

Moderne biotechnologie, kans of bedreiging voor een duurzame landbouw?

**Peter Besseling
Frank Tillie
Jan van Vliet**

Informatie- en KennisCentrum Landbouw/Ede, oktober 1999

© 1999 Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het IKC-Landbouw, Postbus 482, 6710 BL EDE.

Het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij het gebruik van gegevens uit deze publicatie.

Oplage 200 exemplaren

Samenstelling Kernteam Biotechnologie: Peter Besseling, Aad van Lankeren, Angélique Schellenberg, Frank Tillie, Jacob van Vliet en Jan van Vliet

p.a.m.besseling@ikclb.agro.nl
j.a.m.van.vliet@ikclb.agro.nl

Druk Ministerie van LNV, Facilitaire Dienst/Bedrijfsuitgeverij

Foto voorzijde laboratorium: CPRO

Voorwoord

De eerste transgene planten, dat zijn planten die genetisch zijn gemodificeerd, groeien op dit moment al op grote schaal in de Verenigde Staten, Canada en Argentinië. Deze planten, zijn al verwerkt in agrarische producten, die ook in Nederland in de winkel liggen. Ook in Europa zijn de eerste biotechnologische toepassingen op de markt verschenen en de verwachting is dat er de komende jaren in technische zin vele nieuwe toepassingen zullen volgen.

De beeldvorming door de media, die zegt dat technisch alles kan, en de daadwerkelijk toepassing van genetisch gemodificeerde organismen (ggo's) op Nederlandse bodem doen opnieuw de maatschappelijke discussie oplaaien of we dit allemaal wel willen. Wat zijn de voordelen, welke nieuwe kansen kan de biotechnologie de landbouw bieden om veiliger, duurzamer en meer concurrerend te gaan produceren, maar vooral ook wat zijn de risico's ervan en willen we die accepteren.

Een belangrijk aspect in de discussie over genetische modificatie is de mogelijke bijdrage die genetische modificatie kan leveren aan een meer duurzame landbouw. We verwachten dat dit een belangrijke rol gaat spelen in de acceptatie en de toepassing van genetische modificatie in de Nederlandse landbouw.

De bovenstaande discussie was aanleiding voor de Directie Landbouw van het Ministerie van LNV om het IKC-Landbouw te vragen om een verkenning van de impact van biotechnologie voor de landbouw.

In deze notitie proberen wij enerzijds een beeld te schetsen van de impact van moderne biotechnologie op de Nederlandse landbouw en anderzijds aan te geven welke bijdrage moderne biotechnologie kan leveren om een meer duurzame landbouw te realiseren. De daarbij optredende maatschappelijke spanningsvelden worden belicht.

De samenstellers willen alle personen die op de een of andere wijze een bijdrage hebben geleverd bedanken, met name de geraadpleegde deskundigen.

Ir. H.A. Gonggrijp
Hoofd IKC-Landbouw

Inhoudsopgave

Voorwoord	3
Inhoudsopgave	5
1 Inleiding	7
1.1 Aanleiding	7
1.2 Moderne biotechnologie en genetische modificatie	7
1.3 Werkwijze en opzet van de notitie	9
1.4 Afbakening van het project	9
2 Duurzame landbouw	10
3 Mondiale ontwikkelingen op het gebied van genetische modificatie	13
3.1 Van zaadbedrijf naar life-sciencebedrijf	13
3.2 Veldproeven	14
3.3 Commerciële toepassingen	18
4 Ontwikkelingen op het gebied van moderne biotechnologie bij planten en dieren	20
4.1 Inleiding	20
4.2 Biotechnologie en verbeteren van plantaardig uitgangsmateriaal	20
4.2.1 Inleiding	20
4.2.2 Technologische ontwikkelingen in de plantenveredeling	20
4.2.3 Biotechnologie en de vermeerdering van uitgangsmateriaal	21
4.2.4 Veranderingen in de sector uitgangsmateriaal	22
4.2.5 Bijdrage aan een duurzame landbouw	23
4.3 Moderne biotechnologie en gewasbescherming	23
4.3.1 Inleiding	23
4.3.2 Schimmel- en bacterieresistentie	23
4.3.3 Insectenresistentie	24
4.3.4 Nematodenresistentie	26
4.3.5 Virusresistentie	26
4.3.6 Onkruid	27
4.3.7 Abiotische factoren	27
4.3.8 Bijdrage aan een duurzame landbouw	28
4.4 De plant als fabriek	29
4.4.1 Inleiding	29
4.4.2 De plant als fabriek van primaire metabolieten en non-food grondstoffen	29
4.4.3 De plant als fabriek van secundaire metabolieten (functional foods en non-foodtoepassingen)	30
4.4.4 De plant als fabriek van gezondheidsbevorderende stoffen (nutraceuticals)	31
4.4.5 De plant als fabriek van geneesmiddelen (pharmaceuticals) en vaccins	31
4.4.6 Bijdrage aan een duurzame landbouw	31

4.5	Moderne biotechnologie en kwaliteit	33
4.5.1	Inleiding	33
4.5.2	Verbeteren van de kwaliteit tijdens de naoogst-fase	33
4.5.3	Nieuwe producteigenschappen met betrekking tot kwaliteit	33
4.5.4	Bijdrage aan een duurzame landbouw	34
4.6	Ontwikkelingen op het gebied van de moderne biotechnologie in de dierlijke sector	35
4.6.1	Schets van de ontwikkelingen	35
4.6.2	Biotechnologie en fokkerij (fokken op ziekteresistentie)	36
4.6.3	Biotechnologie en het dier als producent van medische producten	37
4.6.4	Biotechnologie en veevoeding	38
4.6.5	Bijdrage aan een duurzame veehouderij	39
5	Kansen en bedreigingen van moderne biotechnologie voor een duurzame Nederlandse landbouw	40
5.1	Korte schets van de Nederlandse landbouw	40
5.2	Kansen en bedreigingen van moderne biotechnologie	41
5.3	Vijf maatschappelijke spanningsvelden van genetische modificatie	44
5.3.1	Zijn ggo's echt nodig?	44
5.3.2	Zijn ggo's veilig voor mens en dier?	45
5.3.3	Zijn ggo's veilig voor het milieu?	45
5.3.4	Leidt introductie van ggo's tot verlies van (agro)biodiversiteit?	46
5.3.5	Is genetische modificatie en kloneren van dieren acceptabel?	46
6	Samenvatting en conclusies	47
6.1	Conclusies over de ontwikkelingen	47
6.2	Conclusies over de verwachtingen	48
6.3	Conclusies over de kansen en bedreigingen	48
6.4	Conclusies over het maatschappelijk debat:	49
6.5	Eindconclusie	49
Bijlage 1	Indeling in toepassingsvelden en geïnterviewde deskundigen	50
Bijlage 2	Verklarende woordenlijst	51
Bijlage 3	WEBB-SITES	52
Bijlage 4	Literatuur	53

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De moderne biotechnologie en met name de genetische modificatie is een nieuwe ontwikkeling die sterk in beweging is. De eerste genetisch gemodificeerde toepassingen zijn op de markt verschenen en de verwachting is dat er de komende jaren vele nieuwe toepassingen zullen volgen. De verwachting is dat biotechnologie de landbouw nieuwe kansen zal bieden om veiliger, duurzamer en concurrerend te gaan produceren. Daarnaast roept biotechnologie de vraag op of het nodig is, of er werkelijk voordelen mee te behalen zijn en of het veilig is. De eventuele bijdrage van moderne biotechnologie aan een duurzame landbouw zal naar verwachting een belangrijke rol gaan spelen in de maatschappelijke discussie over de toepassing van biotechnologie in de agrarische sector.

De bovenstaande discussie is aanleiding voor de Directie Landbouw van het Ministerie van LNV om het IKC-Landbouw het verzoek te doen om de impact van moderne biotechnologie voor een duurzame landbouw in kaart te brengen. De projectgroep van het IKC-landbouw heeft via desk research en interviews de ontwikkelingen beschreven.

1.2 Moderne biotechnologie en genetische modificatie

De technieken die te maken hebben met de vermeerdering en verandering (veredeling) van biologische systemen, levende organismen of hun afgeleide producten zijn al heel oud. Vormen daarvan zoals selecteren en kruisen en toepassing van micro-organismen bij productieprocessen worden al sinds mensenheugenis toegepast en vormen de basis van de hedendaagse landbouw en voedselproductie.

Biotechnologie kan men daarbij definiëren als de verzameling van de daarbij toegepaste technieken. Deze technieken zijn de laatste jaren steeds verder ontwikkeld. De nieuwste technieken worden aangeduid met de term moderne biotechnologie. Wat betreft vermeerdering en veredeling is er geen duidelijke grens aan te geven waar de traditionele veredeling stopt en de moderne biotechnologie begint. Moderne biotechnologie heeft als kenmerk dat de vermeerdering en veredeling zich afspeelt op het niveau van de cel (in vitro-vermeerdering: weefselkweek, klonen), de kern (kernfusie, apomixis) of het erfelijk materiaal (DNA: genetische modificatie). Met de traditionele technieken zouden de resultaten van de moderne biotechnologie op het gebied van veredeling en vermeerdering niet mogelijk zijn.

Moderne biotechnologie richt zich op het erfelijk materiaal wat de verscheidenheid aan organismen en individuen bepaalt. Tezamen met de sterke technische invalshoek van de moderne biotechnologie vormt dit de basis voor de maatschappelijke discussie. Enerzijds spreekt de techniek sterk tot de verbeelding en zijn er futurologen die voorspellen dat landbouw zal verdwijnen, omdat straks ons voedsel met behulp van genetische modificatie uit de machine zal komen. Anderzijds wordt met moderne biotechnologie de kern van ons bestaan en onze integriteit geraakt. Hoewel dit bij planten (stekken is niets anders dan klonen), micro-organismen in waspoeder en bij onze voedselbereiding (brood, bier) al het geval is, komt biotechnologie nu, vooral door de behaalde resultaten met het klonen van dieren en de verdere ontrafeling van het erfelijk materiaal, -ook van de mens-, wel heel dicht bij ons te staan.

Uitspraken in de media als "mogen wij voor God spelen" en "de mens wordt God" worden daarbij nog eens versterkt doordat de moderne biotechnologie zulke geavanceerde technieken gebruikt, dat de gemiddelde mens deze niet meer kan bevatten. Moderne biotechnologie is mede daarom een dankbaar onderwerp voor horror- en sciencefictionverhalen, waarbij met name de negatieve effecten van biotechnologie worden belicht. De Engelse media spreken van 'Frankensteinvoedsel'.

De maatschappelijke discussie richt zich vooral op de laatste biotechnologische ontwikkelingen: het klonen van mens en dier en de genetische modificatie. Bij deze laatste ontwikkeling wordt d.m.v. genetische modificatietechnieken genetisch materiaal (DNA), meestal een gen (of meerdere genen) met bepaalde eigenschappen, van het ene ras, soort of organisme naar het andere

overgebracht. Hoewel uitwisseling van genetisch materiaal de basis vormt van onze evolutie, is uitwisseling van genetisch materiaal via een natuurlijke weg hoofdzakelijk beperkt tot uitwisseling binnen soorten. Alleen bij lagere organismen treedt in de natuur ook uitwisseling tussen soorten en organismen op. Met de genetisch modificatie technieken worden de laatste barrières om uitwisseling van genetisch materiaal tussen verschillende soorten, maar ook tussen verschillende organismen, geslecht.

Moderne biotechnologie kan worden gedefinieerd als een verzameling van een aantal recente technieken gericht op:

1. het vergroten van kennis en inzichten in het functioneren van organismen. Gezien de grote hoeveelheden informatie, die verwerkt moeten worden, is automatisering en DNA chips-technologie daarbij onmisbaar (Bioinformatica). Voorbeelden daarvan zijn:
 - het beschrijven van het erfelijk materiaal, het DNA, wat opgebouwd is uit een viertal eenheden (4 basen), die in aantal en volgorde steeds verschillen. Het vastleggen daarvan wordt het bepalen van de sequentie genoemd. Voor het DNA van de mens, maar ook voor de meeste mondiaal belangrijke gewassen en landbouwhuisdieren, zal dit binnen enkele jaren afgerond zijn. Dezelfde techniek kan ook gebruikt worden om verschillen in DNA tussen verschillende organismen (maar bijvoorbeeld wel van één ras) aan te tonen, bijvoorbeeld binnen bepaalde partijen grondstoffen, zaden, en ander uitgangsmateriaal. (uniformiteit) of voor unieke identificatie (bijvoorbeeld i.p.v. oormerken);
 - het identificeren en lokaliseren van genen met de verschillende eigenschappen op dit DNA;
 - het onderzoeken van de werking van deze genen: welke processen sturen zij aan, met welke stoffen en wanneer en onder welke omstandigheden komen de daaraan gekoppelde eigenschappen wel of niet tot uiting (gen-expressie);
 - het koppelen van genen aan zogenaamde merkers; daardoor wordt het mogelijk het gewenste materiaal gericht te selecteren, over te brengen en snel te zien of de kruisingsproducten inderdaad de gewenste genen (en eigenschappen) hebben.Toepassing van de verkregen kennis is niet gebonden aan genetische modificatie. Ook de traditionele veredeling en de veredeling voor de biologische landbouw krijgen hiermee een belangrijke impuls.
2. het vermeerderen van organismen;
Voorbeelden daarvan zijn:
 - in vitro vermeerderingstechnieken, voor planten al gemeengoed, voor dier en mens van meer recente datum;
 - klonen, het vermeerderen van organismen met hetzelfde genetische materiaal, bij planten al van oudsher toegepast, bij dieren en de mens in onderzoek.
3. het veredelen van organismen.
Daarbij kan onderscheid gemaakt worden in een aantal moderne veredelingstechnieken zoals apomixes, haploidetechniek, waarbij er geen soortvreemd erfelijk materiaal wordt overgebracht en in de genetische modificatie, waarbij dat wel doelbewust gebeurt. Voor de genetische modificatie zijn verschillende technieken beschikbaar. De bekendste daarvan is het gebruik van de bacterie *Agrobacterium tumefaciens*, die van nature het vermogen bezit soortvreemd DNA in andere organismen in te bouwen. Een andere techniek is het bombarderen van celkernen met partikels met aangehecht het over te brengen DNA.

Genetische modificatie is dus één van de technieken, die in de moderne biotechnologie worden gebruikt. Het accent in deze notitie ligt op de genetische modificatie.

Belangrijk is nog op te merken dat genetisch gemodificeerde organismen niet altijd hoeven af te wijken van hun niet gemodificeerde soortgenoten. Hoewel het genetisch materiaal wel is veranderd, hoeft dit in het organisme of in het betreffende nuttige deel niet altijd tot expressie te komen. De inhoudelijk samenstelling kan wat betreft het soort stoffen gelijk blijven. Verder kunnen bij gebruik van bestanddelen, bijvoorbeeld voor de verwerkende industrie, de veranderde bestanddelen eruit gehaald worden. Meestal gaat het bij deze toepassingen om stoffen die reeds voorkwamen, maar die nu in een verhoogde concentratie of veranderde samenstelling voorkomen (vetzuren, zetmelen, oliën). Tot slot kan het plantaardig materiaal zodanig bewerkt zijn, dat reproductie niet meer mogelijk is.

1.3 Werkwijze en opzet van de notitie

Biotechnologie kent op alle terreinen waarbij gewerkt kan worden met levende organismen een scala van toepassingen. Naast de medische sector en de voedingsmiddelenindustrie is ook de landbouw een niet onbelangrijk toepassingsveld.

Na de uitwerking van het toetsingskader voor een meer duurzame landbouw in hoofdstuk 2 schetsen we in hoofdstuk 3 aan de hand van een aantal tabellen en grafieken een algemeen beeld van de mondiale toepassingen op het terrein van de landbouw. De gegevens daarvoor zijn afkomstig van de overzichten/databanken voor veldproeven en toelatingen van een aantal landen en organisaties (zie bijlage 3).

In hoofdstuk 4 gaan we dieper in op een aantal nieuwe biotechnologische ontwikkelingen in de landbouw. Deze ontwikkelingen zijn onderverdeeld in een aantal plantaardige en dierlijke toepassingsgebieden. Niet omdat deze gebieden scherp afgebakend zouden kunnen worden, maar omdat er zo meer overzicht ontstaat.

Met behulp van literatuuronderzoek is per toepassingsveld kort nagegaan welke ontwikkelingen daarin te verwachten zijn. Deze ontwikkelingen zijn met behulp van interviews met deskundigen verder geactualiseerd en gecomplementeerd. Ze vormen daarmee de bouwstenen voor hoofdstuk 5. Per toepassingsveld schetsen we een beeld van de impact van biotechnologie op de landbouw in het tijdvak 2005-2010 en worden de ontwikkelingen getoetst op hun bijdragen aan een meer duurzame landbouw. We bespreken daarbij zowel de kansen als de bedreigingen.

In hoofdstuk 5 bespreken we de kansen en bedreigingen voor de landbouw als totaal. Aan de hand van argumenten die door voor- en tegenstanders van moderne biotechnologie worden gebruikt en achterliggende verschillen in waarden gaan we vervolgens kort in op de maatschappelijke/ethische spanningsvelden.

Hoofdstuk 6 bevat naast de samenvatting ook de algemene conclusies.

De geïnterviewde deskundigen zijn vermeld in bijlage 1.

In bijlage 2 wordt een aantal technische termen nader verklaard. De adressen van een aantal belangrijke en geraadpleegde internetbronnen staan vermeld in bijlage 3. Bijlage 4 bevat de literatuurlijst.

1.4 Afbakening van het project

De afbakening van het project vindt als volgt plaats:

1. Het betreft de landbouw in Nederland.
2. Het betreft de gehele kolom: toeleverings-primaire bedrijven, productie-verwerking en afzet-consumptie, voor zover het in Nederland geteelde gewassen betreft (dus geen soja, koffie of cacao, maar wel aardappelen en suikerbieten).

2 Duurzame landbouw

In dit hoofdstuk behandelen we de begrippen duurzame landbouw en maatschappelijk gewenste productieomstandigheden. We stellen een toetsingskader op, waarmee we inzichtelijk kunnen maken welke bijdragen biotechnologische ontwikkelingen kunnen leveren om een meer duurzame landbouw te realiseren.

Met het rapport "Our Common Future" introduceerde de Commissie Brundtland in 1987 het begrip *duurzame ontwikkeling*. De Commissie Brundtland verstaat hieronder: een ontwikkeling die voorziet in de behoeften van de huidige generatie, zonder daarmee voor toekomstige generaties de mogelijkheden in gevaar te brengen om ook in hun behoeften te voorzien. Na het verschijnen van het Brundtland-rapport is het begrip duurzame ontwikkeling omarmd door maatschappelijke organisaties, politieke partijen, overheden en internationale organisaties. Het vormt de belangrijkste leidraad voor beleid of strategie en heeft aan betekenis nog niets ingeboet. Voorbeelden van het gebruik ervan zijn de Structuurnota Landbouw met als algemene doelstelling: het bevorderen van een concurrerende, veilige en duurzame landbouw, de Nationale MilieubeleidsPlannen, de Nota Milieu en Economie en de vergroening van ons fiscale stelsel. Het begrip duurzame ontwikkeling heeft een wervend karakter, het daagt steeds opnieuw uit en nodigt uit tot actie.

Over de concrete invulling van duurzame ontwikkeling en duurzame landbouw bestaan zeer veel verschillende opvattingen. Eén ding hebben de verschillende opvattingen gemeen: het besef is toegenomen dat het bij duurzame ontwikkeling niet alleen gaat om milieuhygiënische en ecologische aspecten, maar ook om economische en sociaal-culturele aspecten. In de "Farm Bill" Food, Agriculture, Conservation, and Trade Act van 1990 komt dit goed tot uiting en wordt onder duurzame landbouw verstaan: "an integrated system of plant and animal production practices having a site-specific application that will, over the long term:

- A satisfy human food and fiber needs;
- B enhance environmental quality and the natural resources base upon which the agricultural economy depends;
- C make the most efficient use of nonrenewable resources and non-farm resources and integrate, where appropriate, natural biological cycles and controls;
- D sustain the economic viability of farm operations and;
- E enhance the quality of life for farmers and society as a whole"

Verschillen in opvattingen over duurzame ontwikkeling en duurzame landbouw zijn veelal terug te voeren op verschillende belangen en denkwerelden. De laatste worden voor een groot deel bepaald door verschillen in kennis, normen, waarden en inschattingen van risico's bij onzekerheden. Kennis zal altijd onvolledig zijn, niet voor iedereen even toegankelijk en zal verschillend gehanteerd en gebruikt worden. In de tijd gezien ontwikkelt kennis zich, maar ook de normen, waarden en risico-inschattingen zijn aan verandering onderhevig.

