

Aan de minister van  
Volkshuisvesting, Ruimtelijke  
Ordening en Milieubeheer  
Mevrouw dr. J.M. Cramer  
Postbus 30945  
2500 GX Den Haag

DATUM 1 februari 2008  
KENMERK CGM/080201-02  
ONDERWERP Aanbieding signalering 'Perspectieven van gg-gewassen voor een duurzame landbouw'

Geachte mevrouw Cramer,

Naar aanleiding van uw verzoek tot het inventariseren van de eventuele kansen van genetisch gemodificeerde gewassen voor een duurzame ontwikkeling in de landbouw en hoe deze zich verhouden tot de risico's bied ik u hierbij de signalering 'Perspectieven van gg-gewassen voor een duurzame landbouw' aan.

**Samenvatting:**

In deze signalering wordt geen mening uitgesproken of genetische modificatie al dan niet past binnen het concept van duurzame landbouw. Gekeken wordt voornamelijk naar twee deelaspecten van duurzaamheid, namelijk de economische en ecologische gevolgen.

De bijdrage van gg-gewassen in Nederland aan duurzame akkerbouw in het algemeen is beperkt en betreft op korte termijn de amylose-vrije en de phytophthoraresistente aardappel. Het milieuvoordeel van het amylose-vrij zijn is een reductie van afvalproducten bij verwerking en de phytophthoraresistentie geeft een reductie van het gewasbeschermingsmiddelengebruik. Deze reductie is aanzienlijk aangezien 50% van de gewasbeschermingsmiddelen wordt ingezet bij de bestrijding van phytophthora.

Vanuit economisch oogpunt zijn toekomstige gg-gewassen met een hoge toegevoegde waarde die op kleine arealen geteeld kunnen worden, interessant voor de Nederlandse landbouw. Gedacht kan worden aan farmaceutische gewassen (farmagewassen) en andere gewassen waarin hoogwaardige componenten geproduceerd worden.


Veel voedselproducten worden geïmporteerd, zoals granen, en groentes en fruit. Nederland importeert daarnaast grote hoeveelheden veevoeder, zoals maïs en sojaschroot ten behoeve van de veehouderij. Bij de afweging of gg-gewassen kunnen bijdragen aan een duurzame landbouw moet daarom niet alleen naar de Nederlandse teeltpraktijk gekeken worden, maar moeten ook de eventuele milieuvoordelen of -nadelen in het producerende land meegenomen worden.

Voordat een gg-gewas commercieel verkocht en geteeld mag worden, vinden uitgebreide veiligheidstesten plaats. De risico's voor de Nederlandse landbouw lijken daardoor hoofdzakelijk economisch van aard. Vermenging en uitkruising kunnen mogelijk tot problemen op het gebied van coëxistentie leiden. Goede afspraken om wederzijdse aansprakelijkheid te voorkomen zijn daarom noodzakelijk.



De volledige signalering treft u hierbij aan als bijlage.

Hoogachtend,



Prof. dr. ir. Bastiaan C.J. Zoeteman  
Voorzitter COGEM

c.c. Dr. D.C.M. Glandorf  
Mr. A. van Limborgh

# **Perspectieven van gg-gewassen voor een duurzame landbouw**

**COGEM signalering CGM/080201-01**



## Samenvatting

De minister van VROM heeft de COGEM in september 2007 verzocht een signalering uit te brengen over de eventuele kansen van genetisch gemodificeerde (gg-) gewassen voor een duurzame landbouw en hoe deze zich verhouden tot de risico's van teelt en verwerking. Verder vraagt de minister om breder te kijken dan de Nederlandse situatie en ook de betekenis voor ontwikkelingslanden in beschouwing te nemen.

Gezien de brede, complexe vraagstelling en de beperkte termijn waarin deze signalering opgesteld moest worden, kon niet op alle aspecten worden ingegaan. In deze signalering wordt geen oordeel uitgesproken of genetische modificatie als zodanig past binnen het concept van duurzame landbouw. Gekeken is hoe gg-gewassen zich verhouden tot een aantal elementen van duurzaamheid zoals vermindering van de milieubelasting en de economische haalbaarheid van nieuwe toepassingen. Dit laatste is bijvoorbeeld van belang voor het behoud van werkgelegenheid in Nederland.

### *Teelt gg-gewassen vindt buiten Europa plaats*

Sinds de eerste commerciële teelt in 1996 is het geschatte areaal gg-gewassen wereldwijd gegroeid tot 102 miljoen hectare in 2006. Bijna het gehele areaal is toe te schrijven aan vier gewassen, te weten soja, maïs, koolzaad en katoen waarin herbicidentolerantie, insectenresistentie of een combinatie van deze twee eigenschappen is ingebouwd. In Europa wordt alleen insectenresistente gg-maïs op zeer beperkte schaal verbouwd.

### *Gg-gewassen kunnen milieuvoordelen bieden*

In potentie kunnen gg-gewassen leiden tot een vermindering van de milieubelasting door 1) reductie van het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen; 2) verlaging van de landbouwdruk op vruchtbare gronden door de introductie van droogte- en zouttolerantie; en 3) minder milieubelasting bij de verwerking van producten. Het is echter niet eenvoudig om vast te stellen wat de bijdrage van een gg-gewas aan duurzame productieketens zal zijn. Studies naar eventuele duurzaamheidsbijdragen van specifieke gg-gewassen of producten zoals *life cycle assessments* (LCA's) ontbreken tot op heden.

Wel is onderzocht of gg-gewassen leiden tot een verandering in het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen. Hieruit blijkt dat bij herbicidentolerante gg-gewassen een toe- of afname van het herbicidegebruik sterk afhangt van het soort gewas, de teeltomstandigheden, de teeltpraktijk (zoals het moment van bespuitingen) en de klimaatomstandigheden. Ten aanzien van insectenresistente gewassen zijn de gegevens over de invloed op het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen meer eenduidig. De meeste studies laten zien dat het gebruik van insecticiden in insectenresistente gg-gewassen afneemt.

### *Risico's van gg-gewassen in Nederland hoofdzakelijk economische van aard*

Voordat een gg-gewas commercieel verkocht en geteeld mag worden, vinden uitgebreide veiligheidstesten plaats. Het gewas en de producten worden uitvoerig getest op voedsel-

veiligheid en milieuveiligheid. Toelating is alleen mogelijk als de betrokken instanties en experts van mening zijn dat de risico's verwaarloosbaar klein zijn.

De risico's voor de Nederlandse landbouw lijken daardoor hoofdzakelijk economisch van aard. De teelt van gg-gewassen kan door vermenging en uitkruising leiden tot contaminatie van conventionele of biologische teelt en haar producten. De vermenging van producten kan tot economische schade voor betrokken telers en de verwerkende industrie leiden, omdat zij beperkt worden in hun afzetmogelijkheden. Ook kan de keuzevrijheid van de consument worden beperkt. Goede afspraken om wederzijdse aansprakelijkheid te voorkomen zijn daarom noodzakelijk. In Nederland is hiermee een begin gemaakt door het opstellen van het 'Convenant coëxistentie Primaire sector'. De onderhandelingen over onder meer het schadefonds lijken echter in een impasse te zijn beland.

#### *Huidige gg-gewassen niet interessant voor Nederland*

Momenteel worden er geen gg-gewassen geteeld die vanuit een milieu- of economisch oogpunt, interessant zijn voor de Nederlandse landbouw. Katoen en soja kunnen niet in Nederland geteeld worden. De koolzaadteelt in Nederland is zeer bescheiden. De maïsteelt in Nederland heeft een geringe toegevoegde economische waarde en de maïswortelkever waartegen de meeste gg-maïs resistent is, komt niet voor in Nederland. Dit kan in de toekomst veranderen aangezien dit insect zich steeds verder binnen Europa verspreidt.

De thans beschikbare gg-gewassen zijn akkerbouwgewassen, terwijl het economische zwaartepunt van de Nederlandse landbouwsector ligt in het tuinbouwcluster, de veredeling en de zaai- en pootgoedsector. Op dit moment worden er wereldwijd echter nauwelijks gg-tuinbouwgewassen geteeld. Of er op afzienbare termijn nieuwe voor Nederland interessante gg-tuinbouwgewassen op de markt komen, is moeilijk voorspelbaar en afhankelijk van verschillende factoren, zoals economische haalbaarheid (toelatingskosten) en consumenten-acceptatie.

#### *Nieuwe gewassen bieden kansen voor de Nederlandse landbouw*

In de nabije toekomst komen er mogelijk interessante gg-gewassen voor de Nederlandse landbouw beschikbaar. Binnen twee tot tien jaar worden gg-aardappelen verwacht met een veranderd zetmeelgehalte (amylose-vrij) voor industriële verwerking. Daarnaast wordt op dezelfde termijn een gg-aardappel verwacht met een phytophthoresistente eigenschap. Deze eigenschappen zijn zowel vanuit milieu- als economisch oogpunt interessant. Nederland neemt op het gebied van aardappelteelt een belangrijke positie in op de wereldmarkt. De helft van het totale gebruik van gewasbeschermingsmiddelen in Nederland is gericht tegen phytophthora. Als deze aardappelen duurzaam resistent zouden zijn tegen phytophthora zou dit een forse reductie van het gewasbeschermingsmiddelengebruik tot gevolg kunnen hebben. Momenteel wordt er een studie uitgevoerd naar de mogelijke milieuvoordelen van de amylose-vrije aardappel zodat op korte termijn uitspraken kunnen worden gedaan over de eventuele milieubelasting. Andere gg-akkerbouwgewassen - zoals gg-maïs met veranderde samenstelling van inhoudsstoffen of schimmelresistente gg-tarwe - die op korte termijn beschikbaar komen voor teelt lijken minder kansen te bieden voor Nederland. De arealen in Nederland zijn te klein voor grootschalige akkerbouwproductie.

Daardoor zijn ook gg-gewassen die ontwikkeld worden met het oog op de productie van biobrandstoffen weinig interessant voor de Nederlandse teeltsituatie.

Vanuit economisch oogpunt zijn gewassen met een hoge toegevoegde waarde die op kleine arealen geteeld kunnen worden, interessant voor de Nederlandse landbouw. Gedacht kan worden aan farmaceutische gewassen (farmagewassen) en andere gewassen waarin hoogwaardige componenten geproduceerd worden. In hoeverre deze gewassen milieuvordelen kunnen bieden, moet nader onderzocht worden. Daarnaast is er de tendens om dergelijke producten te ontwikkelen voor teelt onder sterk ingeperkte omstandigheden zoals kassen of over te gaan tot productie met plantencellen in fermentoren.

