaat en veranderende productiesystemen. Marktintroductie van nieuwe rassen is vooralsnog een langdurig proces (van kruising tot marktbeschikbaarheid duurt, afhankelijk van het gewas, vanaf enkele jaren tot wel 20 jaar) en het is daarom te verwachten dat rassen, die m.b.v. een sleuteltechnologie uit dit MMIP gegenereerd zijn, tussen 5 jaar (groentes zoals tomaat), 10 jaar (houtige gewassen zoals fruit) op de markt kunnen komen. Een aantal van de beschreven technologieën bevindt zich nog in de ontwikkelingsfase en moeten nog verder verbeterd worden voor specifieke toepassingen (TRL niveau 2-4).

### 3.7 Strategie internationaal

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.

De maatschappelijke opgaven waar Nederland voor staat met betrekking tot duurzame voedselproductie, duurzaam gebruik van water en nutriënten en het omgaan met klimaatveranderingen spelen ook elders in wereld. Doordat de sector Uitgangsmaterialen al sterk internationaal opereert, kan deze met haar kennis en haar nieuwe, robuuste rassen in de vorm van zaaizaad en pootgoed, een grote bijdrage leveren aan het oplossen van deze vraagstukken. Met de ontwikkelde technologieën kan overal ter wereld gewerkt worden aan en met meer robuust uitgangsmateriaal. De sector Uitgangsmaterialen is daarmee een sector die Nederland met succes kan inzetten om samen met andere landen hun Sustainable Development Goals binnen bereik te brengen.

Op het gebied van onderzoek wordt er eveneens internationaal geopereerd. Voor het sequensen van 2500 sla-genomen is er bijvoorbeeld een samenwerking met BGI (China) en in een ander consortium (International Lettuce Genomics Consortium (ILGC)) dat mede gefinancierd wordt vanuit de TKI T&U en bedrijfsleven vindt er samenwerking plaats met UC-Davis (US). Ook is er het International Potato Pangenome Consortium (WUR, met Nederlandse bedrijven en VS partners). Daarnaast wordt voor onderzoek gebruik gemaakt van EU gelden. Enkele voorbeelden zijn de projecten: EU-Chic (gene editing technologieën), EU-COSMOS (oliecompositie oliegewassen gebruik makend van gene editing), EU-MAGIC (breeding biobased crops on marginal lands), EU-G2PSol (management of genetic resources using genomics), Elixir (NL and EU data science consortium). Een ander voorbeeld van een TKI-TU project waarin technologie ontwikkeld wordt die cruciaal is voor de veredeling van polyplloide voedselgewassen in binnen- en buitenland is het project “Novel genetic tools and genomic tools”, een project dat gestart is vanuit vragen van de sierteeltveredelingssector.

## 4. Dier

### 4.1 Doel van Sleuteltechnologie Biotechnologie en Veredeling - Dier

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 van 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.

### 4.2 Lopende of recent afgesloten projecten en programma's - Dier

In onderstaande tabel is een overzicht gegeven van lopende of recent afgesloten projecten en programma's van Dier met financiering vanuit TKI, WOT en EU (peildatum juni 2019).

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennisbasis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, etc.)
<b>Deelprogramma ST1: Genoomtechnologie</b>				
QTL-studies, marker assisted breeding en DNA-informed breeding.	Enkele EU-projecten aangevoerd door FAANG en Breed4Food.	Weinig projecten. Wel koppeling humaan en livestock in STW en Breed4Food. Grensvlak TLR1-3, 4-6.	Incidentele cursus.	
<b>Deelprogramma ST2: Bioinformatica en big data</b>				
Ontwikkeling van bioinformatica-software en tools voor niet-bioinformatici.	Paar EU projecten, meestal gelinkt aan internationale consortia. STW Partnership en Breed4Food.	Wordt misschien vanuit Breed4Food opgepakt uit STW partnership.	Genoemde TKI projecten ontwikkelen vrijwel altijd gebruikersvriendelijke tools voor partners en derden.	
<b>Deelprogramma ST3: Genomic-prediction</b>				
Gericht op ontwikkeling van voorspellende modellen.	STW biologie genomic prediction.	Projecten rond software-ontwikkeling en modelontwikkeling die met miljoenen genotypes om kunen gaan.		
<b>Deelprogramma ST4: Gene-editing</b>				