Analyse heeft geleerd dat er van de begrippen duurzame landbouw en duurzame ontwikkeling geen blauwdruk is te geven. Op basis van wetenschappelijk kennis alleen is duurzaamheid niet vast te stellen als gevolg van de onvolledigheid en verschillen in weging van kennis. Een ontwikkelingsrichting kan alleen maar duurzaam zijn als deze binnen de samenleving breed wordt geaccepteerd. Gestreefd moet worden naar een gezamenlijk gedragen invulling, die vanwege veranderingen in de tijd van de heersende inzichten, normen, waarden en risico-inschattingen periodiek zal moeten worden herzien en bijgesteld. In deze context zijn de begrippen duurzame landbouw en maatschappelijk gewenste productieomstandigheden dus synoniem.

De maatschappelijke discussie zal vooral gaan over de verschillen in opvattingen. Als daarbij gezamenlijke doelformulering of het bereiken van consensus niet tot de mogelijkheden behoort, zal de politiek besluiten moeten nemen. Op die manier vormen de doelstellingen van de overheid mede het kader, waarbinnen duurzame ontwikkeling moet plaatsvinden.

In tabel 2.1 zijn de maatschappelijke doelstellingen weergegeven. Deze zijn nader uitgewerkt door hierbij de bijbehorende overheidsdoelstellingen te noemen. Daarbij ligt het accent op de doelstellingen die gelden voor de sector landbouw. De tabel is onderverdeeld in drie onderdelen:

- 1 onderdeel a bevat de milieuhygiënische en ecologische aspecten;
- 2 onderdeel b bevat de economische en maatschappelijke aspecten;
- 3 onderdeel c bevat de veiligheid/gezondheidsaspecten.

In hoofdstuk 4 zullen we per toepassingsveld de kansen en bedreigingen aangeven in relatie tot het veranderen (modificeren zowel via de klassieke veredeling als via genetische modificatie) van het plantaardig of dierlijk productiemateriaal. In hoofdstuk 5 zijn de kansen en bedreigingen van moderne biotechnologie beschreven. We hebben tabel 2.1 daarbij als basis gebruikt.

Tabel 2.1 Korte beschrijving van de maatschappelijke doelstellingen en het beleidskader op de verschillende verduurzamingsvelden

ONDERDEEL a: milieuhygiënische en ecologische aspecten

Verduurzamingsveld	Ambitie van de samenleving gericht op sector landbouw
Gebruik grond- en hulpstoffen	Voorkomen van uitputting van grondstoffen en voorraden. O.a. energie en grondwater
Klimaatverandering (energie CO ₂ , methaan, lachgas)	Verhogen energie-efficiency met 1/3 (95-2020) (3e Energie nota) Reductie emissie CO ₂ , methaan, lachgas in Nota Klimaat verandering. (EU reductie 8%, Nederland 8%) 10% duurzame energie in 2020
Schoon bedrijf, schone omgeving	Tegengaan contaminatie in het milieu. Geen onomkeerbare vervuiling. Saneren verontreinigingen. Geen stoffen die ozonlaag aantasten, geen asbest, geen accumulatie van zware metalen en arsenicum in de bodem. Beperken stank en hinder
(Agro)biodiversiteit, ecosystemen	Duurzaam beheren, behouden en gebruiken van ecosystemen en soorten.
Vermesting Mineraalverliezen	Evenwichtsbemesting bij aanwending. Beperken emissie naar grond/oppervlaktewater. Saneren fosfaat verzadigde gronden.
Gewasbeschermingsmiddelenverbruik Emissie Afhankelijkheid Toepassingen	In 2000 t.o.v. 84-88 - 50% reductie in verbruik - 50% emissiereductie lucht - 75% emissiereductie bodem/grondwater - 90% emissiereductie oppervlak tewater verlagen structurele afhankelijkheid Saneren milieuonvriendelijke stoffen en toepassingen.
Verzuring NH ₃	2000-2005: 70% reductie in 2000-2005, (basisjaar 1980). 2010: 80% reductie tot 2010
Afval Vast	Verwijderingsladder: Preventie, hergebruik (alle organische afval), verwijdering (verbranden, storten).

ONDERDEEL b: economische en maatschappelijke aspecten

Verduurzamingsveld	Ambitie van de samenleving gericht op sector landbouw
Economische duurzaamheid sector landbouw	Een acceptabel inkomen voor boeren. Gevarieerd, goedkoop en kwalitatief goed voedselpakket, wat aansluit op de vraag. Duurzaam gebruik van de natuurlijke hulpbronnen/systemen (grond/dieren). Keuzevrijheid o.a. voor ggo-vrij.
Welzijn dieren	Verdere verhoging van het welzijn, invalshoeken: meer ruimte, kwaliteit ruimte, ingrepen, omgang met dieren, transport.
Omgevingskwaliteit	Beperken hinder op omgeving. Harmonie tussen bedrijf en omgeving. Aantrekkelijk woon- en leefklimaat in het landelijk gebied. Medegebruik van het landelijk gebied, multifunctionaliteit.
Arbeidsomstandigheden/personeelsbeleid	Acceptabele arbeidsomstandigheden, incl. welzijn in de landbouw.

ONDERDEEL c: veiligheid/gezondheidsaspecten

Verduurzamingsveld	Ambitie van de samenleving gericht op sector landbouw
Voedselveiligheid	Streven naar 100% veilig voedsel, vrij van residuen en zoönosen.
Gezondheid werkers in de landbouw	Optimaliseren arbeidsomstandigheden/welzijn.
Diergezondheid	Hoge gezondheidsstatus nastreven.

De in tabel 2.1 vermelde maatschappelijke doelstellingen (desired goals) vormen de criteria waarop de bijdrage van moderne biotechnologische ontwikkelingen aan een meer duurzame landbouw in hoofdstuk 5 wordt beoordeeld. Deze beoordeling zal hoofdzakelijk kwalitatief zijn. Het gaat immers om een eerste verkenning van kansen en bedreigingen. In verdere deelprojecten kan een meer gedetailleerde en gekwantificeerde bijdrage in beeld gebracht worden.

Bij de bedreigingen speelt het risico-aspect een grote rol. Hoe groot is de kans dat zich ontwikkelingen voordoen, die een meer duurzame landbouw in de weg staan en wat is het effect daarvan.

In deze notitie worden de volgende risico's onderscheiden:

- gezondheidsrisico's voor de mens;
- gezondheidsrisico's voor dieren;
- ecologische risico's (milieu-effecten, verstoren ecosystemen, aantasten biodiversiteit);
- economische risico's (aantasting handels-, exportpositie, concurrerend vermogen van onze landbouw en agro-industrie, keuzevrijheid consumenten, koopgedrag consumenten);
- landbouwkundige risico's (afhankelijkheid, flexibiliteit, weerstandsvermogen);
- politieke risico's met betrekking tot maatschappelijk acceptatie.

3 Mondiale ontwikkelingen op het gebied van genetische modificatie

Om inzicht te krijgen in de mondiale ontwikkelingen op het gebied van de genetische modificatie hebben we gebruik gemaakt van de databanken van de OECD, van het Joint Research Centre van de Europese Commissie, van het Amerikaanse Ministerie van Landbouw (USDA) en van de Canadian Food Inspection Agency. We hebben deze databanken gebruikt voor zowel de veldproeven als voor de toepassingen die op de markt zijn toegelaten (zie voor de internetadressen bijlage 3).

3.1 Van zaadbedrijf naar life-sciencebedrijf

Geschat wordt dat de totale wereldomzet aan zaden voor de agrarische sector ongeveer 45 biljoen US\$ bedraagt. Een derde hiervan wordt gerealiseerd door de commerciële zaadbedrijven, een derde door overheden en publieke instellingen en een derde door de boeren zelf. Bij de commerciële zaadbedrijven hebben er de laatste jaren veel overnames en fusies plaatsgevonden. Het belangrijkste bedrijf voor genetische modificatie bij planten is Monsanto. Andere belangrijke bedrijven zijn DuPont, Novartis, AgrEvo en Zeneca.

Tabel 3.1 Overzicht van veredelingsbedrijven en de eigendomsrelaties met moederbedrijven

Moederbedrijf	Verdelingsbedrijven
Monsanto (USA)	DeKalb Genetics Corporation, Delta & Pine land, Cargill Seed, Asgrow Agronomics en Calgene Inc.
DuPont (USA)	Pioneer Hi-bred
Novartis (Zwitserland)	Novartis Seeds (=Novartis Sandoz en Ciba), Sluis en Groot Seeds en Northrup King
AgrEvo (Zwitserland)	Nunhems Zaden
Zeneca (Engeland)	Advanta (= Zeneca Seeds en Vander Have Seeds (onderdeel van Cosun)), Leen de Mos groentezaden, Mogen en Mommersteeg

Andere belangrijke zaadbedrijven zijn Groupe Limagrain (Frankrijk), eigendom van Rhone Poulenc met o.a. Nickerson-Zwaan en Seminis Inc. met o.a. Bruimsma zaden en Royal Sluis. Seminis Inc. (Mexico) is eigendom van ELM (Mexico).

De Nederlandse bedrijven Rijk Zwaan, De Ruiters Seeds en Enza zaden zijn nog zelfstandig, Cebeco Zaden is onderdeel van Cebeco en Karna is onderdeel van Avebe.

Veel Nederlandse zaad- en veredelingsbedrijven zijn in buitenlandse handen overgegaan. Ze zijn nu onderdeel geworden van een relatief klein aantal, zeer grote en kapitaalkrachtige mondiaal operende concerns op het gebied van 'life sciences'. De van oorsprong chemische, farmaceutische en agrochemische ondernemingen en plantenveredelingsbedrijven zijn daarin opgegaan. Biotechnologie speelt daarin een essentiële rol.

3.2 Veldproeven

Halverwege de jaren '80 zijn de eerste veldproeven met genetisch gemodificeerde organismen opgezet. In de databank van de OECD zijn er gemiddeld in de jaren 1994-1997 1300-1500 veldproeven aangemeld. In 1998 steeg dit aantal tot ongeveer 1900. In grafiek 3.1 is deze ontwikkeling uitgezet. Het totaal aantal veldproeven bedraagt t/m 1998 volgens de databank van OECD 9.000 tot 10.000. Inmiddels is de 10.000 ruim gepasseerd.

Volgens de databank van de OECD is 78,2% van de veldproeven in de Verenigde Staten uitgevoerd, 8,5% in Canada en 3,4% in Frankrijk. Nederland staat met 1,45% op de vierde plaats (zie grafiek 3.2).

Voor de nadere analyse van veldproeven hebben we dan ook hoofdzakelijk naar de Verenigde Staten en Canada gekeken. Deze worden vergeleken met de veldproeven in Nederland.

De proeven hebben volgens grafiek 3.3 bijna uitsluitend betrekking op planten (98,6%). Voor veldproeven met modificatie bij dieren is dit slechts 0,16%.

De grafieken staan op de volgende pagina's.

Grafiek 3.1 Aantal veldproeven per jaar wereldwijd (Bron: OECD)

Grafiek 3.2 Aantal veldproeven naar land (Bron: OECD)

Grafiek 3.3 Aantal veldproeven naar organisme (Bron: OECD)

Grafiek 3.4 Aantal veldproeven naar gewas (bron: OECD)

De verdeling van de veldproeven over de verschillende gewassen is weergegeven in grafiek 3.4 Absolute koploper is maïs met ruim 1/3 deel van alle toepassingen. Aardappel (11,8%) en tomaat (8,1%) zijn gewassen die voor Nederland belangrijk zijn en waarvoor relatief veel veldproeven aangemeld zijn. Voor suikerbieten bedraagt het aantal veldproeven ruim 300, waarvan 22 in de EU zelf. De resterende veldproeven staan voor 95% in de Verenigde Staten. Voor de rest van de voor Nederland belangrijke gewassen is het aantal veldproeven nog beperkt van omvang. Voor sla, komkommer, appel en aardbei in orde van grootte van 20-25, voor koolsoorten, peen en aubergine 8-12. Van de overige gewassen zijn er geen of slechts enkele veldproeven aangemeld.

Bij de soort modificatie staat herbicideresistentie op de eerste plaats, gevolgd door insectenresistentie en productkwaliteit. Het aantal veldproeven gericht op productkwaliteit neemt sterk toe. In de Nederlandse veldproeven gaat het dan hoofdzakelijk om het veranderen van de zetmeelsamenstelling bij aardappelen en de kleur en het vaasleven bij anjer. Het aantal veldproeven wat betrekking heeft op resistenties tegen schimmels is nog beperkt. Bij de Nederlandse veldproeven gaat het met name om aardappel. Op het gebied van nematodenresistenties zijn nog nauwelijks veldproeven uitgevoerd.

Tabel 3.2 Veldproeven in de Verenigde Staten, Canada en Nederland naar toepassingsveld

Toepassingsveld	USA, alle veldproeven. Laatste update 03-09-1999	Canada, alle veldproeven t/m 1998	Nederland, alle veldproeven t/m 18-06-1999
Aantal veldproeven	5593	ongeveer 780	109
Herbicideresistentie	31,5%	66,8%	40,4%
Insectenresistentie	27,1%%	19,0%	4,6%
Virusresistentie	12,0%	18,1%	11,0%
Schimmelresistentie	6,4%	8,1%	16,5%
Merkergeren/onderzoek	3,5%	1,7%	onder overig
Bacterieresistentie	1,4%	onder overig	3,7%
Nematodenresistentie	0,2%	onder overig	0,9%
Productkwaliteit	21,7%	onder overig	37,6%
Agronomische eigenschappen	6,6%	onder overig	onder overig
Overig en rest	3,9%	13,7%	19,3%

N.B. de totaalstelling is meer dan 100% omdat in één gewas meerdere modificaties kunnen worden aangebracht.

Gezien het toenemende belang van de veldproeven gericht op productkwaliteit is in onderstaande tabel een nadere uitsplitsing gemaakt. Daarbij is uitgegaan van de veldproeven in de Verenigde Staten tot medio 1999.

Tabel 3.3 Veldproeven in de Verenigde Staten op het gebied van kwaliteit onderverdeeld naar kwaliteitsaspect

Kwaliteitsaspect	% van de veldproeven
Vruchtkwaliteit, incl. langere houdbaarheid	21%
Koolhydraatmetabolisme	17%
Samenstelling en kwaliteit oliegehalte	9%
Eiwitgehalte (lysine/methionine) en opslag	9%
Stevigheid, (incl. knollen)	6%
Zwarte plekken/kneuzingen	5%
Kwaliteit zaad	4%
Pigmentmetabolisme	1,5%
Caroteengehalte	1,5%
Vezelkwaliteit en lengte	1%
Vetzuursamenstelling	1%

Voor de twee voor Nederland belangrijke gewassen aardappel en tomaat, waarvoor al de nodige proeven zijn uitgevoerd, is onderstaand aangegeven om wat voor toepassingen het gaat in de Verenigde Staten en in Nederland.

Tabel 3.4 Veldproeven aan aardappel en tomaat in de Verenigde Staten en Nederland naar toepassingsveld

Toepassingsveld	Aardappel USA	Aardappel Ned.	Tomaat USA	Tomaat Ned.
Aantal veldproeven (Voor USA geldt t/m 03-09-1999 en voor Nederland geldt t/m 18-06-1999)	641	41	494	2
Herbicideresistentie	8,1%	14,6%	3,6%	
Insectenresistentie	44,8% (Coloradokever)	7,3%	7,3%	
Virusresistentie	40,4% (PLRV, PVY)	4,9%	11,7% (TMV, CMV)	
Schimmelresistentie	10,5% (Phytophthora)	24,3%	6,5% (Verticillium, Fusarium)	100%
Merkerogenen/onderzoek	0,9%	2,4%	0,4%	
Bacterieresistentie	5,0% (Erwinia carotovora)	7,3%	3,2%	
Nematodenresistentie	-	2,4%	-	
Productkwaliteit	26,7% (koolhydraat metabolisme)	56,1%	64,0% (afrijpingsproce, inhaltsstoffen en kleur)	
Agronomische eigenschappen	0,8%	bij overig	1,4%	
Overig en rest	0,3%	2,4%	1,8%	

Bij de aardappel ligt in de Verenigde Staten de nadruk op insecten- en virusresistentie. In Nederland op productkwaliteit en schimmelresistentie. Bij tomaat gaat het hoofdzakelijk om productkwaliteit met name het vertragen van het afrijpingsproces, dus een langere houdbaarheid en het veranderen (meestal verhogen) van het gehalte aan bepaalde inhoudsstoffen.

3.3 Commerciële toepassingen

Na het succesvol doorlopen van de toelatingsprocedure kunnen genetisch gemodificeerde gewassen worden toegepast in de landbouw. In tegenstelling tot het grote aantal veldproeven is het aantal commerciële toepassingen nog gering. De Verenigde Staten is met ongeveer 40 het land met de meeste commerciële toepassingen, gevolgd door Japan met ongeveer 20 toepassingen. De meeste hebben echter alleen betrekking op import en verwerking in humane en dierlijke voeding en niet op de teelt in Japan zelf. In Canada zijn er ongeveer 15 toegelaten. Binnen Europa zijn 14 toepassingen (update 28 –10-1998) toegelaten, waarvan 10 betrekking hebben op planten. Vier daarvan zijn van Nederlandse origine (Anjer 3x, Chicorei). Een beperkt aantal toepassingen zijn toegelaten in Argentinië, Australië en Mexico.

De databank van de OECD (actueel tot eind 1998) geeft 59 commerciële toepassingen, die in één of meerdere landen een toelating hebben, maar pretendeert daarmee niet volledig te zijn. Het gewas koolzaad komt 16 keer op deze lijst voor, maïs 14 keer, daarna volgen tomaat en katoen met ieder 5 keer. Toepassingen met landbouwhuisdieren komen op deze lijst niet voor.

Het overgrote deel van de toepassingen heeft betrekking op herbicideresistentie (waarvan de belangrijkste Glufosinaat-ammonium, Glyfosaat en Bromoxynil) en insectenresistentie op basis van het *Bacillus thuringiensis* toxine (Bt). Het aantal modificaties gericht op productkwaliteit is nog zeer beperkt. Bij de commerciële toepassingen van aardappel gaat het om Bt-resistentie tegen de Coloradokever en bij tomaat over de vertraagde afrijping.

Het areaal met genetisch gemodificeerde gewassen is de laatste jaren explosief toegenomen: van 1,7 miljoen ha in 1996 naar 11,0 miljoen ha in 1997 en 27,8 miljoen ha in 1998 (exclusief China). In de EU worden nog nauwelijks transgene gewassen verbouwd. Alleen maïs komt voor op een zeer beperkte oppervlakte in vooral de zuidelijke lidstaten. Zoals blijkt uit tabel 3.5 is het areaal transgene gewassen vooral in de Verenigde Staten te vinden.

Tabel 3.5 Areaal van genetisch gemodificeerde gewassen naar land (in miljoen hectare)

Land	1997	%	1998	%	Toename
Verenigde Staten	8,1	74	20,5	74	12,4
Argentinië	1,4	13	4,3	15	2,9
Canada	1,3	12	2,8	10	1,5
Australië	0,1	1	0,1	1	<0,1
Mexico	<0,1	<1	<0,1	<1	<0,1
Spanje	0,0	0	<0,1	<1	<0,1
Frankrijk	0,0	0	<0,1	<1	<0,1
Zuid Afrika	0,0	0	<0,1	<1	<0,1
Totaal	11,0	100	27,8	100	16,8

Bron: J. Clive, 1997, 1999.

Toepassing van biotechnologie vindt vooral plaats bij soja (in de Verenigde Staten in 1998 1/4 deel van het areaal), maïs (in de Verenigde Staten in 1998 1/5 deel van het areaal) tabak, katoen en Canola. Het areaal genetisch gemodificeerde tomaat en aardappel is nog gering (zie tabel 3.6). Bij de toepassingen gaat het voor 99% om herbicide- en insectenresistenties (tabel 3.7).

Tabel 3.6 Areaal van genetisch gemodificeerde gewassen naar gewas (in miljoen hectare)

Gewas	1997	%	1998	%	Toename
Soja	5,1	46	14,5	52	9,4
Mais	3,2	30	8,3	30	5,1
Katoen	1,4	13	2,5	9	1,1
Koolzaad	1,2	11	2,4	9	1,2
Aardappel	<0,1	<1	<0,1	<1	<0,1
Totaal	11,0	100	27,8	100	16,8

Bron: J. Clive, 1997, 1999.

Tabel 3.7 Areaal van genetisch gemodificeerde gewassen naar toepassing (in miljoen hectare)

Toepassing	1997	%	1998	%	Toename
Herbicide tolerantie	6,9	63	19,8	71	12,9
Insecten resistentie	4,0	36	7,7	28	3,7
Insectenresistentie met herbicidetolerantie	<0,1	<1	0,3	1	0,2
Kwaliteitsverbetring	<0,1	<1	<0,1	<1	<0,1
Totaal	11,0	100	27,8	100	16,8

Bron: J. Clive, 1997, 1999.