#### *De ecologische voetafdruk van Nederland verkleinen*

Naast een omvangrijke export kent Nederland ook een aanzienlijke import van landbouwproducten. Veel voedselproducten worden geïmporteerd, zoals granen, en groentes en fruit. Nederland importeert daarnaast grote hoeveelheden veevoeder, zoals maïs en sojaschroot ten behoeve van de veehouderij. Bij de afweging of gg-gewassen kunnen bijdragen aan een duurzame landbouw moet daarom niet alleen naar de Nederlandse teeltpraktijk gekeken worden, maar moeten ook de eventuele milieuvordelen of -nadelen in het producerende land meegenomen worden. Hierover kunnen echter geen generieke uitspraken gedaan worden. Dit kan alleen per gewas, eigenschap en het producerende land bekeken worden.

#### *Veredelingsbedrijfsleven staat voor keuze over toepassing genetische modificatie*

Nederland is niet alleen een importeur en exporteur van grote hoeveelheden landbouwproducten, ook is ons land een grote speler in de (tuinbouw)veredeling. De door Nederlandse veredelingsbedrijven ontwikkelde gewassen worden wereldwijd verkocht en geteeld. Daarmee is het Nederlandse veredelingsbedrijfsleven een belangrijke 'actor' in het streven naar een duurzame landbouw. Door verdelingsbedrijven in de Verenigde Staten en Azië wordt volop ingezet op genetische modificatie. Het Nederlandse bedrijfsleven staat voor de vraag of zij ook genetische modificatie moet opnemen in haar veredelingsprogramma's en wat een dergelijke keuze betekent voor de concurrentiepositie op de mondiale markt. De besluitvorming in de EU en de inzet van de Nederlandse overheid in het Europese debat zijn hierbij van grote invloed op de mogelijkheden en keuzes van het bedrijfsleven. Het is voor het Nederlandse bedrijfsleven ook van groot belang dat er binnen Europa duidelijkheid ontstaat over de status van planten die ontwikkeld zijn met behulp van nieuwe plantenbiotechnologische technieken geënt op genetische modificatie.

Nederland is er in dit kader bij gebaat dat de Europese toelatingsprocedures voor gg-gewassen gestroomlijnd worden. Het verkrijgen van een besluit over een vergunning-aanvraag voor commerciële toelating van een ggo in de EU is een tijdrovend proces. Verkorting van de tijdsduur door stroomlijning van de procedure kan tot een aanzienlijke verlaging van de kosten leiden zonder dat daarmee de veiligheid voor mens en milieu in het geding hoeft te komen. Vooral kleinere en middelgrote bedrijven, zoals veel Nederlandse veredelingsbedrijven, zijn gebaat bij een verlaging van de toelatingkosten die thans alleen door grote multinationals gedragen kunnen worden. Ook de transparantie van de besluit-

vorming voor het publiek is gebaat bij heldere en snelle procedures, die zich niet jaren voortslepen.



## Inhoudsopgave

<b>SAMENVATTING</b>	<b>3</b>
<b>1 INLEIDING</b>	<b>9</b>
<b>2 TRENDS EN ONTWIKKELINGEN OP HET GEBIED VAN GG-GEWASSEN</b>	<b>13</b>
2.1 MONDIALE TEELT VAN GG-GEWASSEN	13
2.2 GG-GEWASSEN IN DE PIJPLIJN	16
2.3 TRENDS IN DE ONTWIKKELING VAN NIEUWE GG-GEWASSEN	17
2.4 ROL MAATSCHAPPELIJKE ACCEPTATIE GENETISCHE MODIFICATIE	18
2.5 TOELATINGSKOSTEN BIJ INTRODUCTIE GG-GEWASSEN OP DE MARKT	19
2.6 MOGELIJKE OMSLAG IN EUROPA?	20
<b>3 MILIEU-ASPECTEN VAN GG-GEWASSEN; KANSEN EN BEPERKINGEN</b>	<b>23</b>
3.1 GG-GEWASSEN EN GEWASBESCHERMING	24
3.1.1 <i>Gewasbeschermingsmiddelen</i>	24
3.1.2 <i>Teeltpraktijk</i>	30
3.1.3 <i>Opbrengst</i>	31
3.1.4 <i>CO<sub>2</sub>-uitstoot</i>	31
3.2 GG-GEWASSEN, STRESS-TOLERANTIE EN ANDERE AGRONOMISCHE EIGENSCHAPPEN	31
3.3 GG-GEWASSEN, INDUSTRIËLE VERWERKING EN BIOBRANDSTOFFEN	34
3.4 GG-GEWASSEN, GRONDSTOFFENPRODUCTIE EN FARMAGEWASSEN	36
3.5 GG-GEWASSEN EN BODEMSANERING	39
<b>4 RISICO'S VAN GG-GEWASSEN</b>	<b>43</b>
4.1 MILIEURISICO'S	43
4.2 COËXISTENTIE; KEUZEVRIJHEID EN ECONOMISCHE RISICO'S	44
<b>5 NEDERLANDSE LAND- EN TUINBOUW</b>	<b>45</b>
5.1 NEDERLANDSE LAND- EN TUINBOUW EN GENETISCHE MODIFICATIE	45
5.1.1 <i>Landbouwproductie en economisch belang</i>	45
5.1.2 <i>Nederlandse landbouw en gg-gewassen</i>	45
5.1.3 <i>Import van gg-producten in Nederland</i>	48
5.1.4 <i>Vooruitzichten</i>	48
5.2 RELEVANTIE GG-GEWASSEN VOOR TERUGDRINGEN MILIEUBELASTING IN NEDERLAND	49
5.2.1 <i>Schimmelresistente gewassen in de Nederlandse landbouw</i>	49
5.2.2 <i>Biobrandstoffenproductie in Nederland</i>	52
5.2.3 <i>Gg-gewassen als producent hoogwaardige stoffen</i>	53
5.2.4 <i>Bodemreinigende gg-gewassen in Nederland</i>	53
5.2.5 <i>Stresstolerante gg-gewassen in Nederland</i>	54
5.3 MONDIALISERING; DE ECOLOGISCHE VOETPRINT VAN NEDERLAND	55
<b>6 GG-GEWASSEN BUITEN EUROPA</b>	<b>57</b>
6.1 NOORD EN ZUID-AMERIKA; SCHAALVERGROTING VAN DE LANDBOUW	57
6.2 ONTWIKKELINGSLANDEN; GROEI GG-AREAAL EN MAATSCHAPPELIJK DEBAT	57
<b>7 CONCLUSIES</b>	<b>61</b>
<b>BIJLAGE 1</b>	<b>63</b>
<b>REFERENTIES</b>	<b>65</b>



## 1 Inleiding

De minister van VROM heeft de COGEM in september 2007 verzocht een signalering uit te brengen over de eventuele kansen van genetisch gemodificeerde (gg-) gewassen voor een duurzame ontwikkeling in de landbouw en hoe deze zich verhouden tot de risico's. Verder vraagt de minister om breder te kijken dan de Nederlandse situatie en ook de ontwikkelingen in andere landen, met name de ontwikkelingslanden, in beschouwing te nemen. Deze signalering zou binnen vier maanden afgerond en tot een voorlopig resultaat moeten leiden.

De vraag van de minister betreft een breed en complex onderwerp, dat een groot aantal deelvragen omvat. Veel van deze deelvragen zijn daarbij niet specifiek voor het onderwerp genetische modificatie. Wat onder 'een duurzame ontwikkeling van de landbouw' verstaan moet worden, is niet eenduidig te beantwoorden en is zeker in het kader van genetische gemodificeerde gewassen onderwerp van maatschappelijke discussie. Sommigen zijn van mening dat genetische modificatie en duurzame landbouw elkaar uitsluiten. Vaak wordt gepleit voor het schoeien van de landbouw op een radicaal andere leest. Anderen beschouwen een vermindering van het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen als duurzame ontwikkeling.

Als definitie voor duurzame ontwikkeling wordt vaak die van het Brundtland-rapport<sup>1</sup> gebruikt "een ontwikkeling die voorziet in de behoefte van de huidige generatie zonder daarmee voor toekomstige generaties de mogelijkheden in gevaar te brengen om ook in hun behoeften te voorzien". De Nederlandse overheid heeft het milieudeel van duurzame ontwikkeling nader gedefinieerd in het vierde Nationaal Milieubeleidsplan (NMP4). Hierin staat: "Het milieubeleid moet - hier en nu, maar ook elders en later - een bijdrage leveren aan een gezond en veilig leven, in een aantrekkelijke leefomgeving en te midden van een vitale natuur, zonder de aantasting van de wereldwijde biodiversiteit of de uitputting van natuurlijke hulpbronnen". Eerder concludeerde de 'Danish Council of Ethics' dat dergelijke definities wel erg breed en vaag zijn<sup>2</sup>.

De Nederlandse overheid heeft haar visie op het gebied van duurzame ontwikkeling verder uitgewerkt in het Actieprogramma Duurzame Daadkracht van 2003 waarin de afspraken die zijn gemaakt in 2002 op de *World Summit on Sustainable Development* zijn uitgewerkt. De activiteiten richtten zich daarbij op het op gang brengen van een ontwikkelingsproces waarin sociale, economische en ecologische gevolgen, zowel 'hier en nu' als 'daar' en 'later' in samenhang vorm krijgen. In 2006 is een nationale voortgangsrapportage uitgebracht en op EU niveau een herziene versie van de Europese Duurzaamheidsstrategie aangenomen. Het vorige kabinet heeft het besluit om een expliciete Nederlandse strategie voor duurzame ontwikkeling te formuleren over gelaten aan haar opvolger. In de Internationale Leefomgevingsagenda van de ministers Cramer en Verhagen (november 2007) wordt aangegeven dat uiterlijk in 2010 door de Nederlandse overheid duurzaamheid als zwaarwegend criterium mee zal worden genomen in al haar aankopen. Op EU niveau

wordt momenteel invulling gegeven aan instrumenten om eco-innovatie te bevorderen onder andere met behulp van het concept van *lead markets*.

Tegen deze achtergrond zullen ontwikkelingen meegenomen worden die passen in een duurzame landbouw, innovatief van karakter zijn en zo bijdragen aan de combinatie van economische groei en in standhouding van hoogwaardige werkgelegenheid en tegelijk bijdragen aan vermindering van de milieubelasting. Diverse aspecten van genetische modificatie zijn op dit moment nog te maatschappelijk omstrede om een generiek antwoord te kunnen geven op de vraag welke bijdrage ggo's bieden voor een duurzame landbouw.

In deze signalering wordt daarom geen mening uitgesproken of genetische modificatie al dan niet past binnen het concept van duurzame landbouw. Hoofdzakelijk is gekeken naar twee deelaspecten van duurzaamheid, namelijk de ecologische en economische gevolgen. Centraal stond de vraag of toepassing van gg-gewassen zou kunnen leiden tot een vermindering van milieubelasting en of deze toepassingen economisch haalbaar zijn.