Creëren van genetische variatie of vaststellen van genfunctie.	STW project ethische evaluatie gene editing en een project in vissen.			
<b>Deelprogramma ST6: Fenotypering</b>				
Ontwikkeling van nauwkeurige meetmethoden om eigenschappen op grote schaal in kaart te brengen.	Hier starten een aantal grote projecten vanuit TKI/STW.	Ongeveer 40% in Breed4Food en ander PPS, gericht op grote schaal en goedkoop kenmerken te kunnen meten. Gebruik van microbiom of andere diepe fenotyperingstechnieken is in onderzoek.		
<b>Deelprogramma ST7: Zaadtechnologie</b>				
Gericht op verkrijging en behoud van hoge kwaliteit uitgangsmateriaal.	EU project op gebied van cryo-conserveringstechnieken (sperma of embryo's).	Softwarematige projecten rond gebruik van haploïden.		

### 4.3 Bijdrage van Biotechnologie en Veredeling aan de missiedoelstellingen - Dier

Hieronder volgt een opsomming van de missies waaraan vanuit fokkerij een bijdrage wordt geleverd.

- Kringlooplandbouw: Veredeling van rassen gericht op het fokken van dieren passend in nieuwe productiesystemen.
- Klimaatneutrale landbouw en voedselproductie: Ontwikkelen van dieren die 1) efficiënter met water en energie om kunnen gaan, en 2) minder broeikasgassen uitstoten.
- Klimaatbestendig landelijk en stedelijk gebied: Dierrassen die aangepast zijn aan de lokale ecologische omstandigheden (bv. zilte omgeving, natte omstandigheden, etc.).
- Gewaardeerd, gezond en veilig voedsel: Ontwikkelen van dieren, die weerbaarder zijn tegen ziektes en daardoor minder medicijngebruik behoeven.

### 4.4 Kennis en innovatieopgaven Biotechnologie en Veredeling - Dier

Ook voor dieren geldt dat kringlooplandbouw en klimaatverandering leiden tot nieuwe vragen en eisen die aan dieren gesteld worden. De technologieën zullen worden doorontwikkeld en gebruikt om de 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 ook hier noodzakelijk zijn.

**Kennis en Innovatievragen specifiek voor Dier** in relatie tot de Sleuteltechnologie Biotechnologie en Veredeling zijn beschreven in de volgende Tabel. Voor generieke technologie-ontwikkeling wordt verwezen naar Plant.

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennisbasis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, etc.)
<b>Deelprogramma ST1: Genoomtechnologie</b>				
QTL-studies, marker assisted breeding en DNA-informed breeding, ontwikkeling van breeding tools.	Zie Plant	Zie Plant	Zie Plant	Wereld congres in 2022
<b>Deelprogramma ST2: Bioinformatica en big data</b>				
Ontwikkeling van bioinformatica-software en tools voor gebruik door niet-bioinformatici.	Zie Plant en ook: Ontwikkelen van methoden om inzicht te krijgen in DNA afwijkingen (karyotype).	Zie Plant en ook: Voorkomen van erfelijke afwijkingen.	Zie Plant	Idem
<b>Deelprogramma ST3: Genomic-prediction</b>				
Gericht op ontwikkeling van voorspellende modellen.	Zie Plant	Ontwikkelen van modellen door koppelen van gekruiste dieren aan zuivere dieren in grootschalige fokprogramma's. Classificeren van de omgeving via het microbiom.	Ontwikkelen van fokwaarde-schatting voor de praktijk. Op praktijkschaal valideren dat genomic prediction werkt.	Idem