4 Ontwikkelingen op het gebied van moderne biotechnologie bij planten en dieren

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk gaan we dieper in op een aantal nieuwe biotechnologische ontwikkelingen in de landbouw. Deze ontwikkelingen zijn onderverdeeld in een aantal plantaardige en dierlijke toepassingsgebieden; niet omdat deze gebieden scherp afgebakend zouden kunnen worden, maar omdat er zo meer overzicht ontstaat.

Deze toepassingsvelden voor het onderdeel 'plantaardig' zijn:

1. moderne biotechnologie en het verbeteren van het plantaardig uitgangsmateriaal;
2. moderne biotechnologie en gewasbescherming;
3. de plant als fabriek;
4. moderne biotechnologie en kwaliteit.

Voor het onderdeel 'dierlijk' is geen specifiek onderscheid gemaakt.

We hebben, door middel van literatuuronderzoek, kort beschreven welke ontwikkelingen per toepassingsveld zijn te verwachten. Deze ontwikkelingen hebben we met behulp van interviews met deskundigen verder geactualiseerd en gecompliceerd. De ontwikkelingen vormen daarmee de bouwstenen voor hoofdstuk 5. Per toepassingsveld wordt een beeld geschetst van de mogelijke impact van moderne biotechnologie op de landbouw in het tijdvak 2005-2010 en worden de ontwikkelingen getoetst op hun bijdragen aan een meer duurzame landbouw. Zowel de kansen als de bedreigingen worden daarbij besproken.

4.2 Biotechnologie en verbeteren van plantaardig uitgangsmateriaal

4.2.1 Inleiding

De sector plantaardig uitgangsmateriaal omvat de bedrijfstak die door onderzoek, veredeling, vermeerdering en distributie de land- en tuinbouw voorziet van uitgangsmateriaal in de vorm van zaden, stekken, planten, bollen en broed. De in Nederland gevestigde ondernemingen zijn vooral actief in de pootaardappelen, gras en groentezaden en vegetatief uitgangsmateriaal voor de bloemisterij. Een groot deel van de ondernemingen die zich richten op de plantenveredeling, is de laatste jaren onderdeel gaan uitmaken van internationale concerns (zie ook 3.1). Dit is een ontwikkeling die zich de afgelopen 10 jaar heeft voltrokken. In mindere mate geldt dit voor de kleinere veredelingsbedrijven, met name de aardappelveredelaars. De ontwikkelingen in de sector uitgangsmateriaal zijn uitvoering beschreven in een eerdere IKC-studie.

Voor het product uitgangsmateriaal en de sector uitgangsmateriaal zijn, als het gaat om moderne biotechnologie, vier ontwikkelingen van belang:

- de technologische mogelijkheden door biotechnologie;
- de veranderingen in het aanbod;
- de veranderingen in economische verhoudingen;
- de veranderingen in de bescherming van kennis.

4.2.2 Technologische ontwikkelingen in de plantenveredeling

Naast de biotechnologie gericht op de verbetering van de eigenschappen van het eindproduct is er een aantal technologische ontwikkelingen, die voordelen bieden voor veredelingsbedrijven, omdat ze gericht zijn op een snellere veredeling of op een bescherming van kennis. In deze paragraaf bespreken we een aantal nieuwe technieken. Deze technieken worden de komende jaren van groter belang voor de sector uitgangsmateriaal.

Sterke toename fundamentele kennis op genniveau

Een aantal technieken versnelt de ontrafeling van de sequentie van genen. De DNA-chips technologie is een analysetechniek, waarbij in zeer hoog tempo de expressieprofielen van genen kan worden bepaald. De DNA-chips technologie is belangrijk voor het fundamentele onderzoek in de biotechnologie: het zogenaamde genomics. Naast de bepaling van de sequentie van de genen is de structuur, interactie en functie van de genen een onderdeel van 'genomics'. Dit wordt functional genomics genoemd. Binnen het wetenschappelijk onderzoek zal genomics tezamen met andere onderzoeksgebieden van de moleculaire biologie het inzicht in de processen op moleculair niveau belangrijk vergroten.

Deze fundamentele kennis is van belang voor het veredelingsbedrijfsleven omdat daar nieuwe toepassingen uit kunnen volgen en het veredelingsproces versneld kan worden.

Biotechnologie als versneller van klassieke veredeling

Reeds een aantal jaren is het gebruik van genetische merkers bij de veredeling gemeengoed. Hierbij is overigens geen sprake van genetische modificatie. In de klassieke veredeling was alleen in bepaald stadium van de ontwikkeling van de plant duidelijk of de gewenste eigenschappen waren overgedragen in het kruisingsresultaat. Door het gebruik van genetische merkers kan op basis van de genetische karakteristieken van het kruisingsproduct veel sneller bepaald worden of de gewenste eigenschappen zijn overgedragen.

Uit analyse van het genetisch materiaal wordt duidelijk welke monsters van het kruisingsproduct de gewenste eigenschap bevatten en welke niet.

Het gebruik van moderne technieken, zoals genetische merkers, zal een versnelling van het veredelingsproces geven. Dit is met name interessant voor de eigenschappen van ziekteresistentie. Het introduceren van een resistentiegen tegen nematoden uit een wilde variant van aardappel of biet in een cultuurgewas duurt circa 25 jaar. Het gebruik van genetische merkers kan het veredelingsproces met circa 4 jaar verkorten. Via genetische modificatie is dat verder te verkorten tot 10 jaar. De introductie van meerdere resistentiegenen tegelijkertijd is via klassieke veredeling praktisch onmogelijk. Voor deze toepassingen is genetische modificatie noodzakelijk.

4.2.3 Biotechnologie en de vermeerdering van uitgangsmateriaal

Apomixis

In normale gevallen is het zaad van planten een kruisingsproduct, waarbij het zaad niet dezelfde genetische informatie bevat als de moederplant. Via vegetatieve vermeerdering is wel een exacte kopie mogelijk van het genetisch materiaal van de moederplant, zoals bij vermeerdering van aardappelen gebeurt. Op dit moment vindt fundamenteel onderzoek plaats naar de mogelijkheid om via zaad vegetatieve vermeerdering mogelijk te maken. Het zaad bevat in dat geval een kopie van het genetisch materiaal van de moederplant. Dit proces wordt apomixis genoemd. In tegenstelling tot genetische modificatie is er hierbij geen sprake van het inbrengen van (soort) vreemd DNA-materiaal.

Apomixis heeft een aantal voordelen:

- De vermeerdering van de nu veel gebruikte hybride zaden kan sneller en goedkoper.
- Apomixis- zaad heeft als voordeel ten opzichte van vegetatief vermeerderen dat de overdracht van met name bepaalde virussen niet optreedt.
- In potentie zouden pootaardappelen vervangen kunnen worden door zaad, waardoor de kosten van bewaring aanzienlijk gereduceerd kunnen worden.
- Sommige gewassen zijn afhankelijk van bestuiving voor een goede opbrengst. Met apomixis is geen bestuiving nodig, waardoor er meer zekerheid is over de opbrengst.

De gebruiker zou zelf zijn hybride zaad kunnen vermeerderen, wat nu niet kan. De huidige hybride zaden hebben voor veredelingsbedrijven het voordeel dat het zaad niet door de gebruiker is te vermeerderen. Een teler blijft afhankelijk van het veredelingsbedrijf voor de levering van hybride zaad; voor het veredelingsbedrijf een handige methode om het kwekersrecht op het zaad te beschermen. Voor zaadbedrijven zal naast de introductie van apomixis tevens een systeem moeten worden ingebouwd waarmee boeren het zaad niet zelf kunnen vermeerderen. Verwacht wordt dat apomixis in 2010 in gewassen zal worden toegepast. Volgens de internationale onderzoeksgroep naar apomixis kan het de belangrijkste ontwikkeling in de plantenbiotechnologie worden. Een belangrijke voorwaarde is volgens de onderzoekers dat de technologie toegankelijk blijft en niet door patenten wordt afgeschermd.

Terminator-technologie

Een Amerikaans katoenbedrijf heeft samen met de Amerikaanse overheid een ingenieus systeem ontwikkeld, waardoor een gewas na de teelt zijn eigen zaden dood. Zo kan een zaadproducent zijn, met veel geld ontwikkelde, ggo-gewassen beschermen tegen illegaal hergebruik. Monsanto heeft interesse getoond voor deze technologie maar heeft recent besloten, onder druk van de maatschappelijke opinie, voorlopig niet verder te gaan met deze techniek. Voor hybride rassen is een teler al genooddaakt om elk jaar nieuw zaad te kopen bij de zaadleverancier. Verwacht mag worden dat in de Nederlandse omstandigheden de toepassing van de terminator-technologie niet veel consequenties heeft. In Nederland is het over het algemeen niet gebruikelijk dat telers hun eigen zaai of pootgoed kweken.

Internationaal is er wel veel verontwaardiging over de terminator-technologie. Meerdere organisaties hebben zich al tegen de technologie verklaard. In Nederland hebben LTO Nederland en het CLM zich tegen deze technologie uitgesproken. Het CPRO heeft ook bedenkingen bij deze techniek. De verwachting is dat in 2005 variëteiten met het terminator-gen op de Amerikaanse markt zullen komen.

De COGEM heeft in een recente brief een signalering afgegeven over terminator-technologie. De COGEM ziet een lichtpuntje voor deze technologie. Zo is het gebruiken van de terminator-technologie voor het tegengaan van verspreiding van transgene gewassen in de natuur een interessante gedachte.

Verwachte introductie van toepassingstechniek

Verwachte periode waarin toepassing voor marktintroductie gereed is	Toepassing
Al beschikbaar	Merkergestuurd veredeling Genetische modificatie.
Vanaf 2005	Sequentie van het erfelijk materiaal van de belangrijkste cultuurgewassen bekend.
	Terminator-technologie.
Omstreeks 2010	Apomixis.

4.2.4 Veranderingen in de sector uitgangsmateriaal

De sector uitgangsmateriaal met verdelingsbedrijven en vermeerderingsbedrijven ondervindt directe invloed van de biotechnologische ontwikkelingen.

Verschuivingen in de economische verhoudingen

Het Nederlandse bedrijfsleven internationaliseert. Het bedrijfsleven dat zich richt op de plantenveredeling is inmiddels voor een groot deel in handen van internationale concerns. Ook de kennisintensieve, in biotechnologie gespecialiseerde, bedrijven zijn zelden meer zelfstandig. Dit is een ontwikkeling die zich met name de afgelopen 10 jaar heeft voltrokken (zie ook paragraaf 3.1).

Kennis wordt beschermd

Biotechnologie heeft geleid tot een sterkere afscherming van ontwikkelde kennis via patenten en octrooien. Ze zijn zowel op het erfelijk materiaal zelf, op de ontwikkelde gewassen als op de gebruikte technieken van toepassing. Voor de kleinere zelfstandige veredelingsbedrijven is het gebruik van biotechnologie en het verder veredelen met bestaande ggo-producten kostbaar of zelfs onmogelijk. De onzekerheid over de uiteindelijke acceptatie van de consument maakt daarnaast de ontwikkeling van ggo-gewassen zeer risicovol.

De hoge kosten en risico's van biotechnologie hebben geleid tot een nieuw type bedrijven zoals PGS in Gent, Keygene in Wageningen en Mogem in Leiden, die evenals het CPRO biotechnologische ontwikkelingen aanbieden aan veredelingsbedrijven.

Veranderingen in het aanbod van uitgangsmateriaal: genetisch gemodificeerd uitgangsmateriaal voor export

Veredelingsbedrijven en vermeerderingsbedrijven zijn internationaal georiënteerd. Naast rassen voor de thuismarkt (EU, Noord-West Europa) worden er in toenemende mate rassen ontwikkeld voor buiten West Europa. Dit zijn gebieden waar andere ziekten, plagen en problemen een rol spelen dan in West Europa en waar een andere houding is van consumenten ten aanzien van moderne biotechnologie. Multinationals zullen een afweging maken in welk land ze genetische modificatie toepassen in hun research. Nederland heeft een sterke positie in de veredeling van

aardappelen met zelfstandige bedrijven in Nederland. Voor deze bedrijven is het interessant om voor de export van pootaardappelen naar Zuid Europa of andere werelddelen ggo-aardappelen te ontwikkelen. In de VS, Canada en Japan zijn al Bt-aardappelen toegelaten met resistentie tegen de Coloradokever. Deze plaag is in Nederland niet van belang, maar in andere landen wel. Ook wordt er gewerkt aan virusresistentie. In Nederland zijn virusziekten goed beheersbaar, maar in andere landen zijn virusziekten een probleem. De vermeerdering van de genetisch gemodificeerde aardappelen voor de export zal in Nederland plaats vinden als daar een toelating voor komt. De landen die nu uit Nederland virusvrij aardappelpootgoed importeren zullen door een virusresistent ras mogelijk zelf in staat zijn om het pootgoed te vermeerderen. Uiteindelijk zal de introductie van een virusresistent ras of een verbod op de vermeerdering van genetisch gemodificeerd pootgoed een bedreiging kunnen vormen voor de Nederlandse pootgoedexport.

4.2.5 Bijdrage aan een duurzame landbouw

Met betrekking tot de ecologische duurzaamheid hebben de geschetste ontwikkelingen hoofdzakelijk een indirect verband. Voor de vermeerdering zijn er voordelen op bijvoorbeeld het gebied van gebruik en emissies van gewasbeschermingsmiddelen. Er worden nu de nodige middelen ingezet om het vermeerderingsmateriaal ziekte- en virusvrij af te leveren. Voor het economische perspectief is vooral van belang dat de Nederlandse sector uitgangsmateriaal de innovaties op biotechnologisch gebied kan oppakken. Daarbij is fundamentele kennis op moleculair niveau van groot belang. De merker-gestuurde veredeling en de toepassing van genetische modificatie, vooral bij het gelijktijdig inkruisen van meerdere genen, zal het veredelingsproces belangrijk versnellen. Nieuwe potentiële toepassingen zoals apomixis en het 'terminator'-gen geven evenals genetische modificatie, aanleiding tot bedenkingen bij de primaire landbouw. Biotechnologie is een kennisintensieve, dure en risicovolle technologie. Dat heeft gevolgen voor de economische verhoudingen binnen de sector uitgangsmateriaal en tussen boeren en de veredelingssector. Binnen de sector uitgangsmateriaal maakt de pootaardappelsector een belangrijk onderdeel uit. Ontwikkelingen in het buitenland zoals aardappelen met bt-toxinen of virusresistente aardappelen hebben invloed op de concurrentiepositie van de Nederlandse pootgoedsector.

4.3 Moderne biotechnologie en gewasbescherming

4.3.1 Inleiding

Voor het beschrijven van de ontwikkelingen in de gewasbescherming maken we een onderscheid in de resistentieontwikkelingen tegen schimmels/bacteriën, insecten, nematoden, virussen, herbiciden en de invloed van abiotische factoren.

4.3.2 Schimmel- en bacterieresistentie

Voor de genetisch modificatie voor schimmelresistenties bij planten zijn er drie sporen:

1. het inbouwen van een enkel resistentiegen uit een resistente variëteit of wilde soort in commercieel aantrekkelijke gewassen;
2. het inbouwen van op meerdere genen gebaseerde resistenties uit resistente variëteiten of wilde soorten;
3. het inbouwen van resistenties volgens nieuwe principes. Een voorbeeld van dit laatste is de ontwikkeling van een genencassette waarbij het resistentiegen van een tomaat en het bijpassende zogenaamde avirulentiegen van een schimmel worden ingebouwd in bijvoorbeeld een aardappel.

Internationaal gezien is het probleem van schimmel- en bacterieziekten een minder groot probleem dan de insectenplagen. Op dit moment zijn er op de internationale markt geen toepassingen gericht op schimmel/bacterieresistentie beschikbaar. Wel wordt er gewerkt aan resistentie tegen schimmels in bijvoorbeeld tarwe en aardappels.

Naast de aardappel is er Nederlands onderzoek gaande naar schimmelresistentie bij tomaat, anjer, appel en peen. Internationaal gezien heeft de ontwikkeling van schimmelresistenties minder prioriteit dan de ontwikkeling van resistenties tegen herbiciden, insecten en virussen.

In Nederland hangt het hoge verbruik aan fungiciden samen met het natte klimaat en het grote aandeel zeer gevoelige rassen. Tot op heden is er geen adequaat antwoord gevonden om het gebruik aan fungiciden omlaag te brengen. Binnen de Nederlandse landbouw zijn er drie gewassen met een zeer hoog fungicidegebruik per hectare. Het gaat daarbij om bestrijding van de schimmel *Phytophthora infestans* in aardappel, *Botrytis* spp (vuur) in bloembollen en *Venturia inaequalis* (schurft) in appel. De oplossing van het gebruik van fungiciden wordt gezocht in resistentieveredeling, ondersteund met stringente preventieve maatregelen. Voor alle drie ziekten wordt nu ziekteresistentie ingekruist via de klassieke wijze. Een probleem daarvan is dat de resistentie gebaseerd is op een relatief eenvoudig principe dat snel door de schimmel doorbroken kan worden, zoals bij appel reeds gebeurd is. Verder zijn er op dit moment rassen met hoge niveau's van schimmelresistentie, maar die zijn commercieel minder interessant dan de hoofdassen, omdat de kwaliteit of productie niet voldoende is. Het ontwikkelen van een optimaal commercieel ras in combinatie met schimmelresistentie is een langdurige en kostbare zaak.

Genetische modificatie biedt in potentie een versnelling van het veredelingsproces om ziekteresistentie in te bouwen in meerdere commerciële aantrekkelijke rassen. Het doorbreken van de resistenties die gebaseerd zijn op een enkel gen is te voorkomen door resistenties te baseren op meerdere genen of complexe processen. Via de klassieke veredeling is dit niet of nauwelijks een optie.

Meerdere deskundigen zien in resistente rassen op basis van genetische modificatie de oplossing voor het fungicidenprobleem. De verwachtingen daarvan zijn vrij groot hoewel er op dit moment nog geen concrete toepassingen zijn en het onduidelijk is of de verwachting van langdurige resistentie wordt waargemaakt. Ook andere gewasbeschermingstechnieken zijn niet volledig doeltreffend. Ook de biologische landbouw kampt bij de verschillende gewassen met het probleem van de schimmelaantastingen.

Genetische modificatie van schimmelresistentie is binnen een aantal jaren te verwachten voor de aardappel. Het belang van een goede ziekteresistentie tegen *Phytophthora* is gezien het areaal en het volume fungiciden dat gebruikt wordt, voor Nederland zeer groot.

4.3.3 Insectenresistentie

Juist op het gebied van insectenresistenties zijn door middel van genetische modificatie in de wereld veel toepassingen ontwikkeld en in praktijk gebracht. In warme klimaten zijn met name insecten een belangrijk probleem, omdat zij belangrijke oogstverliezen veroorzaken. Daarnaast kunnen met insectenresistente rassen aanzienlijke hoeveelheden bestrijdingsmiddelen worden bespaard. Van de mondiaal geteelde genetisch gemodificeerde gewassen was in 1998 28% gericht op insectenresistentie, waarbij de insectenresistente katoen het belangrijkste gewas is (zie paragraaf 3.3).

Via klassieke veredeling is een aantal voorbeelden bekend van insectenresistentie bij planten. De gevoeligheid voor trips bijvoorbeeld kan bij komkommerrassen onderling verschillen. De niet-gevoelige selecties kunnen worden gebruikt voor de veredeling van niet-gevoelige komkommer rassen.

Op dit moment zijn er vier belangrijke sporen om bescherming tegen insecten te ontwikkelen:

- ingrijpen in de wijze waarop het plaaginsect zijn doelgewas vindt via feromonen of het aantrekken van natuurlijke vijanden via andere geurstoffen;
- het opzetten van een fysieke barriere;
- het afgeven van toxinen via de plant aan het zich voedende plaaginsect;
- het spuiten van toxinen van natuurlijke oorsprong.

De bekendste toepassingen van genetische modificatie behoren tot het laatste spoor, namelijk het uitrusten van planten met genen, die voor het insect giftige toxinen produceren. De bekendste is het inbouwen van de genen van de bacterie *Bacillus thuringiensis* (Bt).

Een tweede toepassing is het inbouwen van proteaseremmers in planten. Een protease is een enzym dat zorgt voor de spijsvertering van plantendelen in de darm van insecten. Planten produceren van nature stoffen die de activiteit van protease verstoren. Momenteel vindt er onderzoek plaats naar effectieve proteaseremmers. In de toekomst zal een combinatie van de proteaseremmers én de Bt-toxinen een duurzame insectenresistentie kunnen opleveren.

Een derde toepassing is de inbouw van genen uit andere planten (o.a. narcissen) die de voor insecten toxische stof lecithine produceren.

Voor Nederland is met name de toepassing van Bt-resistentie in koolgewassen, aardappel en chrysant belangrijk. Mondiaal gezien wordt gewerkt met alle belangrijke handelsgewassen.

Het, vooral op grootschalig niveau, toepassen van genetisch gemodificeerde planten met o.a. Bt-toxinen brengt ook een aantal risico's met zich mee.