Inherent aan deze aanpak is dat de onderhavige signalering een sterk technisch-wetenschappelijk karakter heeft. Grotendeels wordt voorbijgegaan aan de samenhang tussen politiek-economische, culturele en sociale aspecten en hun effecten op burger, consument, producent of milieu.

Ook aan het verzoek van de minister om breder te kijken dan Nederland kan in deze signalering maar beperkt gevolg worden gegeven. De gestelde termijn is te kort om bijvoorbeeld een volledige analyse te maken van de mogelijke voordelen die gg-gewassen de ontwikkelingslanden zouden kunnen bieden. Daarbij suggereert de noemer 'ontwikkelingslanden' ten onrechte dat deze landen over één kam te scheren zijn. Er zijn tussen deze landen grote politieke en culturele verschillen, evenals grote verschillen in klimatologische en geografische omstandigheden, landbouwsystemen, soort gewassen en de daarbij behorende teeltproblematiek.

Bij de totstandkoming van deze signalering is onder meer gebruik gemaakt van de Achtergrondstudies Trendanalyse Biotechnologie 2007<sup>3</sup>. In hoofdstuk 3 van de Achtergrondstudies wordt een beeld geschetst van de ontwikkelingen rond biotechnologie en plantaardige productie. Daarmee zijn de beide publicaties deels overlappend.

#### *Leeswijzer*

In deze signalering wordt een beeld geschetst van de huidige wereldwijde ontwikkelingen rond de teelt van gg-gewassen, zoals de grootte van het areaal en de soort gewassen die ontwikkeld en geteeld worden. Ook wordt ingegaan op enkele belangrijke factoren die bij genetische modificatie van planten eveneens een rol spelen zoals burger- en consumenten-acceptatie van gg-voedsel en gg-landbouw en de risico's van de teelt van gg-gewassen. Daarna wordt een overzicht gegeven van de gg-gewassen die in potentie een bijdrage kunnen leveren aan de vermindering van de milieubelasting en wordt een indicatie gegeven wanneer deze gewassen op de markt te verwachten zijn. Die huidige en toekomstige te

verwachten gg-gewassen met een potentieel milieuvoordeel worden daarna afgezet tegen de Nederlandse land- en tuinbouw. Hierbij worden ook economische perspectieven in ogenschouw genomen. Zo wordt een inschatting gemaakt waar gg-gewassen een bijdrage kunnen leveren aan een meer duurzame landbouw in Nederland.



## 2 Trends en ontwikkelingen op het gebied van gg-gewassen

Genetisch gemodificeerde gewassen zijn ontwikkeld en op de markt gebracht vanuit het oogpunt dat zij een voordeel bieden ten opzichte van conventionele gewassen. Genetische modificatie wordt door producenten of veredelaars toegepast om bepaalde eigenschappen in planten in te bouwen of als hulpmiddel om het veredelingsproces te versnellen. Anderzijds kunnen gg-gewassen een specifiek voordeel hebben voor de producent en in de toekomst wellicht ook voor de consument. Grofweg kunnen drie verschillende toepassingen worden onderscheiden:

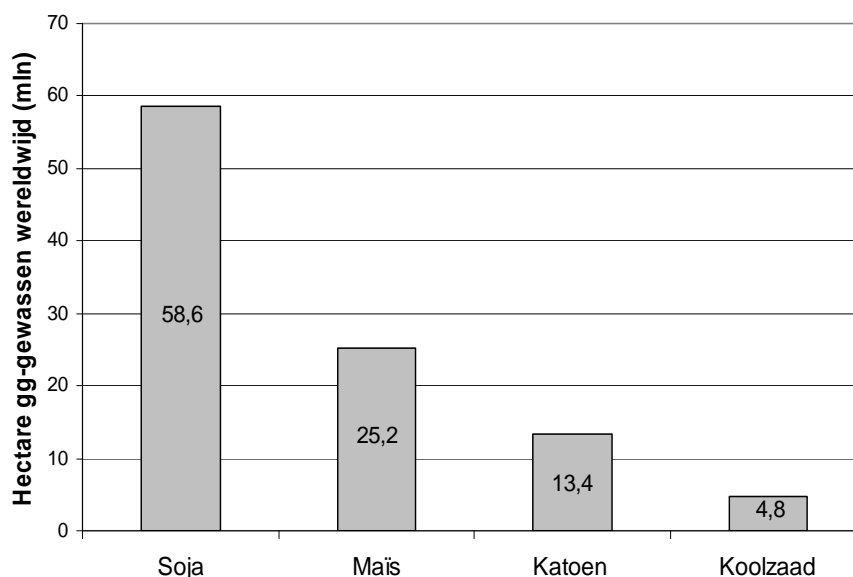
- 1) Genetische modificatie als middel om de veredeling te versnellen. In de veredeling wordt getracht om door middel van kruisingen tussen planten eigenschappen in te brengen in het uiteindelijke gewas. Dit kan een langdurig proces zijn, zeker wanneer het eigenschappen (genen) betreft die in plantensoorten voorkomen die niet direct kruisbaar zijn met het betreffende cultuurgewas. Ook het uitschakelen van genen in de plant valt hieronder. Uitschakelen van genen kan ook vaak via conventionele technieken bereikt worden of zelfs van nature optreden.
- 2) Met behulp van genetische modificatie kunnen geheel nieuwe eigenschappen ingebouwd worden in plantensoorten die via normale veredeling niet ingebouwd kunnen worden. Gedacht kan hierbij worden aan het inbouwen van genen uit niet verwante plantensoorten of micro-organismen.
- 3) Genetische modificatie kan als veredelingsstechniek gebruikt worden zonder dat een nieuwe eigenschap in de uiteindelijke plant wordt ingebouwd. De COGEM is hierop eerder ingegaan in haar signalering 'Nieuwe technieken in de plantenbiotechnologie'<sup>4</sup>. De gewassen die met behulp van dergelijke technieken ontwikkeld zijn, kunnen vaak op geen enkele wijze onderscheiden worden van conventionele veredelingsproducten. Of deze gewassen als ggo beschouwd moeten worden is een juridisch vraagstuk, dat samenhangt met de aard van de EU-regelgeving.

Gg-gewassen zijn echter ook omstreden. Tegenstanders zijn van mening dat er onzekerheden over de risico's en effecten van deze gewassen bestaan met name op de langere termijn. Daarnaast zijn ze van mening dat het twijfelachtig is of de gewassen daadwerkelijk voordelen bieden<sup>5</sup>.

### 2.1 Mondiale teelt van gg-gewassen

De afgelopen twintig jaar hebben gg-gewassen een enorme opmars doorgemaakt. Werden in 1986 de eerste veldproeven met gg-gewassen uitgevoerd, tien jaar later vond de eerste commerciële teelt plaats en weer tien jaar daarna bedroeg het areaal 102 miljoen hectare<sup>6</sup>. Dit betekent dat het areaal ongeveer met tien procent per jaar stijgt. Echter, teelt vindt slechts in een beperkt aantal landen plaats en ook het aantal gg-gewassen is zeer beperkt. Het grootste deel van de teelt van gg-gewassen vindt plaats in de Verenigde Staten, gevolgd door landen in Zuid-Amerika als Argentinië en Brazilië. Daarnaast vindt ook in Aziatische

landen zoals China en India teelt plaats. In Europa en Afrika, met uitzondering van Zuid-Afrika, vindt nauwelijks teelt plaats. Het huidige areaal gg-gewassen is wereldwijd grotendeels beperkt tot vier landbouwgewassen (zie figuur 2.1).



**Figuur 2.1:** Areaal vier belangrijkste gg-gewassen wereldwijd

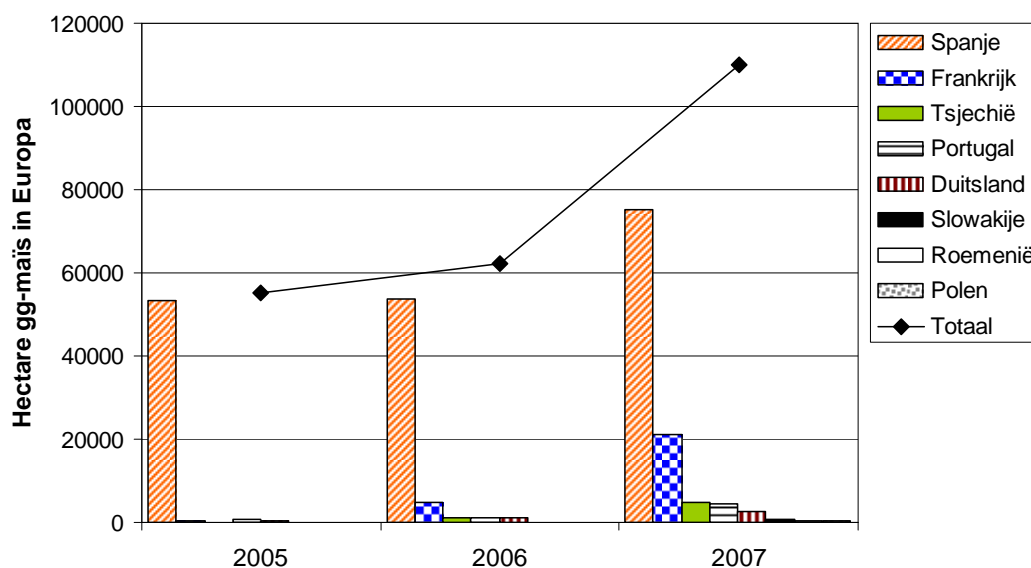
Bij de ontwikkeling van de eerste gg-gewassen stonden een verhoogde opbrengst en oogstzekerheid centraal. Dit heeft als resultaat dat de gg-gewassen die momenteel wereldwijd in grote aantallen op de akkers staan, bijna allemaal voorzien zijn van een eigenschap gericht op betere oogstzekerheid en daarmee tot een verhoogde opbrengst leidt, doordat bijvoorbeeld onkruiden beter kunnen worden bestreden en insectenschade kan worden voorkomen. Herbicidentolerante en insectenresistente eigenschappen nemen daarmee respectievelijk 68% en 19% van het areaal voor hun rekening in 2006. Ook een combinatie van beide eigenschappen komt vaak voor (13%)<sup>6</sup>. Minder dan 0,1% betreft andere eigenschappen zoals virusresistentie, een aangepaste bloemkleur, vertraagde vruchtrijping of een veranderde vetzuursamenstelling<sup>6</sup>.