Deelprogramma ST6: Fenotypering				
Ontwikkeling van nauwkeurige meetmethoden om eigenschappen op grote schaal in kaart te brengen als onderdeel van selectieprogramma.	Onderzoek naar gebruik van complexe cel-systemen voor fenotypering dieren en rol microbiom. Definiëren van complexe kenmerken met big data en sensoren/images.	Ontwikkelen van fenotyperingsmethoden om complexe kenmerken te definiëren, die op grote schaal, niet invasief en goedkoop aan individuele dieren kunnen worden vastgesteld.	Cursussen voor projectpartners om technologie in eigen beheren en populatie te kunnen gebruiken. Mogelijkheden voor fokken op nieuwe kenmerken demonstreren in de praktijk.	Idem
Deelprogramma ST7: Zaadtechnologie				
Gericht op verkrijging en behoud van hoge kwaliteit uitgangsmateriaal.	Begrijpen van cryo-conservering (ook ivm genenbanken). Onderzoek naar kwaliteit sperma en embryo's.	Zie Plant (hier betreft het sperma en embryo's).		Idem

#### 4.5 Kennis en innovatieopgaven in relatie tot de missiedoelstellingen

In bijlage 2 is een overzicht gegeven van Kennis en Innovatievragen voor Sleuteltechnologie Biotechnologie en Veredeling Dier in relatie tot de missies van LWV.

#### 4.6 Sterktes en zwaktes kennispositie en positie bedrijfsleven

Dierfokkerijbedrijven zijn wereldwijd belangrijke spelers, die elk jaar de prestaties van miljarden nieuw geboren productiedieren beïnvloeden. Het gebruik van excellente genetica voegt aanzienlijk meer waarde 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 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 veehouderijssystemen, en blijvend bij te sturen op basis van innovaties. Verdere valorisatie wordt door de veredelingsbedrijven zelf gedaan. Een aantal van de beschreven technologieën bevindt zich nog in de ontwikkelingsfase en moeten nog verder verbeterd worden voor specifieke toepassingen. In Nederland zijn vier fokkerij bedrijven verbonden via het Breed4Food consortium.

#### 4.7 Strategie internationaal

Nederlandse fokkerij bedrijven zijn internationaal opererende bedrijven. Vanwege de leidende positie zijn ze gerangschikt in de wereldwijde top 5 van hun respectieve 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 is vaak een klein gedeelte van de markt, terwijl de veehouders wel eigenaar zijn van de bedrijven. Veel kennis ontwikkeling en innovatie vinden wel in Nederland plaats vind, en de impact is door de wereldwijde verspreiding van sperma en levende jonge dieren. Vooral in fokprogramma's die ook vermenigvuldigingsstappen bevatten (pluimvee en varkens) en er komen dan ook miljarden dieren met genetika elk jaar in de voedselproductieketen.

## 5. Witte Biotechnologie

### 5.1 Doel van Sleuteltechnologie Biotechnologie en Veredeling – Witte Biotechnologie

Witte biotechnologie is primair gericht op gebruik van de micro-organismen als hulpmiddel bij het opwaarderen van rest/zijstromen van uit de AgriFood industrie naar zowel voeding-als niet voeding toepassingen en bij het processen van Feed & Food-producten. Over het algemeen, is het ontwikkelingsniveau hoger dan bij Plant en Dier, waardoor er minder focus is op nieuwe gene-editing en andere veredelings technieken, maar meer op veranderingen van de organismen ter verkrijging van een zuivere productie van gewenste componenten en/of een betere activiteit op aangeboden afvalstromen. Witte biotechnologie is ook belangrijk voor de productie van hoogwaardige, plantaardige of dierlijke componenten via duurzame en betaalbare processen, zonder gebruik te maken van Plant of Dier, zoals bijvoorbeeld vanilline, melk en vlees, maar ook structurele componenten voor zowel food als non-food applicaties, zoals gelatine en collageen.