1. Insecten kunnen ongevoelig worden voor de betreffende toxine. Naarmate er meer gewassen en grotere arealen met Bt-toxine planten worden geteeld zal dit risico toenemen. De effecten van grootschalige toepassingen van Bt-planten vraagt daarom meer aandacht. In de Verenigde Staten wordt Bt-katoen op grote schaal aangeplant. Om te voorkomen dat de betreffende insect ongevoelig wordt, is de teler verplicht om een deel van zijn katoenareaal aan te planten met gevoelige katoenrassen. Het voordeel van inbouwen van Bt-toxine is dat het via de plant continu beschikbaar is en de plaaginsecten alleen doodt als ze van de planten eten. Als het middel wordt gespoten is het door de snelle afbraak van het middel slechts kortdurend werkzaam. Economisch onderzoek van het Amerikaanse Ministerie van Landbouw toont aan dat de opbrengsten toenemen en het gebruik van insecticiden afneemt. Het voordeel vanuit het milieu gezien is op de langere termijn waarschijnlijk beperkt. Als immers de plaaginsect ongevoelig is voor Bt-toxinen levert het inbouwen van Bt-toxinen geen milieuvoordeel op ten opzichte van het spuiten met bestrijdingsmiddelen.
2. De voor insecten giftige toxinen worden ook door mens en dier gegeten. Zeer veel publiciteit heeft een onderzoek van dr. Pusztai gekregen. Hij vond bij ratten, die gevoerd werden met aardappelen voorzien van lecithine producerende genen, zeer schadelijke gezondheidseffecten. De opzet van dit onderzoek is wetenschappelijk echter zeer omstreden.
3. De giftige toxinen worden ook door nuttige insecten gegeten, wat een negatief effect kan hebben op de natuurlijke flora en fauna. Het ontbreken van plaaginsecten en natuurlijke vijanden bij een monocultuur van een insectenresistent gewas heeft ook invloed op de andere fauna. Recentelijk is in Amerika duidelijk geworden dat via stuifmeel Bt-toxinen kunnen worden overgedragen op de natuurlijke fauna en daarmee ook schadelijke effecten kunnen geven voor nuttige of zelfs zeldzame insecten (bijen, Monarchvlinder).

Hoewel beoordeling van deze risico's mede in het licht gezien moet worden van de huidige veelal chemische bestrijdingswijzen, is er een omvangrijke wetenschappelijke discussie ontstaan over de voor- en nadelen van dit soort toepassingen.

Het inbouwen van de genen die coderen voor de productie van toxische stoffen voor insecten is een van de mogelijkheden. Daarnaast is het mogelijk om de toxische stoffen te laten produceren door micro-organismen en deze vervolgens via bespuitingen op de gewassen te gebruiken als een natuurlijk bestrijdingsmiddel. Bt-toxinen van natuurlijke oorsprong worden al lang door de landbouw in het buitenland en in Nederland in de biologische landbouw gebruikt als een natuurlijk insecticide.

Een specifiek punt bij insectenresistentie is de inpasbaarheid in biologische of geïntegreerde teelten. Zowel bij de biologische als de geïntegreerde teelt is natuurlijke bestrijding een belangrijk onderdeel. De aanwezigheid van plaaginsecten als voedsel voor de natuurlijke vijanden van dat insect is nodig om die natuurlijke vijanden in stand te houden. Een bestrijding van het plaaginsect door chemische bestrijding of een effectieve insectenresistentie in de plant heeft daarmee ook gevolgen voor de populatie van natuurlijke vijanden. Als de natuurlijke vijand alleen het betreffende plaaginsect bestrijdt is er geen probleem. Als het daarentegen ook andere plaaginsecten in toom moet houden kan juist daar een probleem optreden.

Een belangrijk voordeel van genetische modificatie is het tegelijk inbouwen van resistentie via meerdere sporen. Op die manier verwacht men zeer duurzame resistenties te kunnen realiseren.

4.3.4 Nematodenresistentie

Internationaal wordt er maar in heel beperkte mate gewerkt aan nematodenresistentie door genetische modificatie. Opbrengstverliezen als gevolg van nematodenaantasting komen wereldwijd voor, maar hebben minder prioriteit en zijn minder herkenbaar dan andere ziekten en aantastingen. De problemen met aaltjes in de intensieve Nederlandse landbouw worden met name veroorzaakt door het aardappelcysteaaltje, op afstand gevolgd door het bietencysteaaltje en het wortelknobbelaaltje. Binnen het huidige rassenaanbod zijn er verschillen in resistentie tussen de rassen met betrekking tot nematoden. Er zijn verschillende aardappelrassen die minder gevoelig zijn voor het aardappelcysteaaltje.

Ook hier zijn er weer meerdere sporen om de aantasting te beperken. Naast het gebruik van minder gevoelige rassen zijn vruchtwisseling en hygiënemaatregelen goede methoden om de opbouw van populaties te verminderen.

Met genetische modificatie kan resistentie opgebouwd worden via het aanleggen van fysieke barrières, maar ook via het blokkeren van het ontstaan van de zogenaamde voedingscellen in de wortels. De verwachting is dat dit vrij duurzame toepassingen zijn, omdat er dan ook geen populatieopbouw kan plaatsvinden. Deze toepassingen zullen pas na 2010 beschikbaar komen. In Nederland doet het CPRO onderzoek naar onder andere de resistentiegenen tegen het bietencysteaaltje.

Als gevolg van 'de regulering grondontsmetting' is het verbruik van grondontsmettingsmiddelen fors gedaald en worden er steeds meer niet-chemische alternatieven toegepast. De vraag is of voor het volledig terugdringen van chemische grondontsmetting de huidige alternatieven voldoende werkzaam zijn of dat toch het gebruik van duurzame nematodenresistenties nodig is. Het is bijvoorbeeld nog onzeker of door een ruimere vruchtwisseling de nematoden voldoende worden onderdrukt.

Bij een volledige nematodenresistentie is een intensiever bouwplan met in theorie een 1:1-teelt van aardappelen mogelijk. Vooralsnog is niet duidelijk wat de gevolgen zijn voor de bedrijfsvoering. Te verwachten is dat de problemen met nematoden worden ingeruild voor schimmelproblemen.

4.3.5 Virusresistentie

Problemen met virussen komen mondiaal in tal van gewassen voor. In Nederland zijn met name de aardappel van belang (aardappelbladrolvirus en aardappel-yvirus) en tal van groentegewassen. In de Verenigde Staten zijn reeds aardappelen met resistentie tegen aardappelbladrolvirus op de markt. Inmiddels zijn er al zeer veel resistenties ingebouwd, die klaar liggen voor commerciële toepassing. Echte wetenschappelijke doorbraken zijn niet meer nodig. Het inbouwen van resistenties tegen virussen kent al een lange historie (genetische modificatie sinds 1986). Het is relatief simpel (opzoeken en inbouwen) en er is al veel inzet op gepleegd. Het principe van cross-resistentie, dat wil zeggen dat resistente planten tegen meerdere virussen resistent zijn, was al bekend. Er zijn twee methoden van resistentie-inbouw:

1. Resistentie op basis van aanmaak van manteleiwitten. Dit is niet specifiek voor één virus maar biedt bescherming tegen meerdere verwante virussen en is dus breed werkend. Deze methode kan problemen geven met de expressie. In principe zou het virus na inkapseling door het manteleiwit overgedragen kunnen worden op andere organismen. Daarbij is het niet de vraag of het gebeurt, het vindt via de natuurlijke lijn ook nu al plaats, maar of de kans groter wordt bij toepassing via genetische modificatie.
2. Resistentie tegen één specifiek virus. De kans op recombinatie is ook nu aanwezig als planten door meerdere virussen worden geïnfecteerd. Ook hier is de vraag of de kans toeneemt bij toepassing van genetische modificatie. Hier wordt maar in beperkte mate onderzoek naar verricht.

In Nederland wordt een groot deel van de insecticiden ingezet om de overdracht van virussen middels insecten te verhinderen. Bij bladluizen gaat het om 40% van de inzet. Inbouwen van resistenties kan dus een behoorlijke besparing op deze middelen geven. Een directe chemische bestrijding van virussen is onmogelijk.

Virusresistentie in Nederland is met name van belang voor de pootaardappelsector. Nederland heeft een zeer sterke concurrerende positie bij de pootaardappel. Virusvrij materiaal is een sterk punt daarin maar vraagt nu een gedegen aanpak en specifieke teeltwijzen. De klimatologische omstandigheden zijn gunstig in Nederland. Bij de introductie van virusresistente rassen valt een groot deel van het concurrentievoordeel van Nederland weg. De virusresistente aardappelrassen hebben als nadeel dat de toetsingsmethode voor virus geen onderscheid maakt tussen virusresistente planten of planten met de echte virusbesmetting. Dit zal voor de export van pootaardappelen een probleem kunnen vormen.

4.3.6 Onkruid

De meest bekende en commercieel gebruikte toepassing van genetische modificatie zijn momenteel de herbicide-resistente rassen. Dit zijn rassen, die ongevoelig zijn gemaakt voor onkruidbestrijdingsmiddelen. De bekendste zijn resistentie tegen glyfosaat en glyfosinaat, maar er zijn ook al resistenties tegen andere soorten middelen. In de Verenigde Staten zijn de gewassen soja en mais voor een groot deel al voorzien van herbicideresistentie (zie ook hoofdstuk 3). Naast economische effecten zijn er ook milieueffecten. Het middel glyfosaat is onder Amerikaanse omstandigheden relatief milieuvriendelijk. Er hoeft geen grondbewerking plaats te vinden, waardoor erosie wordt tegengegaan. Er kan curatief bestreden worden en het breekt relatief snel af. Dit laatste voordeel wordt betwist door milieubewegingen, die wijzen op de mogelijk schadelijke effecten van het afbraakproduct van glyfosaat. Er zijn echter ook nadelen aan deze toepassing verbonden. De belangrijkste is dat de afhankelijkheid van bestrijdingsmiddelen blijft bestaan. Verder is er bij een grootschalig gebruik de kans op resistentie tegen het middel groot, waarbij inzet van andere bestrijdingsmiddelen noodzaak wordt. In ecosystemen, waarin ook wilde verwanten van de herbicideresistente rassen voorkomen, is er bovendien kans op verwildering en uitkruising en het ontstaan van planten, die resistent zijn tegen herbiciden (de zogenaamde superweeds). Voor het ecosysteem zelf zal dat naar verwachting weinig gevolgen hebben, omdat dit nauwelijks een concurrentievoordeel oplevert. Binnen het landbouwsysteem kan het wel problemen opleveren, omdat deze planten dan met andere herbiciden bestreden moeten worden. In ieder geval kan een bijdrage aan een meer duurzame landbouw alleen beoordeeld worden binnen een bepaald agro-ecosysteem. In Nederland is een dergelijke studie uitgevoerd door AB-DLO waaruit bleek dat de inpasbaarheid en de winst voor het milieu afhangt of het vergeleken werd met de huidige chemische bestrijding of met moderne onkruidbestrijdingstechnieken. In Nederland zijn nog geen herbicideresistente rassen op de markt. Er is wel een aantal EU-toelatingen, waarvan de meeste met beperkte toepassingen. Herbicide-resistente rassen zijn in aantocht voor aardappel, mais, koolzaad, suikerbiet en witlof.

4.3.7 Abiotische factoren

Biotische factoren zijn belangrijker en doorgaans ook gemakkelijker voor het gewenste doel te modificeren dan de complexe abiotische factoren als zout-, droogte- en nachtvorsttolerantie en energie-efficiency. Bovendien zijn ze ook van minder belang voor West-Europa met uitzondering van de verbetering van de energie-efficiency bij kasteelten. De gevolgen voor de boer en tuinder zullen in het algemeen niet groot zijn.

In het buitenland, Zweden en de VS, wordt in veldproeven gewerkt aan de koude tolerantie voor o.a. aardappelen. In theorie kunnen voor de Nederlandse situatie nachtvorstgevoelige gewassen in aanmerking komen zoals vroege aardappelen en fruit. Ook is denkbaar dat warmteminnende gewassen zoals zonnebloem worden verbeterd, zodat ze in het Nederlandse klimaat kunnen groeien. Er zijn echter geen signalen dat aan een dergelijke introductie voor Nederland wordt gewerkt.

De verhoging van de energie-efficiency van planten is een mogelijkheid om het gebruik van fossiele energie door de Nederlandse glastuinbouw terug te dringen. Momenteel is er een onderzoeksprogramma gestart om voor de gewassen tomaat en paprika variëteiten te ontwikkelen die bij een lagere temperatuur geteeld kunnen worden. De verwachting is dat genetische modificatie wel in het onderzoek wordt betrokken, maar dat er nog onvoldoende aanknopingspunten zijn om via genetische modificatie de energie-efficiency te verhogen. Internationaal wordt er via een aantal sporen gezocht naar de verbetering van de CO₂-omzetting in een plant. Daarbij wordt het verbeteren van de werking van het plantenenzym rubisco genoemd als de 'holy grail van de plantenbiologie'.

4.3.8 Bijdrage aan een duurzame landbouw

In het volgend overzicht zijn de biotechnologische ontwikkelingen in relatie tot verschillende maatschappelijke doelstellingen t. a. v duurzaamheid onder Nederlandse omstandigheden weergegeven.

Maatschappelijke doelstelling	Genetische gemodificeerde toepassingen tegen					
	Ziekten	Insecten	Virus	Nematoden	Herbicide	Koude
Gewasbeschermingsmiddelen - Verbruik	+++++	+	++ 1)	+	+ 2)	0
Gewasbeschermingsmiddelen - Emissie naar het milieu	+++++	+	+	+	+	0
Gewasbeschermingsmiddelen - Afhankelijkheid	+++++	+	+	++	0/+	0
Gewasbeschermingsmiddelen - Toepassingen	+	0	0	0	0	0
Economische duurzaamheid sector landbouw	++++	0	-	0	0	0
Voedselveiligheid	+	? 3)	0	0	?4)	0
Gezondheid werkers in de landbouw	++	+	0	+	0	0

+ geeft een positief effect aan
- geeft een negatief effect aan
0 per saldo geen effect

- 1) Lager verbruik door minder inzet van insecticiden.
- 2) Bij herbicide resistentie zal door curatieve inzet minder volume nodig zijn dan voorheen.
- 3) De voedselveiligheid zal verbeteren door de afname van residuen van insecticiden op producten, aan de andere kant is er discussie over de voedselveiligheid van met name transgene insectenresistente gewassen.
- 4) Kans op meer residu door overdosering en toepassing van één middel.

Mondiaal gezien zijn er grote perspectieven om met genetische modificatie het gebruik, de emissie en de afhankelijkheid van chemische gewasbeschermingsmiddelen sterk terug te dringen. Minder inzet van chemische middelen heeft positieve effecten op de werkers in de landbouw (derde wereld) en op de gezondheid door het ontbreken van residuën op producten. In de Nederlandse situatie spelen vooral de problemen bij schimmelziekten en bodemmoeheid. Op beide terreinen blijven de biotechnologische ontwikkelingen in vergelijking met herbiciden- en insectenresistentie achter. De perspectieven voor nematodenresistentie zijn goed te noemen. Er zijn technieken om te komen tot een duurzame resistentie, maar ze zijn niet op korte termijn beschikbaar. Bij schimmels ligt dat anders. Over het algemeen is de praktijk dat opgebouwde resistenties, althans volgens de klassieke lijn, snel doorbroken worden. Het voor schimmels relatief gunstige klimaat en het intensieve karakter van onze landbouw zullen er debet aan zijn dat de problemen met schimmelziekten in de toekomst eerder toe dan af zullen nemen. Er is dan met genetische modificatie naast verkorting van het veredelingsproces, met name voordeel te halen als een meer duurzame resistentie opgebouwd kan worden. Resistenties tegen schimmels zal in Nederland leiden tot grote besparingen op chemische middelen. Het telen van herbicideresistente rassen draagt nauwelijks bij aan een meer duurzame Nederlandse landbouw. Bij een groot aantal teelten speelt opbrengstvermindering door onkruid nauwelijks een rol of zijn er goede alternatieven voor chemische onkruidbestrijding. Dit in tegenstelling tot erosiegevoelige gronden elders in de wereld. Bovendien verhogen

herbicideresistente rassen juist de afhankelijkheid van middelen en is de verleiding om meer middel in te zetten dan strict nodig groot. Het voordeel van meer milieuvriendelijke middelen lijkt door de verdere ontwikkelingen in de onkruidbestrijding slechts een tijdelijk voordeel te zijn. Verder wordt de mate waarin herbicideresistente rassen bijdragen aan een meer duurzame landbouw vooral bepaald door de perceptie die men heeft van een duurzaam agro-ecosysteem (high-tech versus biologisch).

Het inbouwen van resistenties tegen virussen kan de hoeveelheid middelen om insecten te bestrijden, die de virussen overbrengen, behoorlijk verlagen. Door het inbouwen van resistenties, wat technische gezien vrij makkelijk kan, wordt ook de meerwaarde van virusvrij uitgangsmateriaal beperkt. Dit kan behoorlijke consequenties hebben voor het virusvrij vermeerderen van vegetatief plantmateriaal (aardappel, siergewassen).

4.4 De plant als fabriek

4.4.1 Inleiding

Planten maken tal van stoffen die als grond- of hulpstoffen worden toegepast in allerlei food- en non-foodproducten. Een groot deel van deze stoffen wordt nu al of zou eventueel ook synthetisch gemaakt kunnen worden. Als basisgrondstof dienen dan vaak fossiele brandstoffen met name aardolie.

De nuttige plantaardige stoffen zijn eind- of tussenproducten van vaak ingewikkelde biosyntheseroutes. Voor het ontrafelen en veranderen van deze routes is naast inzicht in de ligging van de genen en hun expressie (genomics) ook inzicht nodig in de wijze waarop de betreffende genen met promotors de biosyntheseprocessen aansturen en reguleren. Daarnaast is het van belang te weten hoe deze processen chemisch verlopen en wanneer en onder welke omstandigheden de genen tot expressie komen. Dit studieterrein wordt de **functional genomics** genoemd. Het kan worden getypeerd als een vrij nieuw onderzoeks terrein, waarin niet alleen samenwerking nodig is tussen verschillende disciplines van onderzoek, maar ook tussen verschillende schakels in de kolom.

Voor het weergeven van de ontwikkelingen en de kansen en bedreigingen van dit toepassingsveld is de volgende praktische indeling naar type stoffen te maken:

1. de plant als fabriek van primaire metabolieten: suikers, zetmelen, oliën en eiwitten en non-foodgrondstoffen: vezels, rubber, bioplastics, biomassa;
2. de plant als fabriek van secundaire metabolieten zoals terpenoïden, flavonoïden, alkaloiden, allerlei geur-, kleur- en smaakstoffen;
3. de plant als fabriek van gezondheidsbevorderende stoffen;
4. de plant als fabriek van geneesmiddelen en vaccins.

4.4.2 De plant als fabriek van primaire metabolieten en non-food grondstoffen

Het initiatief voor deze toepassingen ligt bijna altijd bij de (verwerkende) industrie. Het gaat dan om de productie van zogenaamde groene grondstoffen, die zowel voor food- als non-foodtoepassingen gebruikt kunnen worden.

De huidige commerciële ggo-toepassingen zijn vooral gericht op het verhogen van het aandeel nuttige bestanddelen of het verbeteren van de kwaliteit daarvan. Het gaat dus niet om nieuwe stoffen, maar om stoffen, die ook nu al in die planten voorkomen. Voor Nederland is de meest bekende toepassing de amylopectineaardappel. Het voordeel is dat bij de verwerking van deze transgene fabrieksaardappel de twee zetmelen, die in normale aardappelen voorkomen, niet gescheiden hoeven te worden. Naast economische voordelen levert dit ook voordelen voor het milieu op. Op korte termijn zal de gevraagde EU-toelating echter niet gegeven worden. Enerzijds vanwege het terughoudende beleid bij nieuwe toelatingen, maar ook omdat als markergen een gen wordt gebruikt dat zorgt voor resistentie tegen het antibioticum Amikacine. Een voorbeeld uit de non-foodindustrie is vlas met verbeterde cellulosevezels.

Wereldwijd bezien zijn vooral de commerciële ggo-toepassingen in olie- en vethoudende gewassen van belang. Naast het verhogen van het aandeel nuttige stoffen, speelt hier ook de samenstelling van de oliën en vetten een belangrijke rol (bijv. verzadigde/onverzadigde vetzuren).

Kenmerkend voor deze toepassingen is dat óf de verwerkte producten geen ggo's bevatten (alleen de grondstoffen worden gebruikt) óf dat deze niet meer in levende vorm aanwezig (hoeven te) zijn. Voor de verwerkende industrie kan productie door planten economisch aantrekkelijk zijn. Aspecten daarbij zijn hoeveelheid winbare stoffen, zuiverheid, kwaliteit en het eventueel kunnen vermijden van dure chemische bewerking/omzettingen of het vermijden van rest- en afvalstromen in het verwerkingsproces. Uit oogpunt van duurzaamheid zou zowel van de productie via planten als via synthetische processen een Life cycle analyse gemaakt moeten worden.