### *Europa*

In tegenstelling tot Noord- en Zuid-Amerika vindt in Europa nog nauwelijks teelt van gg-gewassen plaats. Maïs is het enige gg-gewas dat commercieel geteeld wordt in de Europese Unie. Relatief gezien is de teelt van gg-maïs in 2007 sterk gestegen (zie figuur 2.2)<sup>7</sup>. Het totale Europese areaal bedraagt daarmee echter nog steeds slechts 0,1% van het totale mondiale gg-areaal<sup>7</sup>. Spanje is binnen de Europese Unie de grootste speler gevolgd door Frankrijk<sup>a</sup>, Tsjechië en Portugal. In Nederland worden nog geen gg-gewassen geteeld voor commerciële doeleinden. De in Europa verbouwde gg-maïs is voornamelijk bestemd voor veevoeder. Daarnaast wordt een klein deel gebruikt voor zetmeelproductie in de industrie.

<sup>a</sup> Sinds januari van dit jaar heeft de Franse regering echter besloten dat de teelt van de enige in Frankrijk toegelaten gg-maïslijn MON810, verboden is tot dat een herziening van de beoordeling voor toelating door de Europese autoriteiten heeft plaatsgevonden.





**Figuur 2.2:** Toename gg-maïs in Europa

Naast maïs is de teelt van een blauwe gg-anjer sinds 1997 toegestaan in de Europese Unie maar deze anjer wordt momenteel voor zover bekend niet in Europa geteeld. Verder staat de gg-aardappel ‘Amflora’ op het punt te worden toegelaten voor commerciële teelt in Europa. Het zetmeel van deze aardappel bestaat hoofdzakelijk uit amylopectine, dat gebruikt zal worden als grondstof in industriële toepassingen. Deze aardappel is niet bedoeld voor consumptie.

Onlangs zijn in de EU vergunningen afgegeven voor enkele maïs, koolzaad en suikerbiet variëteiten ten behoeve van de import en verwerking voor voedsel en veevoeder. Ook lopen er verschillende vergunningaanvragen waaronder een aanvraag voor een maïsvariëteit die ontwikkeld is met het oog op de toenemende bio-ethanolproductie. In de plant is een gen ingebouwd waardoor een enzym in de maïsplant zelf wordt geproduceerd dat maïszetmeel omzet in suikers die vervolgens in ethanol worden omgezet. Hierdoor hoeft bij de productie van bio-ethanol uit maïs dit enzym niet meer toegevoegd te worden<sup>8</sup>.

#### *Potentieel (economisch) voordeel belangrijkste reden snelle opmars gg-gewassen*

De snelle opmars van gg-gewassen wordt onder meer veroorzaakt doordat deze gewassen de boer (economische) voordelen lijken te bieden. Dit lijkt niet alleen te gelden voor grootschalige bedrijven in de Verenigde Staten en Zuid-Amerika, maar mogelijk ook voor kleine boeren in landen als India. Brookes en Barfoot<sup>24</sup> stellen dat het wereldwijde voordeel voor boeren van de teelt van gg-gewassen \$5,6 miljard bedroeg. Gg-soja zou hierbij boeren de grootste groei in inkomen bieden. Dit komt voornamelijk voort uit het feit dat conventionele soja herbiciden duur zijn en aanzienlijk minder toepassingsmogelijkheden hebben. Hoewel in de landen (Verenigde Staten en Zuid-Amerika) met de grootste arealen gg-gewassen sprake is van grootschalige teelt met grote bedrijven, kunnen gg-gewassen ook

interessant zijn voor kleinere boerenbedrijven. Uit berekeningen blijkt dat voor landen als België en Spanje de economische voordelen grotendeels bij de boer terecht komen<sup>9,119</sup>. De grootte van de bedrijven is in dit soort landen aanzienlijk kleiner dan in de Verenigde Staten of Zuid-Amerika.

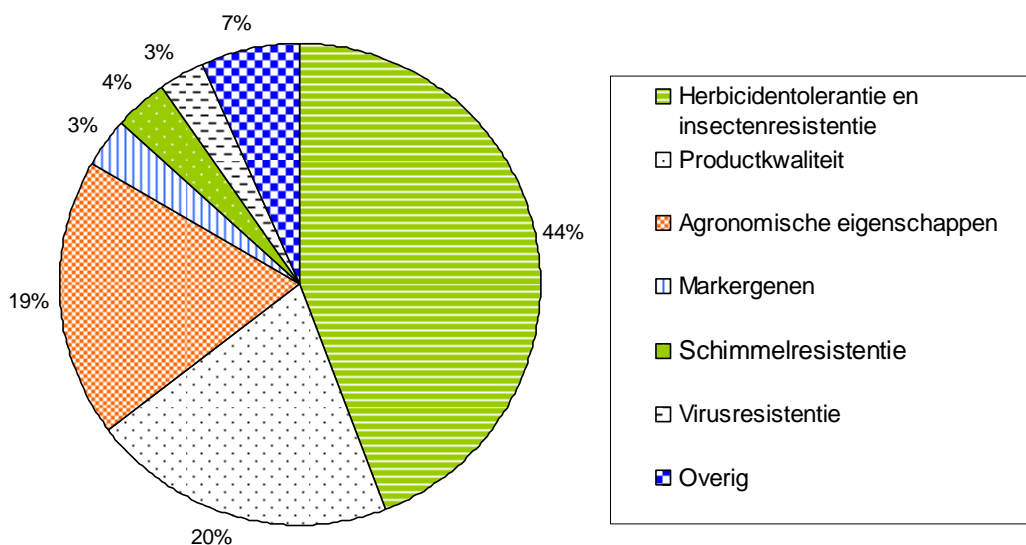
De snelle adaptatie van gg-katoen in landen als India en China, wordt toegeschreven aan de voordelen die insectenresistente katoen de boer biedt. Het gewas kan een grotere oogstzekerheid bieden en leiden tot een reductie in het gebruik van insecticiden. In katoen wordt intensief gespoten met vaak zeer milieubelastende en ook voor de boer en arbeiders gevaarlijke middelen tegen de 'pink bollworm'. De gg-katoen biedt de boer economisch voordeel omdat hij geen bespuitingen meer hoeft uit te voeren. Daarnaast zou een vermindering van het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen beter zijn voor het milieu en beter voor de gezondheid en de veiligheid van landbouwarbeiders en boerenbevolking. Gg-katoen is verder interessant voor boeren omdat de dreiging van verlies van afzetmarkten minder speelt. De weerstand bij burger en consument in vooral Europa betreft hoofdzakelijk voedingsmiddelen.

Dat gg-gewassen boeren, en zeker kleine boeren in ontwikkelingslanden, voordelen zou bieden wordt overigens fel bestreden<sup>10</sup>. Gesteld wordt dat gg-gewassen niet de voordelen bieden die door de veredelingsbedrijven geschilderd worden. Zo zouden de gg-gewassen geen hogere oogstzekerheid bieden of leiden tot een reductie van gewasbeschermingsmiddelen. Ook wordt gewezen op afzetproblemen voor gg-producten. Daarbij zijn zaden van gg-gewassen over het algemeen duurder dan conventionele gewassen. Tegenvallende opbrengsten kunnen met name kleine boeren in ontwikkelingslanden in hun bestaansrecht bedreigen. De opmars van gg-gewassen wordt aan agressieve reclamecampagnes toegeschreven en niet aan feitelijke voordelen die de gewassen bieden. Het is echter de vraag of de teelt van gg-gewassen een dergelijke opgang zouden hebben kunnen maken als ze de boer geen voordelen zouden bieden. Het type van gewas dat een boer besluit te telen wordt grotendeels bepaald door de economische perspectieven, zowel in ontwikkelingslanden als in andere landen.

## **2.2 Gg-gewassen in de pijplijn**

Lopende vergunningaanvragen voor import en markttoelatingen geven een goed beeld van de gewassen die op zeer korte termijn op de markt verschijnen. Veldproeven met gg-gewassen die momenteel worden uitgevoerd geven daarnaast een goede indicatie van de ontwikkelingen die op de langere termijn te verwachten zijn.

De COGEM heeft recent een inventarisatie uitgevoerd van veldproeven die wereldwijd worden uitgevoerd<sup>11</sup>. Uit deze inventarisatie blijkt dat een aanzienlijk aantal gewassen momenteel getest wordt. Naast voedingsgewassen, waaronder noten, vruchten en granen, zijn ook tuinplanten, (snij)bloemen, bomen en grassen terug te vinden in veldproeven. Insectenresistente en herbicidentolerante eigenschappen worden hierbij nog steeds het meest in de planten ingebouwd (zie figuur 2.3). Ook aan andere resistenties zoals schimmel- en virusresistentie wordt, zij het in mindere mate, gewerkt. Daarnaast wordt aandacht besteed aan de verbetering van de productkwaliteit en de agronomische eigenschappen. Hierbij



**Figuur 2.3:** Verdeling veldproeven naar eigenschap gg-gewassen wereldwijd

dient te worden opgemerkt dat een adequaat beeld te verkrijgen is van de situatie in de ‘westerse wereld’ terwijl de status van veldproeven in Azië, Zuid-Amerika en Afrika minder goed gedocumenteerd is.

### 2.3 Trends in de ontwikkeling van nieuwe gg-gewassen

Verreweg de meeste veldproeven (67%) vinden plaats in de Verenigde Staten waaruit kan worden afgeleid dat hier ook de meeste gg-gewassen ontwikkeld worden. Wanneer een vergelijking gemaakt wordt tussen de veldproeven tot en vanaf 2006 valt op dat tegenwoordig meer aandacht besteed wordt aan agronomische eigenschappen en ‘stacked traits’ (meerdere eigenschappen in één plant) en minder aan insectenresistentie en herbicidentolerantie<sup>11</sup>.

Het introduceren van een specifieke eigenschap in een plant door middel van genetische modificatie is echter niet altijd het einddoel van de toepassing van deze technologie. Het komt steeds vaker voor dat genetische modificatie als tussenstap in het veredelingsproces gebruikt wordt. Hierop wordt nader ingegaan in paragraaf 3.2.

Maïs blijft overigens veruit het meest favoriete gewas bij de veredelaars (43%). Gg-gewassen in opkomst zijn soja en bomen zoals populier en eucalyptus. De gg-bomen worden vooral ontwikkeld met het oog op toepassing in de bio-energiesector. Het is de verwachting dat deze verschuiving in de toekomst ook te zien zal zijn in de gewassen die op de markt zullen verschijnen. Tenslotte moet opgemerkt worden dat de ontwikkeling van een gg-gewas geen garantie geeft dat een gewas ook daadwerkelijk op de markt verschijnt. In het gehele traject spelen naast veiligheid ook economische en maatschappelijke afwegingen een essentiële rol.