### 5.2 Lopende of recent afgesloten projecten en programma's – Witte biotechnologie

In de onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van aantallen lopende of recent afgesloten projecten betreffende Witte Biotechnologie met financiering vanuit TKI, NWO en EU.

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, kennisverspreiding, netwerken, etc.)
<b>Deelprogramma ST1: Genoomtechnologie</b>				
		EU- en TKI-project.		
<b>Deelprogramma ST2: Bioinformatica en big data</b>				
	Meerdere projecten gericht op ontwikkeling en implementatie van procedures, data-verwerking en exp. ontwerp van microorganisme en systeembioogie.	Meerdere projecten ter verbetering van cell-factories op het gebied van controle van fermentatie-processen en robuustheid van productie-organismen op allerlei afvalstromen.		
<b>Deelprogramma ST3: Genomic-prediction</b>				
	EU- en NWO-project.	2 TKI-projecten.		
<b>Deelprogramma ST4: Gene-editing</b>				
	Diverse NWO, KNAW en EU subsidies gericht op ontwikkeling van (nieuwe) gene-editing mechanismen zoals CRISPR-CAS.	Enkele EU en TKI-projecten gericht op ontwikkeling van CRISPR-Cas in verschillende micro-organismen.	TKI-AF en EU-BBI demonstratieproject met als doel CRISPR-CAS ontwikkeling voor diverse microalgen.	
<b>Deelprogramma ST6: Fenotypering</b>				
	EU en NWO project gericht op valorisatie van afvalgassen.	Allerlei EU en TKI-projecten waarbij gericht op valorisatie van AgriFood rest-stromen.	EU-BBI Demonstratieproject en POP3 project op verwaarding van resp. huishoudelijk en agrarische afvalstromen.	

### 5.3 Bijdrage van het MMIP aan de missiedoelstellingen – Witte Biotechnologie

Hieronder volgt een opsomming van de missies waaraan vanuit de Witte Biotechnologie een bijdrage wordt geleverd:

- A. Kringlooplandbouw: Ontwikkeling van witte biotechnologie voor 1) bewerken en geschikt maken van nutriënten uit mest, reststromen en afvalwater, 2) valorisatie van biomassa zijstromen geproduceerd in de primaire landbouw en (voedsel)afval, 3) eiwitvoorziening voor humane consumptie uit (nieuwe) plantaardige bronnen via fermentatie (kunstvlees).
- B. Klimaatneutrale landbouw en voedselproductie: bijdrage aan vermindering broeikasgassen door gebruik van micro-organismen voor duurzame productie van food en non-food toepassingen met hoge toegevoegde waarde.
- D. Gewaardeerd, gezond en veilig voedsel: Ontwikkelen van microbiële processen, om voedsel lekkerder, langer houdbaar en gezonder te maken ("klassieke" biotechnologie), en voor productie van sustainable food packaging.

## 5.4 Kennis en innovatieopgaven Biotechnologie en Veredeling - Witte Biotechnologie

Kennis en Innovatievragen specifiek voor Witte Biotechnologie zijn beschreven in de volgende Tabel.

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennisbasis, strategische middelen etc.)	Ontwikkeelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, etc.)
<b>Deelprogramma ST1: Genoomtechnologie</b>				
	Zie Plant.	Genoom-technologie om in bepaalde omgeving (bv afvalstromen) micro-organismen te vinden met de gewenste activiteit.		
<b>Deelprogramma ST2: Bioinformatica en big data</b>				
	Zie Plant.	Zie Plant.		
<b>Deelprogramma ST3: Genomic-prediction</b>				
	Zie Plant. Ontwikkeling genomic prediction/big data voor sturing van de gene-editing strategie en keuze van de meest-optimale promotoren en codon-usage	Verbetering van cell-factories op het gebied van controle van fermentatie-processen en productie van organismen op allerlei afvalstromen.	Voorbeeld: optimaal omzetten van reststromen in (meervoudig onverzadigde) vetzuren.	
<b>Deelprogramma ST4: Gene-editing</b>				
	Ontwikkeling van (nieuwe) gene-editing mechanismen voor maximale expressie van gewenste genen en disruptie van ongewenste genen.	Ontwikkeling van (nieuwe) gene-editing mechanismen om eigenschappen in te brengen in micro-organismen waardoor ze hogere activiteit vertonen in bepaalde omgeving		
<b>Deelprogramma ST6: Fenotypering</b>				
	Selectie van micro-organismen gericht op valorisatie van afvalstromen.	Selectie van grote aantallen potentiële productie-micro-organismen gericht op valorisatie van afvalstromen.	Aanpassen van optimale productieprocessen om hoogwaardige (plant)-metabolieten te selecteren.	