Vanwege de lage kosten voor synthetische productie zien deskundigen, zeker op de korte termijn, nog weinig perspectief in de productie van biomassa en bioplastics door planten. Meer perspectief is er voor toepassingen waarbij planten stoffen produceren, die synthetisch niet of alleen met ingewikkelde (en dus vaak dure) chemische processen zijn te maken. Daarbij gaat het al snel om hoogwaardige grondstoffen, vaak behorende tot de groep van de secundaire metabolieten. Productie van soort-vreemde stoffen door planten wordt commercieel nog niet toegepast. Een bekend voorbeeld uit het onderzoek is de fructaanbiet of de productie van bioplastics en natuurlijk rubber. Technisch gezien is het niet moeilijk om de betreffende genen, die van nature in andere planten al voorkomen, in te bouwen in de gewenste planten. De genetisch gemodificeerde suikerbiet maakt geen fructose, maar door een kleine verandering in de biosyntheseroute, fructaan. Fructaan komt van nature voor in o.a. aardpeer en chichorei en wordt nu als light-suiker op synthetische wijze gemaakt.

Bij de modificatie van planten voor de productie van soort-vreemde stoffen gaat het enerzijds om de plant als productiefaciliteit en anderzijds om het inbouwen van genen die de betreffende stoffen synthetiseren. Zowel het productieframe als de stoffen zijn dus van belang. Het vereist om die reden dan ook een ketenbrede aanpak, waarin de landbouwkundige kennis met name nodig is om een productieframe te ontwikkelen met een hoog rendement. Daarbij spelen agronomische aspecten als lichtopvang (bladpakket, vroegheid, bodembedekking), ziektegevoeligheid, mechanisatie en automatiseringsmogelijkheden, mineralenefficiëntie en eventuele rest- en bijproducten en de afzet daarvan een grote rol. Bij het maken/kiezen van het productieframe is het ook zaak:

- de nuttige stoffen alleen in de oogstbare delen tot expressie te laten komen;
- de plant eventueel zodanig te modificeren dat de veranderingen in de biosynthese beperkt zijn;
- bij de oogst en de verwerking nauwelijks rest-, afval- en bijproducten te laten ontstaan, danwel deze een hoge toegevoegde waarde te geven.

Dit laatste aspect kan belangrijke gevolgen hebben voor ons veevoer, dat nu voor een zeer groot deel is samengesteld uit deze rest- en bijproducten.

Wat betreft het productie-frame wordt tot nu toe aangesloten bij de bekende cultuurgewassen. De mogelijkheden daarvan zijn in de verschillende schakels van de kolom bekend en de infrastructuur (toeleverings-, kennis- en afzetstructuur) is erop ingericht. Bovendien zijn deze gewassen al jaren veredeld op een hoog rendement. Het grootste probleem is voornamelijk het realiseren van een rendabele productie.

4.4.3 De plant als fabriek van secundaire metabolieten (functional foods en non-foodtoepassingen)

Bij dit onderdeel gaat het om heel specifieke toepassingen, bijvoorbeeld voor de farmaceutische industrie of om toepassingen in verse kwaliteitsproducten. Op dit vlak zijn er nog nauwelijks commerciële ggo-toepassingen, ook niet als veldproef. Op korte termijn zijn deze ook niet te verwachten, omdat deze stoffen vaak het product zijn van ingewikkelde biosyntheseroutes en ze vaak slechts één van de bepalende componenten zijn. Geur- en smaakstoffen bijvoorbeeld zijn economisch zeer interessante stoffen met een hoge toegevoegde waarde, maar meestal gaat het juist om het samenstelling van verschillende stoffen, die de geur en de smaak bepalen. Genetisch gezien is daar een complex van genen bij betrokken, waarbij kleine veranderingen al grote effecten kunnen hebben. Kleurstoffen worden nu in overwegende mate synthetisch gemaakt. Productie door planten is economisch gezien nog niet aantrekkelijk en alleen interessant voor bepaalde deelmarkten. (bijv. biologische producten).

Het onderzoek naar toepassingen op dit vlak is net uit de startblokken en vereist naast een inbreng van de verschillende plantenwetenschappen ook inbreng vanuit de industriële kant. Commerciële toepassingen zijn, met uitzondering van een lucky shot, voor 2010 niet te verwachten.

4.4.4 De plant als fabriek van gezondheidsbevorderende stoffen (nutraceuticals)

Wat we in de vorige paragraaf beschreven geldt in hoge mate ook voor de (extra) productie van gezondheidbevorderende stoffen. Hoewel de positieve effecten van bepaalde voedingspatronen en sommige specifieke stoffen (bijv. beta-caroteen: een antioxydant, lycopene in tomaten) op de gezondheid bekend zijn, is er nog veel onderzoek te doen naar de werking van specifieke stoffen en hun interactie. Daarnaast is het effect afhankelijk van de bijdrage van deze stoffen in de totale samenstelling van het voedingspakket. Eventuele gezondheidsclaims zullen hard gemaakt moeten worden. Naar de consument toe zullen harde garanties moeten worden gegeven. Dit vereist naast aanzienlijke investeringen in de modificatie van gewassen ook aanzienlijke investeringen in het totale keten-concept. Het initiatief hiervoor zal vanuit handel en voedingsindustrie moeten komen. Commerciële toepassingen worden ook niet voor 2010 verwacht. Een specifiek element is het verhogen van bewezen gezondheidsbevorderende stoffen in gewassen, die geconsumeerd worden in ontwikkelingslanden. Een recent voorbeeld daarvan is rijst met een verhoogd vitamine A, of beta-caroteen- of ijzergehalte.

Een tweede toepassingsgebied is het modificeren van gewassen die bij bepaalde mensen allergieën oproepen. Door verandering van de samenstelling van de inhoudsstoffen kunnen deze producten ook door allergiepatiënten gebruikt worden. Voorbeelden daarvan zijn gebruik van tarwe-eiwitten bij coeliakie-patiënten. Aan de andere kant kan een verandering in de samenstelling ook weer nieuwe allergieën oproepen.

4.4.5 De plant als fabriek van geneesmiddelen (pharmaceuticals) en vaccins

Geschat wordt dat 1/3 deel van onze huidige medicijnen van oorsprong plantaardige stoffen zijn. Het potentieel aan stoffen lijkt nog oneindig groot en is nog lang niet in beeld gebracht. Zo wordt momenteel onderzoek verricht naar het positieve effect van taxol op bepaalde typen kanker en de biosynthese route. Geneeskrachtige stoffen komen vaak in lage concentraties en in hele specifieke planten voor. De grondstofprijs is meestal hoog. Om die reden is het een aantrekkelijke gedachte de voor de stof noodzakelijke genen in te bouwen in een bekend cultuurgewas. Op die manier kan de grondstofprijs flink omlaag gebracht worden en kunnen medicijnen op landbouwgrond geproduceerd worden. Ook hier gaat het echter om complexe biosyntheseroutes, die niet met één of enkele genen zijn over te plaatsen. Commerciële toepassingen zijn dan ook voor 2010 niet te verwachten. Het aantal veldproeven in de databank van de USDA is met 19 nog beperkt. Bij een zestal proeven is sprake van modificatie met een menselijk gen voor de productie van farmaceutische stoffen (Serum albumine en Alpha en Beta hemoglobine).

Naast de productie op zich zullen ook eisen aan het productieproces zelf gesteld gaan worden om verontreinigingen zoveel mogelijk tegen te gaan. Een beschermde teelt in bijvoorbeeld kassen is daarbij niet ondenkbaar, mede omdat het hier om stoffen met een hoge toegevoegde waarde gaat.

Hetzelfde geldt voor de productie van vaccins voor humane of dierlijke toepassing. Vaak gebeurt dit nu in laboratoria met behulp van micro-organismen. De kostprijs is hoog, mede omdat het rendement vaak laag is. Technisch gezien zou het ook door planten kunnen. De planten zelf ondervinden geen nadelige gevolgen daarvan en het kostprijs kan veel lager zijn. Er zijn zelf al voorstellen gedaan om de vaccins te laten aanmaken in eetbare delen van planten om zo kostbare inentingsprogramma 's voor mensen en dieren te vermijden. Hoewel de gedacht "eet deze banaan, dan bent u 'ingeënt' tegen..." zeer aantrekkelijk klinkt, leven er op dit vlak nog vele vragen, bijvoorbeeld hoe krijgt een persoon de juiste hoeveelheid op het juiste tijdstip binnen.

4.4.6 Bijdrage aan een duurzame landbouw

De huidige productie van groene grondstoffen voor de verwerkende industrie is in Nederland beperkt tot enkele akkerbouwgewassen, met name aardappelen en suikerbieten. Technisch gezien zou bij een EU-toelating de amylopectineaardappel in 2005 op ruime schaal geteeld kunnen worden. Rond 2010 zou de fructaanbiet zijn intrede kunnen doen. Naar verwachting zullen individuele boeren nauwelijks voordeel van deze toepassingen ondervinden, hoewel het voor de sector als totaal wel een verruiming van de afzetmarkt kan betekenen. De gewassen en de teeltwijze zijn identiek aan de huidige praktijk. Alleen bij de verwerking treden verschillen op, waardoor de kostprijs omlaag kan en aardappelzetmeel meer concurrerend kan worden.

De toepassingen, die zijn besproken bij de plant als fabriek, leveren vanuit de volgende aspecten een positieve bijdrage aan een meer duurzame landbouw:

- a groene grondstoffen zijn hernieuwbaar, in tegenstelling tot bijvoorbeeld de aardolie die nu vaak als grondstof wordt gebruikt;
- b groene grondstoffen binden CO₂ en leveren op deze wijze een bijdrage aan het verminderen van het broeikasprobleem;
- c groene grondstoffen kunnen milieuvriendelijker zijn, vanwege een hogere energie-efficiëntie bij de verwerking, minder emissie door chemische processen en minder rest- en afvalstromen, dan wel afvalstromen met een hogere maatschappelijke waarde;
- d groene stoffen kunnen een positieve bijdrage leveren aan de gezondheid van mens en dier.

Uit oogpunt van dier- en volksgezondheid zijn er voor deze toepassingen relatief weinig risico's te verwachten. Met name geldt dit voor toepassingen waarbij het gaat om de verhoging van het aandeel nuttige stoffen, of om een kleine verandering in de samenstelling. Daar waar de biosyntheseroutes nog niet helemaal zijn ontrafeld, blijft er gebrek aan inzicht in de eventuele bij-, tussen- en restproducten. Deze toepassingen zullen dus wel uitvoerig op het voorkomen van eventuele minder gewenste of geheel niet gewenste stoffen moeten worden getoetst; bijvoorbeeld als het gaat om stoffen die allergische reacties kunnen veroorzaken.

De landbouwkundige risico's zijn ook beperkt omdat de teelt van de gewassen op zich weinig zal veranderen. Bij de productie van soort-vreemde stoffen kan dit wel het geval zijn. Zo zou de fructaanbiet bijvoorbeeld extra of juist minder aantrekkelijk kunnen zijn voor bepaalde pathogenen. Bij het selecteren van het frame-gewas spelen de landbouwkundige eigenschappen een belangrijke rol. Een ziektegevoelige plant (bijv. aardappel) is als frame duidelijk minder geschikt.

De ecologische risico's lijken ook beperkt. Onze belangrijkste cultuurgewassen kruisen niet of zeer moeilijk met soortgenoten (aardappel, maïs). Mocht de betreffende eigenschap wel uitkruisen dan zal het effect gering zijn. Door de eigenschap zal niet snel een fitness-voordeel ontstaan, mede omdat de wilde planten niet als cultuurplanten zijn veredeld. Bovendien lijken de gewenste veranderingen, het produceren van voor mens en dier veilige inhoudsstoffen, ook weinig gevaar op te leveren voor flora en fauna. Dat laatste kan (nog) niet gezegd worden wanneer het gaat om de productie van medicijnen en vaccins. Hier is nog zeer weinig over bekend. Voorstelbaar is dat om veiligheidsredenen deze teelten meer beschermd en gecontroleerd moeten plaatsvinden.

Gezien het kennis- en kapitaalsintensieve karakter van onze landbouw en de hoge grondprijzen liggen de kansen voor de Nederlandse landbouw niet bij de productie van groene grondstoffen die als bulk in de food- en non-foodindustrie worden gebruikt. Kansen op dat vlak liggen er wel als het gaat om het ontwikkelen van het concept van de plant als fabriek, omdat in Nederland zowel de plantaardige kennis als de kennis van de verwerkingstechnologie aanwezig is. Daarbij zou de eerste prioriteit moeten liggen op de gewassen die binnen de akkerbouw belangrijk zijn, nl. aardappelen en suikerbieten. Hetzelfde geldt voor de gewassen, die dienen als grondstof voor veevoer. Ook hier zijn modificaties richting meer functional foods mogelijk of kunnen er stoffen toegevoegd worden die de efficiency van het veevoer verhogen (bijvoorbeeld fytase).

Meer perspectieven liggen er voor productie van secundaire metabolieten, maar vooral van gezondheidsbevorderende stoffen en medicijnen. Gezien het belangrijke aandeel versproducten en het gezondheidsbevorderende imago van groenten en fruit (inclusief uien en consumptieaardappelen) ligt aansluiting bij het versproduct voor de hand. Bij deze producten is ook makkelijker een hogere toegevoegde waarde uit de markt te genereren. Initiatieven moeten wel over de hele keten opgezet worden en een duidelijk consumentenbelang hebben. Gezien de huidige situatie in de productie en de verhandeling van versproducten zien wij op korte termijn geen initiatieven op het niveau van de keten ontstaan. Zowel de toelevering, de productie als de handel zijn als partij te zwak en te weinig kapitaalkrachtig. Het is de vraag of Nederlandse of buitenlandse winkelketens deze initiatieven durven nemen en financieren. Met name vooronderzoek omtrent de publieksacceptatie is voor Nederland, dat sterk afhankelijk is van zijn export, van cruciaal belang.

Het hoge kennisniveau van onze ondernemers, hun bereidheid tot samenwerking en de beheersing en perfectionering van de teelt maakt de Nederlandse landbouw wel geschikt voor de productie van hoogwaardige stoffen; stoffen die bijvoorbeeld met een hoge zuiverheid moeten worden geteeld en waar hoge garanties omtrent het teeltproces en de verwerking nodig zijn. Wederom ligt het initiatief niet bij de landbouw zelf, maar is een gezamenlijke aanpak nodig met nieuwe samenwerkingsverbanden en kennisinnovaties.

4.5 Moderne biotechnologie en kwaliteit

4.5.1 Inleiding

In de vorige paragraaf is vooral ingegaan op het verbeteren van de intrinsieke kwaliteit. In deze paragraaf wordt aandacht besteed aan de kwaliteit tijdens de naoogst-fase (bewaring, verwerking, verhandeling) en aan nieuwe kwaliteitseigenschappen.

4.5.2 Verbeteren van de kwaliteit tijdens de naoogst-fase

Een zeer belangrijk commercieel toepassingsveld is het tegengaan van opbrengst- en kwaliteitsverliezen van de producten nadat ze geoogst zijn. Mondiaal gezien veroorzaken, mede door minder goede opslag- en bewaar technieken, ziekten en plagen grote opbrengst- en kwaliteitsverliezen. Naast het verbeteren van de opslag- en bewaar technieken biedt ook hier resistentie goede perspectieven.

Bij de vers-producten speelt vooral kwaliteitsverlies. Een van de eerste en meest bekende toepassingen van genetische modificatie is het vertragen van het afrijpingsproces (ruim 200 records in de USDA databank), bijv. door het blokkeren van de ethyleenproductie. Ethyleen is een hormoon dat de afrijping van producten bevordert. In eerste instantie is daarbij uitgegaan van het uitschakelen van het gen wat verantwoordelijk is voor de ethyleenproductie. De producten blijven daarbij wel gevoelig voor ethyleen van buitenaf. Nieuwe toepassingen zijn gericht op het afbreken van ethyleen. Bij een groot aantal gewassen is dit in veldproeven al toegepast, zowel bij groenten als bij fruit (vooral tomaat, maar ook paprika, meloen, ananas, banaan, aardbei, framboos). Voor anjers is er in de belangrijkste landen al een markttoelating, ook binnen de EU. Daarbij wordt het steeds meer noodzaak om deze betere houdbaarheid gelijktijdig te koppelen aan een betere kleur, smaak, stevigheid en textuur en eventuele verhoging van gezondheidsbevorderende stoffen zoals anti-oxidant of vitamines. Zowel het aantal commerciële toepassingen als het aantal veldproeven is bij de categorie groenten en fruit nog beperkt van omvang. Naast het verlengen van de levensduur van de producten zijn er ook toepassingen gericht op het beïnvloeden van het bloeitijdstip (appel, ananas) en het rijpingsproces. Dit laatste betekent dat er minder frequent geoogst hoeft te worden en dat het aantal (kleur)sorteringen omlaag kan (voorbeeld cherry-tomaten).

4.5.3 Nieuwe producteigenschappen met betrekking tot kwaliteit

Voor het veranderen van producteigenschappen is een scala van toepassingen bekend;

- betere smaak (paprika, tomaat, appel, erwt, meloen);
- hoger percentage droge stof (tomaat, aardappel, vooral van belang voor de verwerking);
- beter bestand tegen invriezen (aardbeien);
- kleinere vruchten (meloen);
- makkelijker te bereiden (paprika);
- verandering van de kleur (anjer, roos, chrysanthe, lisianthus, kaaps viooltje, katoen);
- sla met een lager nitraatgehalte;

Ook hier geldt dat zowel het aantal commerciële toepassingen als het aantal veldproeven in de USDA-databank bij de categorie groenten en fruit en siergewassen nog beperkt van omvang is. Alleen van het gewas tomaat zijn er een zeer groot aantal veldproeven nl. 481, waarvan er ruim 300 betrekking hebben op de kwaliteit van het product. De tomaat met vertraagde rijping heeft in verschillende landen een markttoelating.

4.5.4 Bijdrage aan een duurzame landbouw

De toepassingen op het gebied van het tegengaan van kwaliteitsverlies tijdens de naoogst-fase hebben voor Nederland met name gevolgen voor groente-, fruit- en sierteeltsectoren. Binnen deze sectoren worden in Nederland een zeer groot aantal verschillende gewassen geteeld. Mondiaal gezien is daarvan alleen de tomaat interessant. Van onze andere grote voedingsgewassen voor de verse markt, bloemkool, witlof, koolsoorten, komkommer, paprika, appel/peer en champignons is het aantal veldproeven in Amerika en elders maar zeer beperkt. In veel gevallen gaat het daarbij om resistentie tegen ziekten en plagen of herbiciden. Het inbouwen van dergelijke modificaties in de bij ons gebruikte rassen zal zeker enige jaren duren. Met uitzondering van wellicht de tomaat zijn commerciële toepassingen in Nederland daarom niet voor 2010 te verwachten.

De toepassingen op dit veld zijn, met uitzondering van resistenties tegen ziekten en plagen, in eerste instantie gericht op kwaliteitseigenschappen, die de handel en de consument belangrijk vinden. Verandering van kwalitatieve eigenschappen en een betere bewaring zullen in Nederland niet tot prijsverlaging leiden. Het omgekeerde is eerder het geval. De consument zal voor deze kwalitatief betere producten meer moeten betalen. De veranderingen in de teelt zullen, behoudens het sortiment, niet ingrijpend zijn. Op beperkte schaal zijn er milieuvordelen te behalen. Zo hoeft een langer houdbare anjer niet meer voorbehandeld te worden met zilvertiosulfaat. Gekleurd katoen hoeft tijdens het verwerkingsproces niet meer gekleurd te worden. Bloemen hoeven niet meer geverfd te worden. Omdat producten langer houdbaar zijn zal er zowel in het handelskanaal als bij de consument, minder weggegooid hoeven te worden. Bovendien kunnen verder weggelegen markten bediend worden.

Resistentie tegen ziekten en plagen tijdens de na-oogst kan een belangrijke vermindering van de inzet van chemische middelen betekenen. Vooral mondiaal gezien is dit van betekenis gelet op het soort middelen en de wijze van toepassing (meestal gassen).