## 2.4 Rol maatschappelijke acceptatie genetische modificatie

De redenen voor het achterblijven van teelt in Europa lijken grotendeels te liggen in de maatschappelijke weerstand tegen gg-voedsel in de EU. Terwijl de Europese burger en consument positief staan ten opzichte van biotechnologie in medische en industriële toepassingen, staan zij ronduit negatief tegenover gg-voedsel.

In opdracht van de Europese Commissie wordt elke drie jaar de mening van de Europese burger over biotechnologie in kaart gebracht. De laatste van deze Eurobarometers is in 2005 uitgevoerd<sup>12</sup>. In deze zesde peiling zijn 25.000 mensen verdeeld over de vijftientig lidstaten bevraagd over hun mening over verschillende aspecten van biotechnologie. Uit deze peiling kwam naar voren dat Europeanen optimistischer en beter geïnformeerd zijn over biotechnologie dan voorheen. De weerstand tegen gg-voedsel lijkt echter gestegen. 60% van de geïnterviewden was van mening dat de ontwikkeling van gg-voedsel niet gestimuleerd moest worden, omdat het moreel niet acceptabel, niet nuttig of te risicovol was. Slechts 27% gaf aan gg-voedsel te zullen kopen. Dit percentage steeg echter tot 56% indien gg-voedsel gezonder zou zijn. In Nederland was dit zelfs 71%. Op de vraag of men gg-voedsel zou kopen indien dit goedkoper was dan 'gewoon' voedsel antwoordde 37% met ja.

De bevindingen van de Eurobarometer worden ondersteund door andere incidentele peilingen. Bij diverse enquêtes komt naar voren dat industriële en medische toepassingen van biotechnologie positief en voedsel toepassingen negatief beoordeeld worden door het publiek. Toch moeten de uitslagen van dit soort peilingen met de nodige scepsis betracht worden, zeker als het gaat om koopintenties. Bij geïnterviewden bestaat onder meer de neiging tot het geven van 'politiek correcte' antwoorden. Voor Nederland is bekend dat de prijs van producten een van de belangrijkste beweegredenen is om deze producten daadwerkelijk te kopen. Etikettering, waaruit afgeleid kan worden of een product genetisch gemodificeerd is, wordt in de praktijk nauwelijks gelezen<sup>13,14</sup>. Op dit moment liggen er nauwelijks gg-voedselproducten in de winkelschappen en zijn er geen gegevens over verkoop beschikbaar. Derhalve kunnen de gegevens uit interviews en peilingen niet geverifieerd worden.

In de laatste Eurobarometer is niet gekeken naar de houding en mening van burgers over de teelt van gg-gewassen. Dit is wel onderzocht in de peiling van 2002<sup>15</sup>. Hieruit bleek dat de steun voor gg-landbouw groter was dan die voor gg-voedsel. In dit geval wordt onder gg-landbouw verstaan een landbouw waarbij genetische modificatie wordt toegepast om een hogere opbrengst te verkrijgen zoals het voorkomen van schade door insecten of ziekten. Bij gg-voedsel kan gedacht worden aan voedsel waarvan de eigenschappen veranderd zijn om deze van andere kenmerken te voorzien die mogelijk aantrekkelijk zijn voor de consument zoals kleur en smaak, maar ook het toevoegen van gezondheidsbevorderende stoffen. De risico's werden als kleiner geschat en ook de morele toelaatbaarheid en het nut werden positiever beoordeeld. Hieruit komt ondermeer naar voren dat de Europese burger zich mogelijk vooral laat leiden door de perceptie over de risico's voor de menselijke gezondheid.

De strenge regelgeving in Europa en de daarmee gepaard gaande uitvoerige testen op voedsel- en milieuveiligheid en de afwezigheid van schadelijke incidenten met gg-voedsel, lijken de Europese burger niet op andere gedachten te brengen. Hoewel onduidelijk is of consumenten daadwerkelijk geen gg-producten kopen, zijn fabrikanten en detailhandel uit voorzorg overgestapt op niet gg-producten. Het aantal gg-voedselproducten in de winkelschappen is de afgelopen jaren gestaag gedaald. Voor producenten en detailhandel is het tot nu toe vrij eenvoudig om tegen dezelfde kostprijs gebruik te maken van niet gg-producten. Zoals onder meer in de Trendanalyse Biotechnologie 2007<sup>16</sup> wordt gesignaleerd zou dit in de toekomst kunnen omslaan.

## 2.5 Toelatingskosten bij introductie gg-gewassen op de markt

Eén van de belangrijkste redenen dat teelt van genetische modificatie tot op heden beperkt is gebleven tot vier akkerbouwgewassen zijn de hoge kosten die zijn gemoeid met de ontwikkeling en toelating van een gg-gewas.

De toelating voor teelt of import van gg-gewassen is overal ter wereld streng gereguleerd. De meeste landen hanteren daarbij een nulgrens voor vermenging met niet-toegelaten ggo's. Dit betekent dat een wereldwijde toelating noodzakelijk is om schadeclaims ten gevolge van vermenging met niet-toegelaten ggo's te voorkomen. De aanwezigheid van niet-beoordeelde ggo's of van niet-toegelaten ggo's ten gevolge van onbedoelde vermenging in partijen leidt dan tot importverboden en vernietiging van het product. De consequentie hiervan is dat producenten hun producten in alle belangrijke afzetgebieden voor toelating aanmelden. Onafhankelijk van het feit of men daadwerkelijk van plan is om het product daar te importeren of als zaaigoed te verkopen. Op deze wijze wordt voorkomen dat onbedoelde vermenging leidt tot vernietiging van geïmporteerd materiaal en aansprakelijkheidsclaims.

De kosten van een toelatingsdossier zijn hoog. Ze worden verder verhoogd omdat de dossiervereisten voor de verschillende landen uiteenlopen. De kosten voor het verkrijgen van wereldwijde toelating overstijgen hierdoor vaak de ontwikkelingskosten van het gewas. Als totale kosten voor toelating worden bedragen tussen de zeven en vijftien miljoen euro genoemd<sup>17</sup>. De COGEM laat in 2007/2008 een onderzoek uitvoeren om een beter onderbouwd beeld te krijgen van de dossierkosten voor toelating van een gg-gewas. Boven twijfel verheven is dat het om zeer aanzienlijke bedragen gaat. Door de hoge kosten kunnen alleen grote bedrijven het zich veroorloven gg-gewassen te ontwikkelen en op de markt te zetten. Verder zijn de kosten alleen terug te verdienen bij grootschalige teelt over meerdere jaren, en mits de teler bereid is een meerprijs te betalen voor de zaden of het pootmateriaal. Hierdoor worden kleinere minder kapitaalkrachtige bedrijven uitgesloten en blijft de teelt beperkt tot wereldwijd grootschalig verbouwde gewassen, zoals maïs, soja en katoen. Voor kleinere gewassen zoals groenten is het nauwelijks denkbaar dat de dossierkosten voor toelating terugverdiend kunnen worden.

Een onbedoeld effect van de regelgeving voor gg-gewassen is dat schaalvergroting van de landbouw in de hand wordt gewerkt. Tevens wordt de introductie van gg-gewassen hierdoor belemmerd.

## 2.6 Mogelijke omslag in Europa?

De prijs van maïs stijgt door een groeiende vraag naar bio-ethanol. Ook soja wordt gebruikt voor de productie van bio-brandstoffen. Met het stijgen van de prijzen en de garantie van een afzetmarkt wordt het voor sommige boeren interessanter om gg-gewassen te gaan verbouwen. Hierdoor kan het aandeel niet-gg-producten dalen, waardoor de prijs relatief meer zal stijgen. Indien de levensmiddelenproducenten en detailhandel hun producten tegen een gelijkblijvende prijs willen blijven aanbieden, wordt een overstap naar de goedkopere gg-producten mogelijk noodzakelijk.

Het toenemende areaal gg-gewassen en daarmee de hoeveelheid gg-producten in de keten leidt steeds vaker tot onbedoelde vermengingen. Regelmatig is de afgelopen tijd melding gemaakt van vermengingen van scheepsladingen maïs of rijst met in Europa niet toegelaten ggo's. Deels betrof het ggo's die in Europa wel in de toelatingsprocedure zaten maar nog niet beoordeeld waren en deels betrof het ggo's die niet voor toelating aangemeld waren. In de toekomst zal het aantal incidenten naar verwachting stijgen. Opvallend is tot hoe weinig reacties deze incidenten in Nederland hebben geleid. In de media is hiervan weliswaar melding gemaakt en actiegroepen hebben tot acties en protesten opgeroepen, maar bij het grote publiek heeft dit weinig weerklank gevonden. Blijkbaar is er vertrouwen dat de overheid de voedselveiligheid voldoende waarborgt. Mogelijk ebt de weerstand van burger en consument tegen gg-voedsel ook weg tot een niveau waarop men gg-voedsel alleen passief afwijst.

Inmiddels worden gg-maïs en gg-soja al op grote schaal geïmporteerd als veevoeder, zonder dat dit op grote maatschappelijke weerstand lijkt te stuiten. De ggo-vrije sector heeft echter in toenemende mate problemen om ggo-vrije verklaringen van toeleveranciers te verkrijgen en moeten specifieke maatregelen nemen om ggo-vrij veevoer te verkrijgen<sup>18</sup>. In Frankrijk is sinds 2007 een politieke omslag in meer afwijzende richting te constateren.

Het Nederlandse veredelingsbedrijfsleven heeft zich de afgelopen jaren teruggetrokken uit de ontwikkeling van gg-gewassen. Het Europese *de facto* moratorium en de geringe kansen voor de afzet van gg-gewassen op de Europese markt waren hierbij doorslaggevend. Ook het onderzoek naar genetische modificatie in de landbouw is op een lager pitje komen te staan. Nederland heeft hiermee haar eens leidende positie in dit gebied verloren.