## 5.5 Kennis en innovatieopgaven in relatie tot de missiedoelstellingen Bijlage

Zie Bijlage 3 voor de kennis en innovatieopgaven er zijn voor Witte Biotechnologie in relatie tot de missies.

## 5.6 Sterktes en zwaktes kennispositie en positie bedrijfsleven

Nederland heeft een Internationale reputatie op het gebied van microbiële biotechnologie. Dit is het resultaat van een hoog opleidingsniveau op het gebied van microbiologie en fermentatie, maar ook op de meer dan 100 jaar ervaring bij het in praktijk brengen en opschalen van industriële fermentatie/biotechnologie van gisten, schimmels en bacteriën voor de grootschalige bereiding van bier, antibiotica en gefermenteerde zuivelproducten. Daarnaast heeft Nederland een leidende positie met betrekking tot de inzet van witte biotechnologie voor de productie van niet-voedingsingredienten zoals fijnchemicaliën en biokunststoffen. Deze positie heeft van oudsher geleid tot intensieve samenwerking tussen bedrijfsleven en onderzoeksinstituten en is de laatste 30 jaar versterkt door de EU en de Nederlandse overheid, culminerend in allerlei grote Samenwerkingsverbanden zoals het Wageningen Centre for Food Sciences (WCFS), het Top Instituut Food & Nutrition (TIFN), het Kluyver Centre for genomics of Industrial Fermentation en B-Basic.

## 5.7 Strategie internationaal

Nederland speelt binnen Europa een belangrijke rol in ontwikkeling en gebruik van de Witte Biotechnologie voor stabilisatie/verwerking/valorisatie van AgriFood reststromen. Dit is te zien in de vaak leidende rol van Nederland/Wageningen in Europese projecten op het gebied van de Biobased Economy en Sustainable AgriFood Industry. Deze centrale positie van Wageningen heeft als gevolg dat WFB op het gebied van de Witte Biotechnologie een zeer diverse, en internationale, klantenkring bedient met daarin alle grote spelers op het gebied van voedsel- en niet voedsel (chemie) productie.

## 6. Positionering MMIP

Dit MMIP heeft interactie met Landbouw, Water en Voedsel en de plantaardige en dierlijke sectoren op het gebied van Biotechnologie en Veredeling via plantenveredeling en fokkerij. Daarnaast heeft het MMIP interactie met de MMIP's Circulaire Systemen, Gezonde robuuste bodem en teelssystemen, Herstel en benutten Biodiversiteit, Klimaatadaptieve Landbouw, Biograndstoffenproductie en Waardering Voedsel, Gezonde en duurzame voeding. Fokkerij heeft nog interactie met Duurzame veehouderij.

Samenhang met (bestaande) nationale en internationale agenda's

- Onderzoeksagenda TKI A&F Klimaatneutraal (2018-2021)
- Onderzoeksagenda TKI T&U Duurzame Plantaardige Productie (2018-2021)
- Toekomstvisie gewasbescherming 2030, naar weerbare planten en teelssystemen
- Ambitie Plantgezondheid 2030 LTO Nederland
- Actieplannen plantgezondheid BO Akkerbouw
- Nitraatrichtlijn / Kaderrichtlijn Water
- LNV bodemstrategie en –programma
- LNV programma Groene Gewasbescherming, gericht op akkerbouw- groenteteelt-, sierteelt- en fruitgewassen.
- Kringlooplandbouw visie LNV: “ Landbouw, Natuur en Voedsel: Waardevol en Verbonden”
- Nationale wetenschapsagenda: duurzame productie van gezond en veilig voedsel
- Deltaplan herstel biodiversiteit
- Eiwittransitie

## Bijlage 1: Nieuwe kennis en innovatieopgaven Sleuteltechnologie Biotechnologie en Veredeling in relatie tot de Missies – Plant.