Gezien het kennis- en kapitaalsintensieve karakter van onze landbouw en het grote aandeel van onze productie wat op de versmarkt wordt afgezet moet verbetering van de kwaliteit een belangrijk speerpunt zijn. Daarbij lijkt het vermarkten van minstens even groot belang, zo niet belangrijker, dan de toepassing en productie van ggo's op dit vlak zelf. Kansen zullen daarom ook hier vooral opgepakt moeten worden door een ketenbrede aanpak, van veredelaar tot verkoop en niet door één van de schakels (mislukte introductie van de 'Flavr Sarr tomaat'). De betreffende eigenschap moet:

- goed herkenbaar zijn en er moet goed over te communiceren zijn. Bijvoorbeeld een duidelijke nog niet voorkomende kleur (blauwe anjer) of vorm of een eigenschap die gegarandeerd wordt (deze bloemen staan 3 weken);
- een duidelijke meerwaarde hebben gebaseerd op een hogere marktwaarde of duidelijke besparingen in de kolom;
- bij voorkeur ketenbreed opgepakt worden om de hoge ontwikkelingskosten terug te verdienen en de kwaliteit inderdaad te kunnen garanderen. Alleen bij een ketengerichte aanpak zijn deze kosten over de verschillende schakels te verdelen.

Gezien de relatief hoge ontwikkelingskosten lijkt dit alleen interessant voor de gewassen die een hoge omzet geven, dan wel voor eigenschappen die in te brengen zijn in meerdere gewassen. De betreffende eigenschap zal vroegtijdig in de verschillende veredelingslijnen ingebracht worden, zodat de verschillende rassen, die voor de (wereld)markten worden ontwikkeld, de betreffende eigenschap hebben. Dit laatste is alleen interessant als de licenties die hiervoor nodig zijn tegen lagere kosten verkregen kunnen worden, of dat er sprake is van een groot afzetgebied voor het ggo-product.

Omdat in Nederland de belangrijkste schakels van de groente-, fruit- en met name sierteeltsector zijn gevestigd, zijn ook de perspectieven voor een ketenbrede aanpak het grootst. Onduidelijk is ook hier wie als ketenleider moet gaan optreden. Gelet op het toepassingsveld ligt de afzet hier het meest voor de hand. Het aantal toepassingen zal, gezien de geformuleerde voorwaarden, voorlopig nog beperkt zijn.

4.6 Ontwikkelingen op het gebied van de moderne biotechnologie in de dierlijke sector

4.6.1 Schets van de ontwikkelingen

In de verschillende schakels van de veehouderijsectoren wordt al op ruime schaal gebruik gemaakt van moderne biotechnologie met name bij de reproductie van runderen. De technieken die daarbij met name gebruikt worden zijn Kunstmatige Inseminatie (KI), Embryo Transplantatie (ET) en sexen. Ook bij andere landbouwhuisdieren zullen deze toepassingen, en nieuwe, steeds meer plaatsvinden. Of de ontwikkelingen zullen gaan plaatsvinden hangt in hoge mate af van de maatschappelijke acceptatie.

Maatschappelijke acceptatie

Een van de nieuwe biotechnologische toepassingen is het veranderen van het genetisch materiaal van dieren voor de productie van bepaalde stoffen. Het bekendste voorbeeld is 'stier Herman' die, door een verandering in de genen, kalveren voortbrengt die lactoferrine in hun melk produceren. Een alternatief voor het gebruik van dieren is het gebruik van genetisch gemodificeerde micro-organismen. Met behulp van deze organismen kunnen vaccins, geneesmiddelen en diervoedertoevoegingen (fytase) worden geproduceerd. Ook kunnen ze in industriële verwerkingsprocessen worden ingezet.

Of een productiemethode door het publiek geaccepteerd wordt is onder andere afhankelijk van het gebruikte organisme (bv. landbouwhuisdier of micro-organisme), het product, het doel (cosmetica of medicijn) en de toegepaste biotechnologische techniek.

Bij het toepassen van nieuwe technieken speelt de publieke acceptatie bij dieren een grotere rol dan bij planten. Over het algemeen wordt het genetisch modificeren van dieren afgekeurd. Ingrepen om het dier wel efficiënt te laten produceren zullen stuiten op maatschappelijke weerstand. Een dier kan zich aanpassen aan veranderende omstandigheden, maar is niet gemaakt om efficiënt te kunnen produceren. Een poging om het dier efficiënter te laten produceren kan ten koste gaan van de weerstand van het dier tegen ziekten.

Het gebruik van micro-organismen om medicinale producten te produceren, ligt bij de burger minder gevoelig. Dit is ook het geval als het bij dieren gaat om specifieke geneeskundige doeleinden, waarvoor geen goede alternatieven zijn.

Voorlopig is de Nederlandse industrie nog zeer terughoudend. Los van onderzoek bij konijnen zijn er in Nederland verder geen toepassingen van genetische modificatie bij landbouwhuisdieren. Het bedrijf 'Pharming' (stier Herman) is naar het buitenland vertrokken. De toepassingen zijn ook elders in de wereld nog beperkt.

Toename van kennis van genen

In het algemeen geldt dat de ontwikkelingen in de humane en de dierlijke sector niet los van elkaar gezien kunnen worden. De inzet die gepleegd wordt om het menselijk genoom in kaart te brengen en om de werking van de genen te beschrijven, zal het genetisch en fysiologisch onderzoek bij dieren een geweldige impuls leveren. Stukken van chromosomen en veel genen vertonen in opbouw veel overeenkomst tussen mens en dier, zodat ontwikkelde kennis voor beide bruikbaar is en snel toegepast kan worden.

Het genoom van runderen, varkens en kippen is nog niet (volledig) in kaart gebracht, maar dit lijkt slechts een kwestie van tijd te zijn (PigMaP, BoVMaPE en ChiCKMaP).

De ziektenbestrijding bij mens en dier zal verder een impuls krijgen vanuit de genomanalyse bij planten en de daaruit voortvloeiende kennis over de plantenfysiologie. Een grote hoeveelheid stoffen in planten zijn ook biologisch actief in mens en dier.

Moleculaire biologie

Moleculaire biologie omvat het vakgebied dat zich bezighoudt met biologie op het moleculaire niveau. Moleculaire genetica maakt daarvan het belangrijkste deel uit.

Er vindt een verschuiving plaats van het uitsluitend achterhalen van gensequenties naar het doen van meer complex onderzoek waarin de mechanismen achter genregulatie en -expressie centraal staan. Mogelijke toepassingen liggen er op het vlak van het verbeteren van het fokmateriaal, het modelleren van humane genetische defecten (in het varken) en op het gebied van de ziekteresistentie, de biomedische eiwitten, xenotransplantaties, voedselallergieën en productdifferentiatie. Daarmee worden genetische analyses in toenemende mate verbonden met vraagstukken op het gebied van fysiologie, celbiologie en ontwikkelingsbiologie.

Reproductiebiologie

Op het terrein van de reproductiebiologie verschuift de aandacht van het optimaliseren van kunstmatige voortplantingstechnieken naar het op een steeds lager niveau kunnen werken met eïen spermacellen en embryo's (cel, celkern). Kerntransplantatie en de regeneratie van ongedifferentieerde dierlijke cellen tot embryo's zijn op dit moment de meest geavanceerde reproductietechnieken.

De verwachting is dat binnen tien jaren de bovenstaande toepassingen technisch gezien wereldwijd gemeengoed zijn.

4.6.2 Biotechnologie en fokkerij (fokken op ziekteresistentie)

De fokkerij zorgt binnen de veehouderijketen voor de vermeerdering en opfok van met zorg geselecteerde dieren. In de melkveehouderij is de fokkerij een onderdeel van het melkveehouderijbedrijf. In de intensieve veehouderij vindt de fokkerij voor een groot deel plaats op gespecialiseerde bedrijven. Belangrijke kenmerken voor nieuwe foklijnen zijn verhoging van productie en kwaliteit en de versterking van de weerstand tegen ziekten. De ziektebestrijding van dieren is een belangrijke kostenpost voor de veehouderij. Daarnaast kan het gebruik van medicamenten leiden tot residuen in het eindproduct. De kwaliteit van het product en de volksgezondheid zijn daarmee niet gediend.

Genetisch materiaal in kaart

Als het genoom van landbouwhuisdieren in kaart gebracht is, biedt dit mogelijkheden om het erfelijk materiaal uit de verschillende foklijnen met elkaar te vergelijken en om relevante genen te merken. De hoeveelheid kennis over het erfelijk materiaal en de expressie daarvan in de verschillende lijnen zal geweldig toenemen, zodat veel gerichter gefokt kan gaan worden. Ook is het mogelijk met gebruik van diagnostica om dierziekten met een bepaalde genetische grondslag te traceren. Het inzicht in de relatie tussen het erfelijk materiaal en de gevoeligheid voor dierziekten zal een geweldige vlucht nemen. Alleen al door het toepassen van deze nieuwe inzichten verwacht men dat er met de klassieke veredeling nog een grote sprong voorwaarts gemaakt kan worden.

Binnen het onderzoek zijn er ideeën om dieren te fokken die ongevoelig zijn voor sommige ziekten met behulp van genetische modificatie. Opzet is het weghalen van de receptoren op het celoppervlak die van invloed zijn op de gevoeligheid van dieren voor ziekten.

Het op eenvoudige wijze in kaart brengen van het genetisch materiaal van een dier (DNA fingerprinting, het bepalen van de sequentie van het genoom of van karakteristieke delen daarvan) biedt ook de mogelijkheid ieder dier op unieke wijze te registreren (toepassing als alternatief voor het gele oormerk) en binnen de verdere levensloop van het dier, of de verschillende delen daarvan in de verwerking, op ieder moment te traceren en te identificeren.

Genetische garantie

In Nederland wordt gewerkt aan genetische merkers. Door toepassing van merker genen is het in principe mogelijk de fokwaarde te schatten door een dier te genotyperen. Dit biedt bijvoorbeeld de mogelijkheid fokmateriaal met "genetische garantie" op de markt te brengen. Ook de fokprogramma's zelf kunnen nu aanzienlijk verkort worden, omdat niet meer op de betreffende gen-expressie gewacht hoeft te worden. De komende jaren zullen meer toepassingen zichtbaar worden.

Kloneren ten behoeve van fokkerij

Kloneren, in combinatie met transgenese, zou een ware revolutie teweeg brengen als het gaat om de reproductie van landbouwhuisdieren, maar staat als techniek maatschappelijk sterk ter discussie.

Het gevaar bestaat dat door het toepassen van deze technieken de genetische variatie in een populatie kleiner wordt. Dit kan worden tegengegaan door het opzetten van een juiste fokkerijstructuur met voldoende fokbedrijven en voldoende variatie in het erfelijk materiaal. Door gebruik te maken van kloneren als techniek zou er een duidelijke scheiding op kunnen treden tussen het fokken en de productie. Deze activiteiten, die nu in de rundveehouderij vaak op hetzelfde bedrijf plaatsvinden, zouden op gescheiden bedrijven gaan plaatsvinden. Binnen beide schakels zal dan vergaande specialisatie optreden. Zo worden op een kernfokbedrijf klonen geproduceerd die op een productiebedrijf zullen worden uitgezet. Door klonen van verschillende fokbedrijven te betrekken kan op het productiebedrijf voldoende genetische variatie behouden blijven. De techniek is nog zéér experimenteel.

De manier waarop de dieren gehouden worden zal nagenoeg niet veranderen. Wel zal de veehouder afhankelijker worden van voorgaande schakels in de keten en niet meer alles in eigen hand hebben.

Nederland heeft met het kloneren van dieren een achterstand opgelopen ten opzichte van een aantal andere landen. Deze zal alleen maar groter worden zolang we als land het kloneren niet toestaan. Dit zal ook economische gevolgen hebben als kernfokbedrijven en bedrijven gericht op het vermeerderen van het fokmateriaal uitwijken naar het buitenland. Aan kloneren wordt op dit moment in Nederland niet gewerkt. De methode van kerntransplantatie is verboden

Het onderzoek naar het gebruik van genetische merkers in Nederland stelt ons in staat voldoende ontwikkeling bij het fokken zelf te waarborgen en onze vooraanstaande positie op dat vlak te behouden. Het genereren van nieuw genetisch materiaal komt door de moderne biotechnologie steeds losser te staan van het dier en de natuurlijke voortplanting zelf en kan als activiteit ook steeds makkelijker los, ook in geografische zin, gemaakt worden van de daadwerkelijke vermeerdering van het fokmateriaal zelf.

Voortplanting

Ontwikkelingen zullen plaatsvinden op het gebied van de winning van eicellen, de in-vitrorijping en bevruchting van eicellen, kweek en transplantatie van embryo's, verdunnen en conserveren van sperma, maar ook op het gebied van het detecteren, induceren en synchroniseren van de bronst. Door de toename van kennis over de interactie tussen genotype en fenotype zal efficiëntie van de genoemde technieken doen toenemen.

Een praktische toepassing, die met name van belang is voor de veehouderij, is die van de embryotransplantatie. In de rundveesector wordt deze techniek al toegepast. In de varkenshouderij zal dit, zij het op kleine schaal, binnenkort kunnen worden toegepast.

4.6.3 Biotechnologie en het dier als producent van medische producten

Dieren kunnen worden gebruikt om stoffen, cellen of organen te produceren die beschermend, genezend of vervangend zijn voor het dier zelf, andere dieren of de mens. Van het dier uit gezien kunnen de stoffen lichaamseigen of lichaamsvreemd zijn.

Als organen van dieren worden gebruikt voor transplantatie naar de mens (of een andere soort) spreekt men van xenotransplantatie. Om de organen geschikt te maken voor transplantatie kan het dier genetisch worden gemodificeerd. Afweerreacties kunnen op deze manier worden verminderd.

Dieren kunnen worden gebruikt om medicijnen te ontwikkelen. Hiervoor hoeft het dier zelf niet altijd genetisch gemodificeerd te worden. Vaak gaat het om de productie van verbeterde diagnostica. Met name zijn er vorderingen op het gebied van medische diagnostica voor AIDS en hepatitis, screening op genetische ziekten, verbeteringen in therapeutica en medicijnen tegen hoge bloeddruk en zenuwaandoeningen.

Een toepassing waarbij het dier zelf wel genetisch gemodificeerd wordt, is de efficiëntere productie van (humane) farmaceutica zoals bloedeiwitten, hormonen of immunomodulatoren. Met recombinant DNA-technieken kunnen vaccins worden geproduceerd die een bredere werking hebben, gemakkelijker zijn te produceren en stabiel zijn (niet in dieren).

Met de term 'pharming' wordt de productie aangeduid van farmaceutische humane eiwitten in transgene landbouwhuisdieren. Meestal gaat het om de verandering van de samenstelling van melk. Het blijft moeilijk dieren te genereren die eiwitten van een constante kwaliteit en in voldoende hoeveelheden produceren. Als een succesvol genetisch gemodificeerd dier kan worden gekloond, en vervolgens succesvol kan worden vermeerderd, dan zou het mogelijk kunnen zijn vele dieren te produceren die melkproducten van identieke kwaliteit geven.

Naast productie in melk is er ook ervaring met de productie van stoffen (hormonen) in urine (van muizen). De productie van medicijnen in melk kent nadelen. Men kan alleen vrouwelijke dieren gebruiken, de lactatie is niet continu, bij koeien duurt het 24 maanden voordat de lactatie start en zuivering van de stof uit de melk is moeilijker dan zuivering van de stof uit urine.

De eerste farmaceutische producten die met behulp van ggo's, namelijk bacteriën, geproduceerd werden, zijn humaan insuline (1982) en humaan groeihormoon (1987). Bacteriën zijn niet geschikt om complexere humane eiwitten te produceren. Hiervoor zijn gisten, schimmels of zoogdieren nodig. Het aantal soorten dieren dat momenteel gebruikt wordt voor 'pharming' is klein. Het betreft met name het rund, het schaap, het konijn, het varken, de geit en de muis. Veelbelovende producten zijn ATIII tegen trombose, alpha glucosidase tegen Pompe disease en Human Serum Albumine om bloedvolumes te handhaven.

De drie belangrijkste bedrijven die zich met pharming bezighouden zijn Genzyme Transgenics Corporation (GTC) in de Verenigde Staten, PPL in het Verenigd Koninkrijk en Pharming in Nederland.

Verwacht wordt dat de hierboven beschreven productiemethoden zoveel vakspecifieke kennis, begeleiding en controle vragen dat de productie niet op gespecialiseerde bedrijven en niet op reguliere bedrijven zal plaatsvinden.

4.6.4 Biotechnologie en veevoeding

Naast ontwikkelingen die direct betrekking hebben op het dier zelf, zijn er ontwikkelingen op het gebied van de dierlijke voeding. Zo kunnen genetisch gemodificeerde enzymen worden gebruikt om schadelijke (bv. kankerverwekkende) stoffen af te breken. Verder zijn er toepassingen op het gebied van het bewaren van voer (tegengaan bederf, verbetering kwaliteit) en kun je proberen de benutting van de opgenomen nutriënten te verbeteren (bijvoorbeeld met het enzym fytase voor verbetering van de fosfaatbenutting). Op die manier kan de voederconversie verder verbeterd worden en kan de uitscheiding van mineralen verder worden beperkt. Of de kosten en effectiviteit van deze biotechnologische aanpak opwegen tegen de veevoerkundige voordelen, is nog de vraag.

Voor een betere benutting van het voer is het in theorie denkbaar dat het dier via transgenese wordt veranderd. Het verteringsproces kan in de gewenste richting worden gestuurd. Een voorbeeld is onderzoek bij transgene muizen met een extra gen dat de vertering van ruwe celstof mogelijk moet maken. In theorie zou op termijn een toepassing bij varkens kunnen plaatsvinden. De toepassing zou interessant kunnen zijn voor ontwikkelingslanden met veel laagwaardig ruwvoer.

In het huidige veevoer zijn grote hoeveelheden rest- en afvalproducten van wereldhandelsgewassen verwerkt. Door het hoofdgewas genetisch te modificeren kan de hoeveelheid rest- en afvalproducten worden beperkt door het verhogen van de hoeveelheid nuttige stoffen. Het restproduct kan ook worden opgewarderd en voor andere doeleinden dan veevoer worden gebruikt.

Met behulp van biotechnologie kunnen afwijkingen van organische oorsprong in veevoergrondstoffen (andere stoffen/verontreinigen) of eindproducten (microbiële besmettingen) worden aangetoond, zelfs in zeer lage concentraties. Op basis van dit soort onderzoek kunnen vervolgens garanties worden verstrekt en controles plaatsvinden.

4.6.5 Bijdrage aan een duurzame veehouderij

De toepassingen van moderne biotechnologie zullen met name plaatsvinden op het gebied van diergezondheid, fokkerij en identificatie en registratie. Genetische modificatie van dieren en toepassingen voor verbetering van productiedoelinden zullen vooralsnog niet plaatsvinden. Op kleine schaal zijn mogelijk wel transgene dieren te verwachten voor productie van medicinale stoffen voor humane doeleinden.

Dierziekten

Uitgangspunt voor een duurzame veehouderij zijn gezonde en sterke dieren, gefokt op hun weerstand. Het resistent maken van dieren tegen besmettelijke veeziekten en het zelfs ongevoelig maken voor deze ziekten, zou geweldige besparingen op kunnen leveren aan medicijnen en vaccins. Het zou minder productieverlies tot gevolg hebben en zal de duurzaamheid van de dierlijke productie, uit oogpunt van gezond fokmateriaal, meer welzijn en minder residuen in de producten, verbeteren. Het lijkt er echter op dat biotechnologie niet voor een doorbraak zal zorgen t.a.v. de belangrijkste dierziekten. De verwachtingen van deskundigen zijn niet groot. De kennis over dierziekten zal enorm toe nemen. De meeste dierziekten hebben echter een complexe genetische oorsprong en zijn niet eenvoudig via een transgenese aan te pakken.

Kloneren in de fokkerij

Kloneren kan nadelige gevolgen hebben voor de betrokken dieren. Dit geldt met name als er gebruik wordt gemaakt van invasieve technieken om eicellen te oogsten. Verder is bekend dat klonen minder levensvatbaar zijn, mogelijk een kortere levensverwachting hebben, misvormde organen kunnen ontwikkelen en dat er met name bij welzijnsgroeperingen de angst bestaat dat dieren bevattelijker worden voor allerlei ziektes als gevolg van het gebruik van een relatief kleine genenpool.

Biotechnologische handelingen bij dieren zullen vanuit welzijnsoogpunt altijd kritisch bekeken moeten worden. Zo heeft het Wetenschappelijk comité EU het melkstimulerend hormoon BST afgewezen omdat het gebruik leidt tot vele gezondheids- en welzijnsproblemen

Veevoer

Door toepassing van biotechnologie kan veevoer efficiënter benut worden. De voerconversie kan omlaag. Energie (om nutriënten uit het voer te halen) wordt beter benut. Uitstoot van schadelijke stoffen (N, P, ammoniak) kan omlaag. Het milieu is hierbij gebaat. Zo is er sprake van een duurzamere veeteelt.

Biologische landbouw

De enorme toename in kennis zal ook gebruikt kunnen worden voor de biologische veehouderij, bijvoorbeeld in de ondersteuning van de fokkerij voor meer weerstand tegen ziekten. Eventuele toepassingen van biotechnologie, zoals het terugdringen van het gebruik van bijv. antibiotica, zijn voor deze sector dan ook niet weggelegd, omdat ze gen-tech vrij zijn en dat willen blijven. Een ander concreet voorbeeld is het gebruik van fytase dat via genetische modificatie van micro-organismen kan worden gemaakt. Het enzym fytase levert een bijdrage aan een betere omzetting van veevoer door het dier. Het mag echter niet gebruikt worden in de biologische veehouderij als het met behulp van genetisch gemodificeerde organismen is geproduceerd.