Toch begint het Nederlandse bedrijfsleven weer voorzichtig belangstelling te krijgen voor genetische modificatie en lijkt er een kentering plaats te vinden. Hiervoor zijn een aantal redenen aan te wijzen. Ten eerste is er de overname van het Amerikaanse verdelingsbedrijf Seminis door het biotechnologiebedrijf Monsanto. Seminis is marktleider in het marktsegment groenten en tuinbouwproducten, waarin de meeste Nederlandse bedrijven ook opereren. De overname kan betekenen dat Monsanto kansen ziet voor toepassing van

genetische modificatie in deze sector. Daarnaast openen Nederlandse veredelingsbedrijven steeds meer vestigingen waaronder ook in het buitenland. Ten tweede worden er vooral in de Verenigde Staten producten ontwikkeld waaraan door de producenten gezondheidsclaims verbonden worden, zoals veranderde gehalten aan linolzuur of verhoogde gehalten aan omega-3 vetzuren. Dit zou betekenen dat er in de nabije toekomst gg-voedsel aangeboden zal worden met een gezondheidsvoordeel voor de consument. Velen in het bedrijfsleven denken dat dit de weerstand bij de consument tegen gg-producten zal doen afnemen. Ten derde begint het onderscheid te vervagen tussen genetische modificatie en andere technieken. Er zijn nieuwe technieken ontwikkeld binnen de conventionele veredelingspraktijk waarvan onduidelijk is of ze wel of niet onder het wettelijke kader van genetische modificatie vallen. Daarnaast is het mogelijk om genetische modificatie toe te passen zonder dat het eindproduct, de plant, genetisch gemodificeerd is. De COGEM heeft hier onlangs in een signalering<sup>4</sup> en in de Trendanalyse Biotechnologie 2007 aandacht aan besteed. Het bedrijfsleven ziet hierdoor zowel in de randgebieden rond genetische modificatie als in de toepassing van genetische modificatie kansen om hun veredelingsproces te versnellen.

Of, en zo ja wanneer er een kentering zal optreden in de publieke opinie over gg-landbouw en gg-voedsel is moeilijk te voorspellen. Echter het bedrijfsleven lijkt voorzichtig te anticiperen op een veranderende houding. De in deze paragraaf geschetste elementen spelen hierbij een sleutelrol.





### 3 Milieu-aspecten van gg-gewassen; kansen en beperkingen

In dit hoofdstuk worden de milieuaspecten van verschillende gg-gewassen onder de loep genomen. Veel genoemd worden (1) minder gewasbeschermingsmiddelen gebruik tijdens de teelt, (2) verlaging van de landbouwdruk op vruchtbare gronden door aanpassing van agronomische eigenschappen waaronder verhoging van de stresstolerantie van gewassen en (3) minder milieubelastende procescondities. Hierbij is een indeling gemaakt naar de eigenschappen van gg-gewassen die momenteel of in de (nabije) toekomst ergens ter wereld op de markt komen. Per eigenschap is een inventarisatie gemaakt van de momenteel beschikbare gewassen en wordt gekeken naar de milieugevolgen van deze gewassen waarbij zowel de voordelen als de beperkingen aan de orde komen.

#### Snellere ontwikkeling van duurzame resistenties in landbouwgewassen

Een aantal genetisch gemodificeerde landbouwgewassen die in ontwikkeling zijn kunnen ook verkregen worden door middel van conventionele veredeling. Zo zijn er met conventionele veredelingsstechnieken een aantal appelrassen ontwikkeld die een schurftresistente eigenschap bevatten. Daarnaast zijn er ook voor aardappel een aantal rassen beschikbaar gekomen die resistent zijn tegen *P. infestans*, een veel voorkomende aardappelziekte.

De ontwikkeling van deze rassen kan een langdurig traject zijn. De ontwikkeling van een schurftresistente appel is rond 1950 in de Verenigde Staten begonnen en heeft na ruim 50 jaar enkele appelrassen opgeleverd die over een monogene (enkelvoudige) schurftresistentie beschikken. Ook in de biologische landbouw zijn een aantal schurftresistente appelrassen in omloop. Vanuit deze veredelingsprocessen worden de komende jaren nog meer rassen verwacht die beschikken over een zekere mate van ziekteresistentie.

Bij aardappel zijn verschillende rassen ontwikkeld met behulp van conventionele veredeling die een monogene resistentie bezitten tegen *P. infestans*. De gebruikte resistentiegenen zijn afkomstig uit wilde aardappel en werden in de jaren 60/70 ontdekt. Hieruit zijn een aantal nieuwe aardappelrassen voortgekomen die in 2007 hun entree op de markt hebben gemaakt. Het onderzoek naar resistenties in de conventionele veredeling kent een lange geschiedenis en is een continu proces. Verwacht wordt dat hier de komende jaren nieuwe aardappelvariëteiten uit voortkomen.

Omdat monogene resistenties eenvoudig doorbroken kunnen worden, gaat de aandacht uit naar de ontwikkeling van polygene (meervoudige) resistenties. Wanneer echter nieuwe resistentiegenen ontdekt worden; zal het wederom enkele decennia, en bij polygene resistenties nog langer, duren voordat via conventionele veredeling verkregen rassen op de commerciële markt verschijnen. Met behulp van genetische modificatie kan een gen, of een stapeling van genen, direct worden ingebouwd waarmee het ontwikkelingsproces van ziekteresistente variëteiten versneld kan worden. Tijdwinst is een belangrijke factor in het ontwikkelingsproces van nieuwe gewassen die mogelijke milieuvordelen kunnen hebben zoals een vermindering van het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen.

### 3.1 Gg-gewassen en gewasbescherming

Zowel in de akkerbouw als in de tuinbouw worden verschillende chemische gewasbeschermingsmiddelen gebruikt om gewassen te beschermen. Toepassing van deze middelen levert in veel gevallen een aanzienlijke milieubelasting op. Indien er minder gewasbeschermingsmiddelen worden toegepast zou dit tot een milieuverbetering kunnen leiden. Een veel genoemd voorbeeld waar gg-gewassen kunnen bijdragen tot een vermindering van de milieubelasting ligt dan ook bij de beperking van het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen. Daarnaast wordt tegenwoordig geclaimd dat deze gewassen indirect bijdragen aan een afname van de CO<sub>2</sub>-uitstoot door een veranderende landbouwpraktijk en doordat minder frequent gewasbeschermingsmiddelen worden toegepast.

#### *Nu op de markt*

Herbicidentolerantie en insectenresistentie zijn tot op heden vrijwel de enige ingebouwde eigenschappen die te vinden zijn bij gg-gewassen die commercieel geteeld worden. Ook een combinatie van beide eigenschappen komt vaak voor<sup>6</sup>.

#### *In de pijplijn*

Veel van de gg-gewassen die thans in veldproeven getest worden zijn eveneens voorzien van herbicidentolerantie of insectenresistentie. In veldproeven worden naast het veelvuldig gebruikte *Bacillus thuringiensis* (Bt)-gen, verantwoordelijk voor insectenresistentie, ook andere genen getest. Chinese onderzoekers hebben bijvoorbeeld een trypsine-remmend gen ingebouwd om resistentie tegen het plaaginsect rijstboorder te verkrijgen<sup>19,20,21</sup>. Sinds 2001 vinden in China veldproeven met beide soorten insectenresistente gg-rijst plaats. Momenteel bevinden de Chinese veldproeven zich in het laatste stadium voor commercialisering<sup>22</sup>.

Andere ziekteresistenties waaraan gewerkt wordt, zijn schimmel-, bacterie- en virusresistentie. Een voorbeeld hiervan is te vinden in de zogenaamde phytophthoraresistente aardappel. Deze aardappel is door introductie van enkele resistentiegenen afkomstig uit wilde aardappelsoorten minder gevoelig voor de aardappelziekte *P. infestans*. Aardappelziekte is een veel voorkomende ziekte, die ook in Nederland aanzienlijke schade kan toebrengen aan de aardappelteelt. De jaarlijkse kosten door schade van deze ziekte worden wereldwijd geschat op enkele miljarden dollars<sup>23</sup>. Aardappeltelers gebruiken grote hoeveelheden fungiciden om een phytophthora-infectie te voorkomen, in ons land wordt gemiddeld in één seizoen tot twintig keer gespoten. De frequentie is de laatste tien jaar toegenomen omdat de ziekte agressiever is geworden. De verwachting is dat met behulp van genetisch gemodificeerde aardappelen het fungicidengebruik in de aardappelteelt drastisch verminderd kan worden.

#### 3.1.1 Gewasbeschermingsmiddelen

In gg-gewassen zal het gewasbeschermingsmiddelengebruik over het algemeen veranderen wanneer agronomische eigenschappen als insectenresistentie en herbicidentolerantie worden ingebouwd. Of de teelt van gg-gewassen met deze eigenschappen leidt tot meer of minder

gebruik van gewasbeschermingsmiddelen hangt sterk af van het soort gg-gewas en de landbouwpraktijken die worden toegepast. Per gewas bestaan bovendien grote verschillen in de diversiteit en in de grootte van de plaagdruk c.q. onkruiddruk.

Brookes en Barfoot onderzochten de impact van gg-gewassen op het gewasbeschermingsmiddelengebruik. Zij gebruikten hiervoor verschillende databronnen die wereldwijd verzameld waren in de periode 1996 - 2004. Ze kwamen tot de conclusie dat de opkomst van gg-gewassen wereldwijd tot een reductie van 6% van de totale hoeveelheid gebruikte gewasbeschermingsmiddelen had geleid<sup>24</sup>. Dit getal is een gemiddelde waarde van een reductie van 2,5% bij herbicidentolerante gewassen en een reductie van 14,7% bij insectenresistente gewassen.

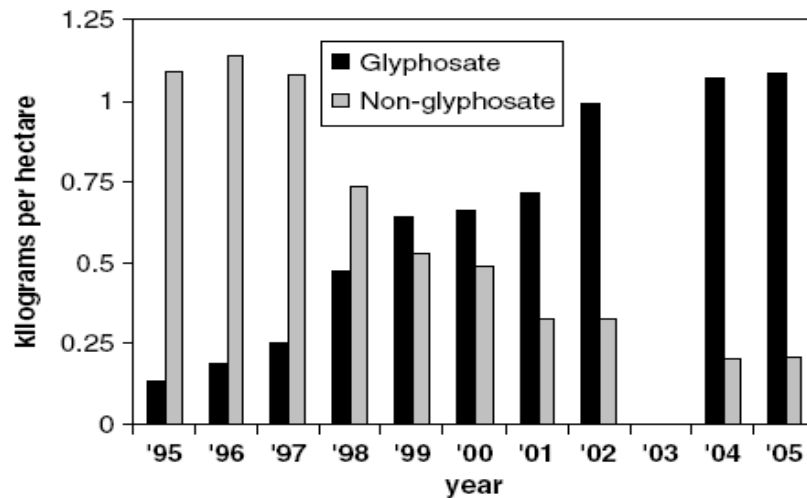
#### Herbicidentolerante gg-gewassen

Wereldwijd worden voornamelijk herbicidentolerante gg-gewassen geteeld. Deze gewassen zijn tolerant voor een bepaald type herbicide dat normaliter niet wordt verdragen en blijven onbeschadigd wanneer hiermee gespoten wordt. Hierdoor wordt een effectieve onkruidbestrijding mogelijk terwijl het gewas op het veld staat, zodat het niet nodig is om voor de teelt te spuiten. In bijna alle gevallen is sprake van een tolerantie voor herbiciden die glyfosaat (bijvoorbeeld Round-up) of glufosinaat-ammonium bevatten.