Onderstaande deelprogramma's richten zich op de veredeling en/of zaaizaadtechnologie van gewassen voor diverse teelten, zoals bijvoorbeeld akkerbouw, groenten, sierteelt, fruit en bomen, maar ook paddenstoelen en wieren.

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3	Ontwikkelfase TRL 4-6	Demonstratiefase TRL 7-9	Implementatiefase
<b>Veredelen van nieuwe robuuste rassen van voedsel- en sierteeltgewassen aangepast aan nieuwe teeltsystemen en klimaatverandering met resistentie tegen biotische en abiotische stress, efficiëntere benutting van nutriënten en/of optimale interactie met microbiom (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 QTL's.	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.	Ontwikkelen van fenotyperingsmethoden voor gewenste eigenschappen. Identificeren van QTL's.	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 microbiom in de bodem en daar-door robuuster zijn tegen biotische en abiotische stress.		Technieken zijn nodig om de (positieve) effecten van microbiom op de plant te meten en te optimaliseren.	Identificeren van gunstige microbiomen voor verschillende gewassen.	Toepassing door veredelingsbedrijven.
<b>Veredelen van gewassen voor non-food toepassingen, bijvoorbeeld biobased gewassen of multipurpose-gewassen, maar ook paddenstoelen voor verwerking 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, 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 identificatie van onderliggende genen. Onderzoek naar omzetting lignocellulose door diverse paddenstoel vormende schimmels.	Zoeken naar genetische variatie in de bewuste eigenschappen. Identificeren van QTL's 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 multipurpose-gewassen te veredelen in enkele pilotprojecten in een representatief gewas. 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 processen d.m.v. veredeling.
<b>Veredelen van uitgangsmaterialen voor eiwitrijkere grondstoffen en meer biomassa, bijvoorbeeld bonen en lupinen, maar ook algen, zeewier en zoetwaterplanten (Missie A4).</b>				
Veredelen op opbrengstverhoging en oogststabiliteit van vlinder-bloemigen voor plantaardige eiwitten.	Onderzoeken welke planteigenschappen en genen/pathways bijdragen aan opbrengst.	Onderzoeken welke gewassen het meest geschikt zijn voor eiwitproductie. Ontwikkelen van fenotyperingsmethoden voor gewenste eigenschappen. Identificeren van QTL's.	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.