5 Kansen en bedreigingen van moderne biotechnologie voor een duurzame Nederlandse landbouw

5.1 Korte schets van de Nederlandse landbouw

De Nederlandse landbouw kan worden geschetst als een intensieve landbouw. Door de relatief hoge inzet en kwaliteit van kennis, technologie, kapitaal, arbeid en inputs (mineralen, gewasbeschermingsmiddelen, veevoer) is er sprake van een hoge en redelijk constante opbrengst. Alleen bij de opengrondsectoren vormen de weersomstandigheden een ongewisse factor. De dierlijke- en de plantaardige productie hebben een ongeveer gelijk economisch belang. Er is sprake van zeer gevarieerd aanbod van producten met een redelijke tot goede kwaliteit. De Nederlands agrarische ondernemer heeft een goede opleiding gehad en er is sprake van een goede (kennis)infrastructuur, resulterend in een hoog vakmanschap. De Nederlandse landbouw is sterk export-gericht met de EU als belangrijkste markt. De verwevenheid met andere functies en de ruimtelijke druk vanuit andere functies (wonen, infrastructuur, recreatie en natuur) op de landbouw is groot.

In de primaire plantaardige sectoren zijn de belangrijkste verduurzamingsvelden mineralen, gewasbescherming en met name voor de glastuinbouw ook energie. Voor de dierlijke sectoren zijn dat mineralen, ammoniak-emissie, welzijn en diergezondheid en voor de verwerkende industrie energie, water en afval.

Gezien onze grote afhankelijkheid van de export, voor zowel verse als verwerkte producten, zijn ook onze kwaliteit-prijs-verhouding, de breedte van het pakket en in toenemende mate de veiligheid van de producten voor mens en dier van groot belang. Gezien de sterke verwevenheid met andere functies zijn ook omgevingskwaliteit en schoon produceren belangrijke thema 's.

Om een goede beoordeling van het effect van de moderne biotechnologie op de economische duurzaamheid van de Nederlandse landbouwsector te maken, is het relevant de ontwikkelingen te beoordelen in het licht van de totale keten. Er zijn echter grote verschillen tussen de ketens als het gaat om concurrentiepositie en aanwezigheid van de verschillende schakels. Voor de plantaardige- en dierlijke sectoren/ketens is het volgende overzicht te maken:

Plantaardig

Sector/schakel in de kolom	Aardappelen, suikerbieten	Granen	Sierteelt	Glasgroenten	Vollegronds-groenten	Fruit	Oliën en vetten,	Bier en dranken	Genotsmiddelen
Veredeling	+++	0	+++	++	++	++	0	0	0
Vermeerdering	+++	0/+	++	+++	+	++	0	0	0
Productie	++	0/+	++	++	+	+	0	+	0
Verwerking	+++	0/+	n.v.t.	n.v.t.	++	0/+	+/++	++	+/++
Handel	+++	0/+	+++	++	++	0/+	+	++	+
Infrastructuur (kennis, logistiek)	+++	+	+++	+++	++	+	+	++	+

Dierlijk

Sector/ Schakel in de kolom	Zuivel	Rund- vlees	Varkens- vlees	Pluim- veevlees	Eieren en eipro- ducten
Verede- ling	+++	++	+++	+	+
Vermeer- dering	+++	+++	+++	++	+++
Productie	++	+	++	++	+++
Verwer- king	++	+	++	++	+++
Handel	++	+	+++	++	++
Infra- structuur (kennis, logistiek)	+++	+	+++	++	+++

Verklaring

0	schakel geheel afwezig of van zeer beperkte betekenis
+	schakel van beperkte betekenis, zwakke concurrentiepositie
++	schakel van redelijke betekenis, redelijke concurrentiepositie
+++	schakel van grote betekenis, goede concurrentiepositie

5.2 Kansen en bedreigingen van moderne biotechnologie

Voor het bespreken van de kansen en bedreigingen wordt onderscheid gemaakt in de milieuhygiënische en ecologische aspecten, de economische en maatschappelijke aspecten en de veiligheid- en gezondheidsaspecten. De nadruk ligt op de toepassingen, die verkregen worden met genetische modificatie.

In tabelvorm worden de voor Nederland belangrijke bevindingen uit het vorige hoofdstuk kort weergegeven. De meest relevante worden nader toegelicht. Tevens wordt aangegeven waar maatschappelijke spanningsvelden liggen en welke verschillen in argumenten of grondhouding in de discussie daarover worden ingebracht.

a. Beoordeling op basis van milieuhygiënische en ecologische aspecten

Verduurza- mingsveld	Kansen	Bedreigingen
Gebruik grond- en hulpstoffen	<ul style="list-style-type: none"> Vervanging van synthetische grondstoffen met eindige voorraad door groene grondstoffen. Productie van groene grondstoffen door planten die met hoog rendement en lage milieubelasting zijn te telen. Productie van synthetisch niet of moeilijk te produceren stoffen (o.a. plantaardige geneesmiddelen) 	<ul style="list-style-type: none"> Zie bedreigingen bij onderdelen b en c.

Verduurzamingsveld	Kansen	Bedreigingen
Klimaatverandering (energie CO ₂ , methaan, lachgas	<ul style="list-style-type: none"> • Vastlegging van meer CO₂ door groene plantenfabrieken. • Verhogen van de energie-efficiency door hoger aandeel nuttige stoffen/delen, optimaliseren van het fotosynthese-proces en minder verlies aan productie door onkruiden, ziekten en plagen en stress. • Minder energie voor verwerking agrarische grondstoffen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Zie bedreigingen bij onderdelen b en c.
Schoon bedrijf, schone omgeving	<ul style="list-style-type: none"> • Biologische saneringstechnieken, m.b.v. vooral genetisch gemodificeerde micro-organismen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Zie bedreigingen onder biodiversiteit en gewasbescherming.
(Agro) Biodiversiteit, ecosystemen	<ul style="list-style-type: none"> • Nieuwe technieken om genetische variatie sneller te traceren, te karteren en te conserveren. 	<ul style="list-style-type: none"> • Verwildering van ggo 's. • Uitkruisen van gemodificeerde eigenschappen, concurrentie voordeel voor bepaalde planten. • (Sterke) versmalling van het sortiment, monocultures. • Teveel nadruk op genotype (uit laboratorium) en op agrarische eigenschappen en te weinig de interactie binnen het agro-ecosysteem.
Vermesting mineraalverliezen	<ul style="list-style-type: none"> • Betere benutting van de mineralen uit het veevoer door aanpassingen in het spijsverteringsproces. • Wijzigen van de nutriëntensamenstelling in planten (delen) die vervoerd worden. 	<ul style="list-style-type: none"> • Zie ecologische risico 's en welzijn.
Gewasbeschermingsmiddelen Verbruik Emissie Afhankelijkheid Toepassingen	<ul style="list-style-type: none"> • Sterke afname van het verbruik, de emissie en de afhankelijkheid bij toepassing van g.m. gewassen. Voor Nederland met name ggo 's, die resistent zijn tegen schimmelziekten. • Opbouw van meer duurzame resistentie. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bij herbicideresistentie wordt afhankelijkheid niet verlaagd. • Nuttige organismen gaan ook dood bij bijvoorbeeld Bt toepassingen. • Meer kans op resistentiedoorbraak door grootschalige toepassing van ggo 's in monocultures. • Bedreigingen genoemd onder biodiversiteit en voedselveiligheid.
Verzuring NH ₃	<ul style="list-style-type: none"> • Weinig concrete toepassingen gevonden. 	
Afval Vast	<ul style="list-style-type: none"> • Beperken organische afvalmateriaal door verhogen aandeel nuttige stoffen en delen. • Opwaarderen afvalmateriaal met nieuwe toepassingsmogelijkheden. 	<ul style="list-style-type: none"> • Prijs veevoer als plantaardige afvalstoffen minder of duurder worden.

b. Beoordeling op basis van economische en maatschappelijke aspecten

Verduurza- Mingsveld	Kansen	Bedreigingen
Economische duurzaamheid sector landbouw.	<ul style="list-style-type: none"> • Hogere opbrengsten door hoger aan deel nuttige stoffen/delen, optimaliseren van het fotosynthese-proces, minder verlies aan productie door onkruiden, ziekten en plagen en stress, minder kosten voor energie, mineralen en bestrijdingsmiddelen. • Kansen voor nieuwe producten (bijv. medicijnen die niet synthetisch zijn te maken) en producten met een hogere kwaliteit wat betreft smaak, gebruiksmogelijkheden en gezondheid. • Gezien de al aanwezige grote variatie beperkte mogelijkheden voor producten met nieuwe uiterlijke kwaliteiten (bijv. kleur) of producten met een betere houdbaarheid. • Grondstoffen met hogere kwaliteit voor de verwerkende industrie. 	<ul style="list-style-type: none"> • Landbouw wordt steeds meer afhankelijk van enkele grote toeleveranciers, die een steeds breder pakket leveren (monopolie positie). • Verschuiving mondiale productie groene (bulk) grondstoffen, Nederlandse concurrentiepositie van (aardappel) zetmeel en suiker als bulkproduct. • Concurrentiepositie Nederlandse veredelings- en vermeerderings-sector bij niet of beperkt toepassen van g.m. • Grotere kans op ggo-vervuiling van ggo-vrije bedrijven door korte geografische afstanden • Verdere toename technolisering/intensivering van de landbouw. Landbouw komt verder van zijn omgeving te staan. Weerstand en herstelvermogen landbouwsystemen nemen af.
Welzijn dieren	<ul style="list-style-type: none"> • Geen directe concrete toepassingen gevonden, wel verhoging welzijn door verbetering gezondheid. 	<ul style="list-style-type: none"> • Genetisch modificatie is aantasten integriteit van dieren.
Omgevingskwaliteit		<ul style="list-style-type: none"> - Variatie binnen landbouwgewassen (monoculturen) en dieren neemt af.
Arbeidsomstandigheden/personeelsbeleid	<ul style="list-style-type: none"> • Weinig concrete toepassingen gevonden, aantal indirect via verhogen opbrengsten, minder gebruik gewasbeschermingsmiddelen en meer uniformiteit van de gewassen. 	

c. Beoordeling op basis van veiligheid/gezondheidsaspecten

Verduurzamingsveld	Kansen	Bedreigingen
Voedselveiligheid	<ul style="list-style-type: none">• Minder residuën van gewas beschermingsmiddelen.• Betere detectie van organische (micro) verontreinigingen.• Gezondere verse- en verwerkte producten door andere samenstelling (bijv. olie- en vetzuren) of groter aandeel gezondheidsbevorderende componenten.	<ul style="list-style-type: none">• Genetisch gemodificeerde organismen kunnen nieuwe toxische en allergene componenten bevatten.• Gebruik van resistentiegenen tegen antibiotica als markergeren kan tot doorbreken resistentie tegen antibiotica leiden bij humane en dierlijke ziekten.
Gezondheid werkers in de landbouw	<ul style="list-style-type: none">• Minder inzet van bestrijdings middelen.	
Diergezondheid	<ul style="list-style-type: none">• Snelle detectie dierziekten (DNA fingerprinting).• Erfelijke ziekten uitkruisen.• Verhogen natuurlijke weerstand tegen ziekten.	

5.3 Vijf maatschappelijke spanningsvelden van genetische modificatie

Uit de kansen en bedreigingen komt een aantal spanningsvelden naar voren, die ook in min of meerdere mate in de maatschappelijke discussie spelen. Naast het kort noemen van de argumenten van de voor- en tegenstanders, wordt ook ingegaan op de verschillen in waarden en houding die de maatschappelijke discussie bepalen.

5.3.1 Zijn ggo's echt nodig?

Voorstanders van moderne biotechnologie wijzen op de grote voordelen, zowel op het gebied van opbrengsten, bestrijding van ziekten en plagen als op de lagere belasting van het milieu (zie ook vorige hoofdstuk). Zij vinden moderne biotechnologie absoluut nodig om de toekomstige wereldbevolking te voeden met voldoende en gezond voedsel en zien in biotechnologie een nieuwe perspectiefvolle opvolger van de groene revolutie. Vooral als men nu bijv. kijkt naar de grote voedselverliezen als gevolg van ziekten en plagen tijdens de groei en de bewaring van producten.

Tegenstanders vinden dat distributie en de tegenstelling tussen de arme en rijke landen een groter probleem is dan de productie van het voedsel zelf. Zij vinden het bij uitstek een westerse technologie, die bovendien sterk wordt beschermd (patenten op genetisch materiaal gedeeltelijk afkomstig uit de arme landen zelf, terminator-technologie) en die de afhankelijkheid van de arme landen alleen maar verder vergroot. Bovendien wordt bij de introductie van de vernieuwingen te weinig rekening gehouden met lokale agro-ecosystemen. Hierdoor nemen de kansen op mislukkingen en ongewenste ecologische effecten (bijvoorbeeld als gevolg van het doorbreken van een aantal belangrijke resistenties) sterk toe. Men wijst dan op voorbeelden uit de zogenaamde groene revolutie.

Het maatschappelijk dilemma spitst zich vooral toe op verschillen in inzicht om op termijn het wereldvoedselvraagstuk op te lossen: via technologielandbouw of via meer regionaal duurzame (incl. ecologie en sociaal-culturele aspecten) landbouwsystemen. Hoewel het probleem van de voedselvoorziening niet in Nederland speelt, de opbrengsten van ons landbouwsysteem staan aan de top van de wereld, is dit dilemma wel onderdeel van de maatschappelijke discussie. De vraag of bepaalde toepassingen echt nodig zijn leidt bij toetsing met als referentie een technologische landbouw tot heel andere uitkomsten dan bij toetsing aan een geheel biologische landbouw. Ook speelt in deze discussie een rol bij wie dat voordeel dan toekomt, bij de grote multinationals, bij de boer, bij de verwerker of bij de consument?

5.3.2 Zijn ggo's veilig voor mens en dier?

Voorstanders van biotechnologie wijzen erop dat biotechnologie een logische voortzetting is van de traditionele veredeling. Bij genetische modificatie zijn zowel de over te brengen genen als het ontvangende donororganisme bekend. De gevolgen zijn dus vrij goed te voorspellen en kunnen eventueel heel gericht onderzocht worden (het concept van wezenlijke gelijkwaardigheid). Dit in tegenstelling tot de traditionele veredeling waar kruisingen het resultaat zijn van het bijeenbrengen van vele duizenden genen. Voorstanders vinden dat de huidige wet- en regelgeving op het gebied van toelating van ggo 's voldoende is om eventuele risico 's uit te sluiten. Zij vinden het op zijn minst opmerkelijk dat bij toelating van nieuwe rassen uit de traditionele veredeling onderzoek naar eventuele schadelijke effecten slechts incidenteel op grond van ervaringen plaatsvindt.

Tegenstanders wijzen erop dat de modificatie helemaal niet zo nauwkeurig is. Zowel de genen, die worden overgebracht, als de plaats waar de genen in het donororganisme worden ingebouwd is niet goed te voorspellen. Dat geldt ook voor de eventuele interactie tussen de nieuw ingebrachte genen en de genen van het donororganisme. Het overgrote deel van de levensprocessen wordt gereguleerd door een complex van genen, die in de loop der evolutie een bepaalde stabiliteit hebben gekregen. Er bestaat dus wel degelijk kans op onverwachte effecten zoals nieuwe toxische of allergene componenten. Voor het gebruik van resistentiegenen tegen antibiotica als merker genen zijn inmiddels goede alternatieven.

Het maatschappelijk dilemma spitst zich vooral toe op de mate waarin personen op basis van het voorzorgprincipe een bepaald risico aanvaardbaar vinden. Vindt men geen enkel risico aanvaardbaar, een beperkt risico als er een duidelijke meerwaarde is en er geen goede alternatieven zijn of is men bereid een verwaarloosbaar of klein risico te accepteren?

5.3.3 Zijn ggo's veilig voor het milieu?

Voorstanders van biotechnologie wijzen op de adequate wet- en regelgeving bij toelatingen. Het principe van "case by case" en "step by step" sluit ecologische risico's en ongewenste ecologische effecten nagenoeg uit. Zij wijzen erop dat de ecologische effecten door verwildering uit het verleden bijna altijd zijn terug te voeren op ondoordacht handelen en onvoldoende toetsing van de risico's van het introduceren van planten en dieren van elders in totaal andere ecosystemen. Voor het gevaar van uitkruisen van planten wijzen de voorstanders van biotechnologie erop dat hier, gezien vanuit de qua handeling vergelijkbare traditionele veredeling, weinig voorbeelden van zijn. Een reden hiervoor is dat het bijna altijd over cultuureigenschappen gaat die wilde planten weinig concurrentievoordeel bieden.

Tegenstanders van biotechnologie voeren aan dat de risicobeoordeling plaatsvindt op basis van bestaande kennis en inzichten met toetsing onder laboratoriumomstandigheden en in veldproeven, waar eventuele risico's zoveel mogelijk worden vermeden. Eventuele ecologische effecten komen pas op praktijkschaal aan het licht, zoals recentelijk het doodgaan van nuttige insecten (vlinders, bijen) na het eten van delen van Bt-gewassen. De noodzakelijke langdurige monitoring van eventuele effecten vindt nauwelijks plaats.

Bij de ontwikkeling van g.g.o's door de multinationals wordt weinig rekening gehouden met de landbouwkundige en ecologische systemen (wel/geen wilde verwanten), waarin het betreffende ggo terecht komt. Bovendien worden optredende nadelige effecten versterkt door het op steeds grotere schaal telen van ggogewassen. Het "managen" van de toepassing is, om bijvoorbeeld optreden van resistentie te voorkomen, minstens zo belangrijk als de toepassing zelf.

Het dilemma spitst zich ook hier toe op de vraag welke effecten op het ecosysteem we aanvaardbaar vinden (verschil in referentie), op welke wijze we dat goed kunnen onderzoeken (beoordeling bij toelating op basis van bestaande kennis of toelating na langdurig onderzoek of alleen beperkte toelating met langjarige monitoring) en op de vraag of er wel voldoende aandacht is voor het managen van de toepassing. Wie neemt daarin de verantwoordelijkheid (overheid, leveranciers) en hoe dwing je dat af als boeren bij de toepassing een belangrijk economisch voordeel hebben?

5.3.4 Leidt introductie van ggo's tot verlies van (agro)biodiversiteit?

Voorstanders voeren aan dat biotechnologie nieuwe mogelijkheden biedt om biodiversiteit in kaart te brengen, te conserveren en eventueel te reproduceren. Multinationals hebben uit oogpunt van adequaat toekomstig veredelingsmateriaal zelf het meeste belang bij het instandhouden van de biodiversiteit.

Tegenstanders wijzen erop dat bij boeren het belang op de korte termijn (meer voedsel, economische voordelen) het wint van het lange termijn belang (voldoende diversiteit). Individuele boeren zullen hun huidige rassen niet langer in stand willen houden. Voor de langere termijn worden zij, als het gaat om de inbreng van genetische variatie, afhankelijk van de multinationals. Deze zijn nu al bezig genetisch materiaal te verzamelen en te patenteren en zullen het straks alleen op profijt basis weer ter beschikking stellen. Diversiteit ligt daarmee in handen van enkele grote multinationals en is economisch goed geworden, tenzij overheden of samenwerkingsverbanden borg gaan staan voor het behoud van dit materiaal, bijvoorbeeld in de vorm van genenbanken.

Het maatschappelijk dilemma spitst zich met name toe op de vraag of je levend materiaal, wat niet is uitgevonden, maar is ontdekt, mag patenteren en zo ja als dat mag wie dat mag patenteren en wie daarvan dan eigenaar wordt. Inzake het verlies van biodiversiteit is vooral het schaalniveau van belang, mondiaal, per land, per ecosysteem of per kavel/perceel.

5.3.5 Is genetische modificatie en kloneren van dieren acceptabel?

Voorstanders wijzen erop dat er ook bij dieren modificaties mogelijk zijn, die óf voor het dier zelf óf voor de mens belangrijke voordelen opleveren. Bij het eerste gaat het dan met name om de gezondheid van de dieren zelf en het welzijn, bij het tweede om de gezondheid van de mens zelf (bijv. geneesmiddelen die op een andere wijze niet of alleen velen malen duurder zijn te maken). Om de gewenste eigenschappen te behouden bij de vermeerdering van dieren is het kloneren van dieren noodzakelijk zodat identieke dieren ontstaan.

Tegenstanders, met name uit de hoek van de biologische landbouw, wijzen erop dat landbouw moet bestaan uit het begeleiden van de natuur en niet uit het ingrijpen in de natuur. Om die reden wijzen zij moderne biotechnologie zowel bij planten als bij dieren af. Elke modificatie bij dieren betekent een aantasting van de integriteit van het dier en het moet om die reden niet worden toegestaan.