Of de teelt van deze gewassen leidt tot een toename van het gebruik van herbiciden is niet in algemene zin te zeggen. Publicaties betreffende het herbicidegebruik bij gg-gewassen spreken elkaar tegen. Deze verschillen worden deels veroorzaakt doordat in de diverse landen verschillende conventionele pakketten herbiciden zijn toegelaten die sterk kunnen verschillen in totale doseringen actieve stof per hectare. Sommige actieve stoffen zijn effectief in enkele tientallen grammen per hectare, andere in kilogrammen. Daarnaast bestaan er aanzienlijke verschillen in de milieubelasting en toxiciteit van specifieke herbiciden. In sommige publicaties wordt een (wereldwijde) afname van herbiciden gerapporteerd<sup>25</sup>, andere publicaties wijzen juist op een toename van het herbicidegebruik door gg-gewassen<sup>26</sup>. In Brazilië is het totale gebruik van glyfosaat (het actieve herbicidebestanddeel waarvoor de meeste gg-soja tolerant is) sinds de introductie van gg-soja met 95% gestegen<sup>27</sup>.

Eenzelfde toename wordt beschreven door de National Agricultural Statistics Service, van het Amerikaanse ministerie van Landbouw<sup>29</sup>. In de Verenigde Staten is het areaal glyfosaat tolerante gg-soja van 1986 tot 2006 toegenomen tot 89% van het totale areaal aan soja. Met deze stijging is ook het areaal waarop glyfosaat bevattende herbiciden worden gebruikt gestegen. Anderzijds is er een duidelijke afname te zien in het gebruik van andere herbiciden (figuur 3.1). Hoewel meer herbiciden worden gebruikt bij de teelt van herbicidentolerante soja is er over het algemeen een verschuiving te zien naar minder milieubelastende middelen, zoals glyfosaat<sup>28</sup>.

**Figuur 3.1**  
Toepassing van glyfosaat bevattende herbiciden bij teelt van soja (zowel gg- als niet-gg-soja) in de Verenigde Staten ten opzichte van niet-glyfosaat bevattende herbiciden tussen 1995 en 2005. Voor 2003 is geen data beschikbaar. (Bron: data: NASS<sup>29</sup>, figuur: Kleter *et al*<sup>28</sup>)



Recentelijk zijn de resultaten van een grootschalig onderzoek verschenen waarin de effecten van de teelt van gg-katoen in Arizona op gewasbeschermingsmiddelengebruik, oogst en de biodiversiteit is onderzocht<sup>30</sup>. Uit deze studie bleek dat het gebruik van herbiciden bij gg-teelt en conventionele teelt gelijk was.

Of de toepassing van herbicidentolerante gg-gewassen leidt tot een toe- of afname van het herbicidegebruik hangt derhalve sterk af van het gewas, de teeltomstandigheden en de teeltpraktijk (zoals het moment van bespuitingen) en de klimaatsomstandigheden, als ook van het conventionele herbicidegebruik.

Een toe- of afname van het herbicidegebruik zegt echter niet alles over een verminderde milieubelasting. Het gebruik van herbiciden is bedoeld om de onkruiddruk te verminderen en daarmee de teelt mogelijk te maken. Onkruiden en zaden zijn anderzijds ook een bron van voedsel voor insecten en andere dieren in het veld. Minder onkruiden kunnen dan ook leiden tot een verlaging van de biodiversiteit. Dit is gebleken uit een grootschalig driejarig onderzoek in Engeland naar het effect van de teelt van genetische gemodificeerde herbicidentolerante gewassen op de biodiversiteit. Deze zogenoemde 'Farm Scale Evaluations' (FSE) zijn de meest omvangrijke veldexperimenten met gg-gewassen die ooit zijn uitgevoerd. De FSE-studie is uitgevoerd door een groot aantal onderzoekers die onderzoek uitvoerden aan zomer- en winterkoolzaad, snijmaïs, suiker- en voederbiet. Zij vergeleken de biodiversiteit in en om akkers waar herbicidentolerante gg-gewassen geteeld worden, met akkers waar conventionele gewassen verbouwd worden.

Uit het onderzoek bleek dat vooral het type gewas dat geteeld wordt een grote invloed heeft op de biodiversiteit. Bij de teelt van koolzaad was de biodiversiteit hoger dan bij de teelt van maïs wat ook samenhangt met de effectiviteit van de gebruikte methoden van onkruidbestrijding. De gemeten verschillen in biodiversiteit tussen de verschillende gewassen was aanzienlijk hoger dan de verschillen tussen de teelt van dezelfde conventionele en gg-gewassen<sup>31</sup>. Wel bleek in de meeste gevallen de biodiversiteit bij de teelt van gg-gewassen lager dan die bij conventionele gewassen. Dit laatste bleek niet het

geval bij het “Botanical and Rotational Implications of Genetically modified Herbicide Tolerance in winter oilseed rape and sugar beet” (BRIGHT)-onderzoek<sup>32</sup>. Ook hier is sprake van veldexperimenten in het Verenigd Koninkrijk, weliswaar kleinschaliger dan het FSE-onderzoek. In het BRIGHT-onderzoek is een andere teeltpraktijk gebruikt, zoals andere momenten van herbicidenbespuitingen. In dit onderzoek werden geen verschillen in biodiversiteit aangetoond. Hieruit en ook uit resultaten van het FSE-onderzoek blijkt dat verschillen in teeltpraktijk kunnen leiden tot verschillen in persistentie van onkruiden en wisselende populatiegroottes van invertebraten die voor hun groei en ontwikkeling afhankelijk zijn van deze onkruiden. Omdat de teeltmethodieken daarnaast afhankelijk zijn van de geografische regio en daarmee van het klimaat, is het niet representatief om de resultaten van de diverse studies te extrapoleren naar andere gebieden, gewassen of klimaatomstandigheden.

Tenslotte dient opgemerkt te worden dat de kans op het ontstaan van resistenties tegen herbiciden wordt vergroot door een eenzijdige afhankelijkheid van een type herbiciden. Bij de toepassing van herbicidentolerante gg-gewassen ligt derhalve het gevaar op de loer dat het betreffende herbicide (en daarmee ook het gg-gewas) zijn agronomische waarde op termijn verliest. In de Verenigde Staten en Argentinië zijn reeds verschuivingen gemeld in de onkruidpopulaties die wijzen op een mogelijke glyfosaatresistentie.

Overigens leidt de grootschalige introductie van glyfosaat resistente gg-gewassen ertoe dat de markt voor conventionele herbiciden aanzienlijk is verkleind wat tot gevolg heeft dat de industrie ook minder investeert in de ontwikkeling van nieuwe herbiciden. Nieuwe werkingsmechanismen zijn de komende tien jaar niet te verwachten. Samen met het genoemde resistentieprobleem en met de voortschrijdende sanering van het middelenpakket in de EU betekent dat dat de mogelijkheden voor onkruidbestrijding sterk dalen zonder dat er goede alternatieven zijn. Dit geldt des te meer nu de brandstofprijzen zo hoog zijn dat niet-chemische alternatieven hun economische basis mogelijk verliezen.

#### Insectenresistente gg-gewassen

Ten aanzien van insectenresistente gewassen zijn de gegevens met betrekking tot de invloed op het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen meer eenduidig. De insectenresistentie wordt meestal verkregen door het inbouwen van toxinegenen uit de bacterie *Bacillus thuringiensis*. Bt-toxines worden in min of meer gezuiverde vorm ook gebruikt als (biologisch) bestrijdingsmiddel in de gangbare en biologische landbouw. De Bt-toxines zijn soortspecifiek en werken hoofdzakelijk tegen insecten uit de *Lepidoptera* familie (vlinderachtigen), hoewel er ook Bt-toxines zijn die tegen keverachtigen werken.

Over het algemeen neemt het gebruik van insecticiden in insectenresistente gewassen af. Uit de eerder genoemde grootschalige studie naar de teelt van gg-katoen in Arizona bleek dat het gebruik van insecticiden significant lager was in de gg-teelt<sup>30</sup>. De onderzochte gg-katoen (Bt-katoen) is resistent tegen de voornaamste belager, de ‘pink bollworm’. Naast dit insect zijn er ook nog verschillende andere (secundaire) plaaginsecten. In de conventionele katoenteelt wordt intensief gespoten met breed werkende insecticiden die zowel de ‘bollworm’ als andere plaaginsecten bestrijden. Het feit dat het pesticidengebruik lager was

bij de teelt van Bt-katoen betekent dat de bestrijding van de secundaire plagen mogelijk was met beperkte inzet van insecticiden. Dit kan echter sterk afhankelijk zijn van de aanwezige plagen en is zoals al eerder opgemerkt geografisch verschillend<sup>30</sup>.

Ook voor andere landen, zoals India en China, zijn gunstige effecten van de teelt van Bt-katoen op het gebruik van insecticiden gemeld<sup>33,34</sup>. In de Verenigde Staten is er een afname te zien in het gebruik van de hoeveelheid insecticiden die bij gg-gewassen worden gebruikt. Dit wordt bevestigd in het rapport geschreven in opdracht van de United States Department of Agriculture<sup>35</sup>.

De voordelen van Bt-katoen kunnen echter binnen een aantal jaren verdwijnen. Chinese boeren die in het eerste jaar dat ze Bt-katoen verbouwden nog 70% minder insecticiden gebruikten, bleken na zeven jaar weer evenveel insecticiden te spuiten als boeren met conventionele katoen<sup>36</sup>. De populaties secundaire plaaginsecten waren dusdanig toegenomen dat een intensief insecticidegebruik noodzakelijk was. De mate van toename van secundaire plagen is grotendeels afhankelijk van de gehanteerde teeltpraktijk. Vroegtijdig en intensief spuiten tegen de aanwezigheid van plaaginsecten leidt ertoe dat ook de biologische bestrijders (predatoren) van de plaaginsecten gedood worden. Hierdoor zal de opbouw van de populatie plaaginsecten sneller verlopen, waardoor bespuiting weer noodzakelijk wordt. Maar gericht en op het juiste moment bestrijden van plaaginsecten en het toepassen van 'refuge zones' met niet gg-gewas, vanwege resistentiemanagement, kunnen het aantal predatoren van plaaginsecten sterk verhogen. Uit de Chinese gegevens kan dan ook niet via extrapolatie geconcludeerd worden dat deze situatie in dezelfde mate zal optreden in andere landen of gebieden waar andere teeltregimes gehanteerd worden of andere plagen voorkomen<sup>36</sup>. Overigens is een toenemende ziektedruk van secundaire plagen of ziekten een algemeen kenmerk bij bestrijding van plantenziektes. Dit is niet gerelateerd aan de teelt van gg-gewassen, maar komt algemeen voor bij de introductie van nieuwe gewasbeschermingsmiddelen of beheersmaatregelen.