Zeewier (veredeling, vermeerdering, teelt, verwerking).		Inzicht in beschikbare variatie in zeewier. Fundamenteel inzicht in zeewierveredeling-processen.	Teeltwijzen testen passend bij WOZ.	Onderzoeken hoe het gebruik van huidige teeltmogelijkheden vergroot kunnen worden.
<b>Herstel en benutten 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>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 microklimaat, enz.)	Identificeren welke plant-eigenschappen aangepast moeten worden voor teelt onder energiezuinige condities. Identificeren welke QTL's 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>Veredelen op verhoogde fotosynthese-efficiëntie (Missie B5).</b>				
Verbeteren van gewassen door gerichte veredeling op fotosynthese: verdubbelde fotosynthese.	Fundamenteel begrip van 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 relationship. Fundamentele kennis over het verbeteren van de efficiëntie van fotosynthese.	Selectie van planten die een van nature extreme hoge fotosynthese-activiteit vertonen. Identificatie en analyse van onderliggende genen. In kaart brengen van de genetische diversiteit. 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 in kassen van "carbon partitioning" van de verbeterde gewassen. Evaluatie in het veld in verschillende productiesystemen. Evaluatie in het veld van "carbon partitioning" 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>Veredelen van stresstolerante, klimaatbestendige gewassen geschikt voor extreme droogte, verzilting, vernatting of tijdelijke overstroming (Missie C2).</b>				
Veredelen van stresstolerante gewassen, die geschikt zijn voor extreme droogte, verzilting, vernatting of tijdelijke overstroming.	Identificeren van planteigenschappen die planten in staat stellen om perioden van droogte en wateroverlast te doorstaan.	Identificeren van QTL's voor genoemde eigenschappen in cultuurgewassen.	Aantonen dat het mogelijk is om op basis van genoemde QTL's droogte- of overstromingstolerante gewassen te ontwikkelen.	Toepassing van de ontwikkelde kennis door veredelingsbedrijven.
<b>Greening the cities (Missie C3, D2).</b>				
Veredelen van siergewassen, perkplanten en bomen voor een gezonde en groene leefomgeving.	Onderzoeken welke planteigenschappen bijdragen aan een gezond klimaat (wegvangen fijnstof en schadelijke stoffen, verkoelen van stedelijk gebied).	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>Veredelen op voorkomen van naogstproblemen, gezond en smakelijk voedsel (Missie D1, D3).</b>				
Veredelen van gewassen met lang houdbare en hoogwaardige producten (vruchten, zaden, bloemen) ter voorkomen van verliezen, maar ook gericht op personalized nutrition.	Onderzoeken welke genen en pathways ten grondslag liggen aan houdbaarheid, gezondheid en smaak van producten van diverse gewassen.	Maken van populaties en identificeren van QTL's voor de eigenschappen in verschillende gewassen.	Aantonen dat het mogelijk en rendabel is om rassen te ontwikkelen met minder na-oogstverliezen in co-creatie met ketenpartijen.	Toepassing bij veredelingsbedrijven.
<b>Zaadtechnologie (Missie A, B).</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 dessicate-tolerantie, dormancy, en kieming.	Onderzoeken naar verbetering zaad-productie 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 zaad-overdraagbaarheid van ziekten te beperken en pathogenen te doden.	Trainen van zaadtechnologen om methoden voor het meten van vigour en bewaarbaarheid te kunnen implementeren. Demonstreren van positieve effecten van microbioom-componenten op zaadgezondheid en methoden om die te versterken.	Toepassing bij veredelingsbedrijven, zaadproducenten en zaadtechnologie bedrijven.

## Bijlage 2. 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 erfelijkheidgraad schatten en genetische correlaties met productiviteit, gezond en welzijn. Voorspellingen maken en fokdoel uitwerken, en mee nemen in verdien model voor toekomst scenarios	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.	Doorrekenen 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	Metten op praktijkbedrijven en genetische variatie vast stellen.		



	om gezondheid en welzijn te fenotyperen			
<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, resilience	Koppelen van de test resultaten op organoids aan parkrijkinformatie van de nakomelingen.	Organoids toegepast door fokkerijbedrijven

## Bijlage 3. Nieuwe kennis en innovatieopgaven Sleuteltechnologie

### Biotechnologie en Veredeling in relatie tot de Missies – Witte Biotechnologie

Hieronder staat per missiedoelstelling aangegeven welke kennis en innovatieopgaven er bestaan vanuit de Witte Biotechnologie:

Onderwerp	Onderzoeksfase TRL 1-3 (NWO, KNAW, EU, Kennisbasis, strategische middelen etc.)	Ontwikkelfase TRL 4-6 (toegepast onderzoek, beleidsondersteunend onderzoek)	Demonstratiefase TRL 7-9 (MIT, POP, fieldlabs, etc.)	Implementatiefase (subsidies, investeringen, regelgeving, kennisverspreiding, netwerken, etc.)
<b>Ontwikkeling van witte biotechnologie voor bewerken en geschikt maken van nutriënten uit mest, reststromen en afvalwater (A1)</b>				
Ontwikkeling van witte biotechnologie voor bewerken en geschikt maken van nutriënten uit mest, reststromen en afvalwater.	Zie Plant.		Ontwikkeling/gebruik van micro-organismen voor productie van langere vetzuren en MC (medium-chain) PHA's uit mest en huishoudelijk afval.	
<b>Ontwikkeling van technologie gericht op valorisatie van biomassa zijstromen geproduceerd in de primaire landbouw en (voedsel)afval (A3)</b>				
Het robuuster maken van micro-organismen zodat ze actief zijn voor gebruik in allerlei (recalcitrante) afvalstromen en/of het vinden van micro-organismen in de natuur met de benodigde robuuste eigenschappen.	Zie Plant.	Zie Plant. Genoom-technologie nodig om in bepaalde omgeving (bv afvalstromen) micro-organismen te vinden met de gewenste activiteit. Gene-editing om eigenschappen in te brengen in micro-organismen waardoor ze hogere activiteit vertonen in bepaalde omgeving.	Selectie van grote aantallen potentiële productie-micro-organismen gericht op valorisatie van afvalstromen.	
<b>Ontwikkeling van technologie gericht op eiwitvoorziening voor humane consumptie uit (nieuwe) plantaardige bronnen via fermentatie (A4)</b>				
Ontwikkeling van technologie gericht op eiwitvoorziening voor humane consumptie uit (nieuwe) plantaardige bronnen via fermentatie (kunstvlees).	Zie Plant. Ontwikkeling genomic prediction/big data voor voor sturing van de gene-editing strategie en keuze van de meest-optimale promotoren en voor optimale codon-usage.	Gene-editing om de plantaardige/dierlijke genen optimaal tot expressie te brengen in micro-organismen Genomic prediction/big data voor keuze van de meest-optimale promotoren en voor optimale codon-usage.	Gebruik van klassieke biotechnologie (fermentatie) voor inbrengen gewenste componenten (vitamines, smaak) in plantaardig vleesvervangers.	
<b>Vermindering broeikasgassen door gebruik van micro-organismen voor duurzame productie van food en non-food toepassingen met hoge toegevoegde waarde (onder andere zeewierteelt op zee) (B)</b>				
Vinden van natuurlijke micro-organismen voor de stabilisatie van agrifood-reststromen en micro-organismen die, via fermentatie, relevante food and non-food ingrediënten kunnen produceren.	Ontwikkeling van (nieuwe) gene-editing mechanismen voor maximale expressie van gewenste genen en disruptie van ongewenste genen.	Ontwikkeling van (nieuwe) gene-editing mechanismen om eigenschappen in te brengen in micro-organismen waardoor ze hogere activiteit vertonen in bepaalde omgeving.	Omzetting van geadapteerde en genetische verbeterde micro-organismen voor omzetting zeewierbiomassa in bioplastics en in biobrandstoffen	
<b>Ontwikkelen van microbiële processen, om voedsel lekkerder, langer houdbaar en gezonder te maken ("klassieke" biotechnologie), en voor productie van sustainable food packaging (D4)</b>				
Maximale productie van gewenste componenten, met zo min mogelijk productie van ongewenste componenten.		Gene-editing voor maximale expressie van gewenste genen en disruptie van ongewenste genen Genomic prediction (genome scale models) voor sturing van de gene-editing strategie.	Omzetting van huishoudelijk afval in verpakkingsmateriaal (MC-PHA) via gerichte fermentatie. Productie van hoogwaardige, plantaardige, smaak-componenten mbv GMO micro-organismen.	
Gebruik waar mogelijk natuurlijke productie-organismen ipv GMO's.		Genoom-technologie voor vinden/selecteren van micro-organismen met gewenste eigenschappen Fenotypering van grote aantallen potentiële productie-micro-organismen.	Omzetting agrarische reststromen in clean-label voedselingredienten via fermentatie.	