Het maatschappelijk dilemma spitst zich toe of (bij hoge meerwaarde) genetische modificatie bij planten en dieren acceptabel is.

6 Samenvatting en conclusies

De eerste transgene planten, dat zijn planten die genetisch zijn gemodificeerd (gg-organismen ofwel ggo's), groeien op dit moment op grote schaal in o.a. de Verenigde Staten, Canada en Argentinië. De planten zelf, of producten daarvan, worden inmiddels verwerkt in talloze agrarische producten die ook hier (al dan niet met etiket) in de winkel liggen. In Europa zijn nu de eerste biotechnologische toepassingen op de markt verschenen en de verwachting is dat er de komende jaren, in technische zin, vele nieuwe toepassingen zullen volgen.

De beeldvorming, die door de media wordt opgeworpen dat technisch alles kan en de daadwerkelijk toepassing van ggo's doet opnieuw de maatschappelijke discussie oplaaien of we dit allemaal wel willen. Niet alleen in Nederland, waar vanuit de politiek is gevraagd om een maatschappelijk debat, maar ook in Europa en in steeds grotere mate ook in de bakermat van de biotechnologie, de Verenigde Staten.

Op verzoek van de directie Landbouw heeft het IKC-Landbouw een verkenning uitgevoerd om de kansen en bedreigingen van moderne biotechnologie beter in beeld te brengen en om aan te geven waar de maatschappelijke en beleidsmatige spanningsvelden liggen. Het accent in het rapport ligt op de genetische modificatie. Genetische modificatie is één van de technieken van de moderne biotechnologie en is het meest omstreden.

In de verkenning worden de mondiale biotechnologische ontwikkelingen en de toepassingen beschreven en geprojecteerd op onze gewassen, teeltsystemen en ketenorganisaties. Aan de hand van een toetsingskader wordt voor de ecologische, economische en sociaal-culturele duurzaamheidsvelden aangegeven welke bijdrage in de toekomst van moderne biotechnologie kan worden verwacht.

6.1 Conclusies over de ontwikkelingen

De moderne biotechnologie zal op korte termijn door het in kaart brengen van het genoom van de belangrijkste planten, landbouwhuisdieren en van de mens zelf, leiden tot een zeer sterke toename van de kennis en de inzichten in de werking van levensprocessen van de verschillende levende organismen. Alleen al deze nieuwe kennis en de grootschalige toepassing van enkele technieken, zoals merkergerstuurde veredeling, zal de traditionele veredeling in een stroomversnelling brengen, zonder dat daar toepassing van genetische modificatie voor nodig is. Daarbij is het vraag of de Nederlandse veredelings- en vermeerderingssector voldoende concurrerend is en kan blijven, vooral omdat de veredeling- en vermeerdering zich internationaal steeds verder is gaan concentreren in zogenaamde life-sciencebedrijven, die naast zaden en uitgangsmateriaal ook belangen hebben in (agro) chemie, farmacie en gezondheidsproducten.

De technische mogelijkheden van met name genetische modificatie lijken haast onbegrensd. Toch moet worden geconstateerd dat bij planten, ondanks het grote aantal veldproeven, het aantal verschillende commerciële toepassingen nog gering is. De commerciële toepassingen hebben voor bijna 100% betrekking op insecten- en herbicideresistenties bij de wereldhandelsgewassen. Deze toepassingen staan bovendien sterk ter discussie uit het oogpunt van ecologische duurzaamheid.

Ondanks het beperkte aantal verschillende toepassingen is de toename van het areaal wereldhandelsgewassen bebouwd met ggo's de laatste jaren spectaculair toegenomen en bedroeg in 1998 in de VS, Canada en Argentinië 28 miljoen ha. Het areaal ggo's in de EU daarentegen bedraagt niet meer dan enkele duizenden ha.

De praktische toepassingen van genetisch gemodificeerde organismen hebben nog geen betrekking op voor Nederland belangrijke gewassen, met uitzondering van aardappelen, suikerbieten (leveranciers van bulkgrondstoffen) en tomaten.

Het aantal proeven met genetische modificatie bij dieren is nog zeer gering. Er zijn maar enkele commerciële toepassingen o.a. BST en bij vissen. Het onderzoek richt zich meer op toepassingen voor de volksgezondheid (productie van medicijnen, xenotransplantatie) dan op landbouwkundige toepassingen.

6.2 Conclusies over de verwachtingen

- De komende vijf jaar zullen de commerciële toepassingen van genetisch gemodificeerde organismen in de landbouw beperkt blijven tot resistenties tegen ziekten, plagen en herbiciden bij planten en enkele kwalitatieve aspecten zoals een betere houdbaarheid. Commerciële landbouwkundige toepassingen bij dieren zijn voor 2010 niet te verwachten.
- Vanaf het jaar 2005 komen de eerste toepassingen van genetisch gemodificeerde organismen die gericht zijn op een betere kwaliteit met name voor de verwerkende industrie (olie, vetten, eiwitten, koolhydraten)
- Toepassingen van genetisch gemodificeerde organismen die een direct voordeel opleveren voor de consument in de zin van goedkoper, van betere kwaliteit of gezonder zullen naar verwachting niet voor 2010 echt gaan doorbreken.

6.3 Conclusies over de kansen en bedreigingen

- Gezien de geweldige grote variatie en de kwaliteit van onze agrarische producten is er met de huidige toepassingen met ggo's maar weinig voordeel te behalen, wat direct aan de consument kan worden doorgegeven.
- De grootste perspectieven voor een meer duurzame landbouw liggen voor de Nederlandse situatie op het gebied van de gewasbescherming (met name resistenties tegen schimmelziekten) en het verbeteren van de diergezondheid. Als exporterend land van dierlijk uitgangsmateriaal en gezien onze hoge veedichtheid en sterke concentraties zijn een hoge en gegarandeerde gezondheidsstatus van groot economisch belang.
- De grootste economische perspectieven liggen in toepassingen die specifieke vakkennis, gecontroleerde teeltomstandigheden en hoge kwaliteitsgaranties vragen. Daarbij moet dus zeker niet gedacht worden aan bulkproducten, maar aan specifieke toepassingen op het gebied van gezondheidsbevorderende componenten, medicinale toepassingen en hoogwaardige metabolieten. Daarvoor is niet alleen ontwikkeling van nieuwe kennis nodig, maar ook nieuwe kennisnetwerken en samenwerkingsverbanden tussen landbouw, voedingsindustrie en chemische- en farmaceutische industrie.
- De productie van de zogenoemde groene grondstoffen biedt onder bepaalde voorwaarden uit oogpunt van duurzaamheid veel perspectief. De veelbelovende technische mogelijkheden roepen de vraag op of de productie in Nederland concurrerend kan blijven en wat dit zal betekenen voor de overige schakels, uitgangsmateriaal, verwerking en afzet, van enkele in Nederland sterk aanwezige ketens.
- Als sterk op de export gericht land is Nederland wat betreft handelsbelangen zeer gevoelig voor de publieke opinie in onze afzetgebieden m.b.t. toepassing van nieuwe technieken met name genetisch gemodificeerde organismen.
- Landbouwsystemen met en zonder toepassing van ggo's gaan verder uit elkaar groeien. Niet alleen op het gebied van gebruikte rassen, bedrijfsvoering en verwerkingsketens, maar ook op het gebied van bijvoorbeeld fytosanitaire maatregelen, die bij resistente ggo-gewassen niet meer nodig zijn, maar bij niet-resistente rassen wel.
- Omdat in Nederland zowel bedrijven voorkomen die wel en bedrijven die geen ggo's toepassen, en vanwege de sterke geografische verwevenheid van de landbouw en de natuur zal toepassing van ggo's in Nederland stringente maatregelen vereisen.

6.4 Conclusies over het maatschappelijk debat:

- Moderne biotechnologie is een zodanig ruime verzamelnaam voor een aantal uiteenlopende technieken voor de veredeling en vermeerdering van organismen, dat een maatschappelijke discussie hierover niet erg zinvol is. De discussie zal snel polariseren vanwege fundamenteel verschillende inzichten over een technologische landbouw (met biotechnologie als het vlaggenschip daarvan) versus een biologische landbouw. Voor de maatschappelijke discussie lijkt het meer zinvol te praten over de afzonderlijke technieken en de vijf geformuleerde maatschappelijke spanningsvelden.
- De toelating van genetisch gemodificeerde organismen wordt nu nog teveel vanuit de plant benaderd. Bij de toelating van ggo's zouden aspecten als inpassing in het agroeco-systeem op lokaal niveau moeten worden meegewogen.

6.5 Eindconclusie

We kunnen de conclusie trekken dat moderne biotechnologie op korte termijn zal leiden tot een zeer sterke toename van de kennis en de inzichten, die ook de traditionele veredeling sterk zal stimuleren. Hoewel de technische mogelijkheden onbegrensd lijken blijft de toepassing van genetische modificatie, op ons sterk exportgericht land, de komende jaren nog zeer beperkt. De grootste perspectieven voor een meer duurzame landbouw liggen voor de Nederlandse situatie op het gebied van de gewasbescherming (met name resistenties tegen schimmelziekten) en het verbeteren van de diergezondheid. De grootste economische perspectieven liggen in toepassingen die specifieke vakkennis, gecontroleerde teeltomstandigheden en hoge kwaliteitsgaranties vragen, dus geen bulkproducten maar specifieke toepassingen. Daarvoor zijn nieuwe kennisnetwerken en samenwerkingsverbanden nodig tussen landbouw, voedingsindustrie en chemische- en farmaceutische industrie.

Bijlage 1 Indeling in toepassingsvelden en geïnterviewde deskundigen

Planten

Toepassingsveld	Deskundigen
1. Biotechnologie als techniek t.b.v. verbeteren voortplanting/plantaardig uitgangsmateriaal.	Dr. M.M. van Lookeren Campagne CPRO- Prof. Dr. G.J. Wullems KUN
2. Resistenties tegen ziekten en plagen bij planten incl. verhogen weerstand tegen abiotische omstandigheden (koude, zout, droogte).	Dr. W.J. Stiekema CPRO-DLO. Dr. L.A.P. Lotz AB-DLO Dr. M. Jongsma/ Dr. H.J. Bosch CPRO Prof.dr.ir. P.J.G.M. de Wit WUR Prof. Dr. Ir. J. Bakker WUR Dr. Ir. F. van der Wilk IPO-DLO Prof. Dr. Ir. E. Jacobsen WUR
3. De plant als fabriek. Verhogen aandeel plant-eigen nuttige stoffen (zetmelen, olie, eiwitten) en productie van niet-eigen nuttige stoffen (fructaan, bioplastics, soortvreemde eiwitten, geneesmiddelen).	Dr. A.J. van Tunen CPRO Prof. Dr. H.J.J. Nijkamp VUA Prof. Dr. A. Capelle CEBECO/WUR
4. Biotechnologie in relatie tot verbeteren oogsten en bewaren van producten/nieuwe producten.	Koos Oosterhaven/ E. Woltering ATO-DLO J.P.T. Derksen ATO-DLO Dhr. Grootsholten/ Mevr. C. Karremans Florigene Europa B.V. Dr. R.J. Bino CPRO

Dieren

Toepassingsveld	Deskundigen
1. Biotechnologie als techniek t.b.v. verbeteren dierlijk uitgangsmateriaal en hogere resistentie tegen ziekten.	Prof. Dr. P. Braskamp WUR Dhr. C. Oldenbroek ID-DLO
2. Het dier als producent van lichaamseigen of lichaamsvreemde stoffen incl. medicijn nen. Verhogen van de voederconversie.	J.B. Schiere WUR Prof. Dr. ir. M.W.A. Verstegen WUR

Bijlage 2 Verklarende woordenlijst

Agrobiodiversiteit	Het geheel aan plantaardige en dierlijke genetische bronnen, bodem en micro-organismen, insecten en andere flora en fauna in agro-ecosystemen en elementen van natuurlijke habitats die relevant zijn voor agrarische productiesystemen.
Apomixis	Het verschijnsel dat zaad ontstaat uit ongereduceerde eicellen zonder dat daar bevruchting bij te pas komt. Van nature komt het voor in enkele soorten met name grassen. Alle nakomelingen zijn genetisch identiek aan de ouder.
Biotechnologie	Technieken en productieprocessen waarbij levende organismen worden gebruikt.
Chromosoom	Drager van erfelijk materiaal in de cel. Het bestaat uit DNA met een eiwitomhulsel en heeft een draadvormige structuur.
DNA	Desoxyribo-Nucleic-Acid (desoxyribonucleïnezuur). DNA wordt beschouwd als de verbinding waarin alle erfelijke informatie van cellen in structurele vorm is vastgelegd.
Gen	Een stukje in een DNA-molecuul dat een bepaalde regelfunctie kan vervullen of dat verantwoordelijk is voor de productie van een RNA-molecuul of een eiwit.
Gentechnologie	De wetenschap en technieken die betrekking hebben op DNA-niveau
Ggo	Genetisch gemodificeerde organismen (in het Engels GMO)
Klonen	Ongeslachtelijke voortplanting door afzonderen van cellen (uit weefselkweek of embryo's) zodat genetisch gelijke nakomelingen ontstaan.
Merker	Een stuk DNA/eigenschap dat gebruikt wordt ten behoeve van selectie in vitro of op DNA-niveau

Bijlage 3 WEBB-SITES

Bedrijfsleven	
Nederlandse Industriële en Agrarische Biotechnologie Associatie NIABA BIO (wereldwijd)	http://www.xs4all.nl/~niaba http://bio.org/welcome.html
Idem Europese Biotechnologie organisatie	http://www.europa-biobel
Databanken veldproeven	
Nederland	http://www2.min.vrom.nl/ggo/
OECD veldproeven	http://www.olis.OECD.org/biotrack.nsf
OECD commerciële toepassingen	http://www.olis.OECD.org/bioprod.nsf
V.S.	http://www.nbiap.vt.edu/fieldtestst.cfm http://aphis.usda.gov
Canada	http://www.cfia-acia.agr.ca/english/ppc/biotech/field.htm
Australië	http://www.science.gov.au/gmac/pis_book/pis_cont.htm
UK	http://www.shef.ac.uk/uni/projects/doe/register.html
Europese commissie	http://biotech.jrc.it
Wetenschap	
Amerikaans infocentrum voor biotechnologie U.S. Food and Drug Administration	Http://www.nal.usda.gov/bic/ Http://vm.cfsan.fda.gov/
Artikelen/overzichten	Http://www.home.intekom.com/tm_info/index.html
Nederlandse overheid	
VROM	Http://www.minvrom.nl/milieu/ggo/
EZ	http://info.minez.nl/
Europese overheid	Http://www.europa.eu.uit/com/gd24/ http://europa.eu.int/
Maatschappelijke organisaties	
Alternatieve consumentenbond	http://www.pz.al/abk
Greenpeace	http://www.greenpeace.org/~nl/index.html
Greenpeace internationaal	http://www.greenpeace.org/

Bijlage 4 Literatuur

Anoniem, Transgenics sweep the market, *Prophyta: The annual*, Juni 1999.

Biotechnology Industrie Organisation, Agricultural Biotechnology, *The future of the world 's Food supply*.

Internet <http://wbtd15.biozentrum.uni-wuerzburg.de/>

Breekveldt J., J. Jongerden, Transgenic animals in pharmaceutel production, *Biotechnology and Development Monitor*, no. 36, 1998.

Brom F.W.A., *Onherstelbaar verbeterd. Biotchnologie bij dieren als een moreel probleem*, 1997.

Bijman W.J., *Aardappelen en biotechnologie. Technologische ontwikkeling en maatschappelijke acceptatie*, LEI-DLO, Publicatie 1.27, 1993.

Commandeur P. (editor), Impact of biotechnology on the word trade in vegetable oils 1 en 2, *Biotechnology and Development Monitor*, no. 23 en 24, 1995.

Degnaars G.H, F.H.A. Janszen, *Biotechnologie op weg naar het jaar 2000. Een (toekomst) perspectief voor de Nederlandse industrie*, Ministerie van EZ, 1996.

Dons J.J.M., L.H.W. van der Plas, P.J.Weisbeek en G.J.Wullems, *Plant development: A new focus for biotechnology*, Maart 1997

Dooren P. van, *Klonen: mensen en dieren op bestelling*., Davidsfonds leuven, 1998.

Economisch en Sociaal Comité van de EU, *Advies over 'Genetisch gemodificeerde organismen in de landbouw-gevolgen voor het gemeenschappelijk landbouwbeleid"*, 98/C 284/08.

Entis E., AquaAdvantage Salmon: Issues in the introduction of Transgenic Foods, *Skogs-o. Lantbr.akad.Tidsk.*, 136:20, 1997.

Enzing C.M., *Toekomstige implicaties van biotechnologie voor de agrofoodsector*, TNO rapport STB-99-30, 1999.

ERS-USDA, *Impacts of adoting genetically engineered crops in de U.S.—Preliminary results*, <http://www.econ.ag.gov>

House of Lords. Select committee on the European Communities, *EC regulations of genetic modification in agriculture*, December 1998.

James C., Global status and distributions of commercial transgenic crops in 1997, *Biotechnology and devolpment Monitor*, nr. 35 juni 1998.

IKC-Landbouw, *Om mee te beginnen... Verkenning plantaardig uitgangsmateriaal in Nederland in 2007*, Ede, 1997

James C., Sales of modified varieties rocket up, *Prophyta: The annual*, Juni 1999.

Lammerts van Bueren E.T. e.a., *En toen was er DNA....wat moeten we ermee?*, Indigo, Zeist, 1998.

Lammerts van Bueren E.T., M. Hulscher, J. Jongerden, M. Haring, J. Hoogendoorn, J.D. van Mansvelt, A.P.M. de Nijs en G.T.P. Ruivenkamp, *Naar een duurzame biologische plantenveredeling. Eindrapport: visie, keuzes, consequenties en stappen*, Louis Bolk Instituut, Mei 1999.

Lemaux, P.G., *What 's Up in Biotechnology?*, University of California, Internet <http://plantbio.berkeley.edu/~outreach/WHATIS.HTM>

Leuenberger H. G. W., Bertrand Nagel en Heinz Kolbl, *A multilingual Glossary of Biotechnological terms*, Verlag helvetica Chimica Acta Basel, 1995.

May R., *Genetically modified foods. Facts, worries, policies and public confidence*, Internet <http://www.dti.gov.uk/ost/genetic/geni.htm>

Ministeries van VROM en LNV, *Duurzame Landbouw: naar een landbouw die past in duurzame ontwikkeling*, Den Haag, Juli 1994.

Ministerie van LNV Directie DWT, *Verslag LNV workshop Genetisch gemodificeerde aardappelen*, 1993.

Moret Ernst & Young. *Strategies for accelerating technology commercialiation in life sciences*, 1998.

NRLO, *Kansen voor de dierlijke sectoren*, NRLO rapport nr 97/32, 1997.

NRLO, *Moleculaire en reproductiebiologie bij Dieren: Sterkte/zwakte-analyse*, NRLO rapport nr. 98/5, 1998

NRLO, *Moleculaire en reproductiebiologie bij Dieren: Speerpunten voor actie*, NRLO rapport nr. 99/35, 1999

NRLO, *Moleculaire Plantenbiologie*, NRLO rapport nr. 97/36, 1997.

NRLO, *Moleculaire Plantenbiologie. Sterkte/zwakte-analyse*, NRLO rapport nr. 98/39, 1998

NRLO, *Moleculaire plantenbiologie: Speerpunten voor actie*, NRLO-rapport nr. 99/6, 1999

Panos media briefing, *Greed or need? Genetically modified crops*, Internet <http://www.oneworld.org/panos/briefing/brief30.htm>

Prakash C.S., *Edible vaccines and antibody producing plant*, *Biotechnology and Development Monitor*, no. 27, 1996.

Rabobank, *The World Seed Market, 1992*, 1996

Rathenau instituut, *Allemaal klonen feiten, meningen en vragen over kloneren*, Boom/Rathenauinstituut Studie nr. 36, 1998.

Schook L. B., Graig W. Beattie, Anuradha Subramanian en James Chiapetta, *Moving to commercialisation: transgenic Pigs and Food production*, *Skogs-o. Lantbr.akad.Tidskr.* 136:20. 1997.

Smeekens C., *Mogelijke invloeden van genetisch gemodificeerde organismen (GGO) op bijen en andere bloembezoekende insecten*, IKC-Landbouw, Concept notitie, 1999.

Toonen J., *Are edible vaccines a solution?*, *Biotechnology and Development Monitor*, no. 27 1996.

Vliet M van, *Nog even wachten op de eerste genbloemen*, *Vakblad voor de Bloemisterij*, 24. 1997.

Vuijk D.H., J.J. Dekker en H.C. van der Plas, *Developing agricultural biotechnology in the Netherlands*, Pudoc, 1993.