Bt-maïs lijkt naast insectenresistentie ook een secundair effect te hebben op de aanwezige mycotoxines. Uit een onlangs verschenen artikel blijkt dat op Bt-mais minder toxine producerende schimmels (mycotoxines) groeien die later het product besmetten<sup>37</sup>. Doordat Bt-maïs niet beschadigd wordt door vraat van bijvoorbeeld de maïsboorder hebben ook mycotoxine producerende schimmels minder kans om binnen te dringen. Er wordt gesproken van bijna een halvering van de mycotoxine levels in Bt-mais in vergelijking met conventionele maïs waarbij geen maatregelen worden genomen om de maïsboorder te controleren. Onderzoekers benadrukken overigens wel dat de aanwezigheid van insectenresistentie in Bt-maïs een aanvullende maatregel is om mycotoxine levels te reduceren. Andere maatregelen om schimmelinfecties terug te dringen zoals de gehanteerde teeltregimes en de keuze van het gewas blijven van belang.

### **Milieu-effecten van gg-gewassen: van een kwantitatieve naar een kwalitatieve methode?**

Om de invloed van gg-gewassen op het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en de impact op het milieu te meten zijn diverse methoden ontwikkeld. Naast de totale hoeveelheid gebruikte pesticiden wordt gekeken naar het pesticidengebruik in de hoeveelheid actieve ingrediënten of de hoeveelheid pesticide per areaal, het aantal toepassingen per gewas of de jaarlijkse kosten van de pesticiden (zogenoeten “farmers savings”). Een van de meest gebruikte methoden om veranderingen in pesticidengebruik in gg-gewassen aan te tonen maakt gebruik van data over het totale volume aan gebruikte pesticiden. Deze methode houdt echter geen rekening met het verschil in milieubelasting en toxiciteit van specifieke pesticiden. Deze eigenschappen zijn van belang om de impact van een gg-gewas op het milieu te bepalen. Sommige pesticiden zijn in een lage dosis al zeer effectief en toxisch terwijl andere stoffen in relatief hoge concentraties moeten worden toegepast om een zelfde effect te krijgen. Diverse studies, waaronder het recente onderzoek van Kleter *et al.* (2007) pleiten er daarom voor om de beschikbare kwantitatieve data over hoeveelheden pesticiden te combineren met data betreffende de milieubelasting en toxiciteit<sup>28</sup>. Een bekende methode die hiertoe is ontwikkeld, is het “Environmental Impact Quotient (EIQ)”.

#### Het Environmental Impact Quotient (EIQ)

In 1992 introduceerde Kovach de universele indicator EIQ als meetmethode om de milieu impact van verschillende gewasbeschermingsmiddelen te berekenen<sup>38</sup>. Voor elk actieve ingrediënt in een pesticide is een specifieke EIQ waarde vastgesteld gebaseerd op de toxische eigenschappen en gevolgen voor het milieu na blootstelling aan dit pesticide. Door deze waarde te vermenigvuldigen met de hoeveelheid gebruikte pesticide wordt een waarde verkregen die de Environmental Impact (EI) per hectare weergeeft, ook wel de zogenaamde ‘field use rating’ genoemd. Door deze waarden voor verschillende pesticiden te berekenen kunnen ze vergeleken worden. Naast de environmental impact zijn er ook EIQ’s die de impact van pesticiden op gezondheid (van arbeiders die op het land werken maar ook van consumenten), de ecologische omgeving en op non-target organismen (toxiciteit voor vogels, vissen en insecten) in kaart brengen. Opgemerkt moet worden dat de EIQ een indicator is en geen exacte berekening of een in de praktijk gemeten effect.

Onderzoekers Brookes en Barfoot<sup>24</sup> die een retrospectieve analyse uitvoerden op het wereldwijde pesticidengebruik tussen 1996 en 2004, hebben de EIQ berekend op basis van de kwantitatieve data die zij hadden. Algemeen kwamen zij tot de conclusie dat voor vrijwel elk transgeen gewas de afname van de milieu-belasting groter was dan de afname van gewasbeschermingsmiddelengebruik in kwantitatieve hoeveelheden. Ook een aantal andere onderzoekers die de EIQ methode hebben toegepast kwamen tot een soortgelijke conclusie<sup>39,40</sup>. In Nederland wordt sinds kort met een vergelijkbare methode gewerkt<sup>41</sup>. De milieumeetlat is de Nederlandse variant van de EIQ en geeft een overzicht van de milieubelasting van alle in Nederland toegelaten gewasbeschermingsmiddelen. Per toegelaten bestrijdingsmiddel wordt het gehalte werkzame stof, de milieubelasting voor

waterleven (oppervlaktewater), bodemleven, en grondwater bepaald. Daarnaast worden de risico's voor nuttige organismen (bestrijders en bestuivers) en de risico's voor de gezondheid van de toepasser in ogenschouw genomen.

#### Life Cycle Assessment

Een methode die nog verder kijkt dan de milieubelasting is de zogeheten Life Cycle Assessment (LCA). LCA is een vorm van ketenanalyse waarbij de hele levenscyclus van een product of activiteit bekeken wordt<sup>42</sup>. Van de winning van grondstoffen via productie en (her)gebruik tot en met afvalverwerking. Op deze wijze kan ook gekeken worden naar de impact van gg-gewassen via de ontwikkeling, de commerciële teelt, gebruik en verwerking van de producten en de milieubelasting.

Bennet *et al*<sup>43</sup> hebben een LCA uitgevoerd voor herbicidentolerante gg-suikerbiet. In deze studie hebben zij de impact van conventionele suikerbieteteelt (in Engeland en Duitsland) vergeleken met de verwachte impact van de commerciële teelt van een herbicidentolerante (glyfosaat) gg-suikerbiet. De onderzoekers kwamen tot de conclusie dat de commerciële teelt van gg-suikerbiet in een aantal van de LCA categorieën betreffende de impact op mens en milieu minder schadelijke effecten zouden hebben dan wanneer teelt van conventionele suikerbiet zou plaatsvinden<sup>43</sup>. Dit effect is voornamelijk terug te voeren op een afname van CO<sub>2</sub>-uitstoot ten gevolge van herbicidenproductie, transport en de toepassing daarvan op het gewas.

#### 3.1.2 Teeltpraktijk

Gg-gewassen kunnen ook gunstige secundaire effecten hebben op het milieu doordat zij een andere landbouwpraktijk stimuleren. Zo is de landbouwpraktijk bij herbicidentolerante gg-soja gecorreleerd aan een toename van zogenaamde 'no-tillage' activiteiten. Dit betekent dat het land niet of nauwelijks wordt omgeploegd, maar dat met herbicidenbespuitingen volstaan kan worden. Verminderd omploegen van het akkerland heeft een aantal voordelen<sup>44</sup>.

Bij het ploegen komt CO<sub>2</sub> uit de grond vrij en ook door het brandstofgebruik van de tractoren wordt bij het ploegen CO<sub>2</sub> uitgestoten. Door niet of verminderd te ploegen wordt meer koolstof in de bodem opgeslagen<sup>45,46</sup>. Hier wordt in paragraaf 3.1.4 nader op ingegaan. Verder wordt de bodemstructuur niet verstoord waardoor er een rijkere bodemleven is, de bodem een hoger gehalte aan organisch materiaal bevat en er minder kans is op erosie. De hoeveelheid CO<sub>2</sub>-opslag varieert afhankelijk van bodemtype, landgebruik, gewas en ecologische regio.

'No tillage' heeft echter ook een aantal nadelen, waaronder de toename van bepaalde ziekten, plagen en onkruiden. Doordat het gehele jaar plantmateriaal aanwezig is, kunnen ziekteverwekkers zich beter handhaven. Dit kan weer leiden tot de noodzaak van meer beheersmaatregelen zoals het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen.

Een ander secundair effect van gg-gewassen is te vinden bij sommige insectenresistente gewassen. Doordat een insectenresistente eigenschap is ingebouwd in het gewas is er aan het begin van het teeltseizoen geen directe noodzaak om breed-spectrum pesticiden in te



zetten (afhankelijk van de plaagdruk die per jaar kan verschillen). Hierdoor blijft het natuurlijke evenwicht van insecten en natuurlijke vijanden beter in balans waardoor de populatie plaaginsecten later in het seizoen beter onder controle gehouden kan worden<sup>28</sup>.

### 3.1.3 Opbrengst

Naast een afname van het gebruik van chemische gewasbeschermingsmiddelen kunnen gg-gewassen een hogere opbrengst leveren, aldus sommige wetenschappers<sup>33</sup>. De effecten op de opbrengst kunnen sterk verschillen per land of regio en zijn afhankelijk van ondermeer de plaagdruk, aanwezig plagen en gehanteerde landbouwpraktijken.

### 3.1.4 CO<sub>2</sub>-uitstoot

Naast de reductie van het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen wordt geclaimd dat de productie van gg-gewassen een afname van de CO<sub>2</sub>-uitstoot tot gevolg heeft. Gg-gewassen zouden kunnen bijdragen aan een afname van het brandstofverbruik doordat minder vaak chemische middelen worden toegepast op een areaal. Lazarus en Selley (2005) berekenden een afname van 2,7 kg/ha aan CO<sub>2</sub>-uitstoot per toepassing van een bestrijdingsmiddel<sup>47</sup>. Dit geldt in eerste instantie voor insectenresistente gg-gewassen, omdat herbicidentolerante gewassen tot een toename van herbicidegebruik kunnen leiden.

Het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) heeft voor Noord-Amerika berekend dat bij een overgang naar 'no-tillage' gemiddeld 300 kg koolstof/ha per jaar in de bodem wordt vastgelegd. Voor 'reduced tilling' zou dit 100 kilogram per ha per jaar bedragen.

Brookes en Barfoot<sup>24</sup> stellen dat wereldwijd door de overgang naar 'low en no-tillage' teelt in de periode 1996 tot 2004 circa 11.500 miljoen kg koolstof (41.1092 miljoen ton CO<sub>2</sub>) in de bodem is vastgelegd. Dit staat gelijk aan 480.000 auto's die een jaar niet rijden. Zij berekenden dat in 2004 de reductie van CO<sub>2</sub>-uitstoot ten gevolge van 'no- of low-tilling' door verminderd brandstofgebruik van tractoren en koolstofopslag in de bodem 9,4 biljoen kg CO<sub>2</sub> bedroeg. Dit zijn omgerekend 4,7 miljoen auto's die een jaar niet rijden (hierbij is men er vanuit gegaan dat een gemiddelde auto 150 gram CO<sub>2</sub> per km produceert en gemiddeld 15.000 km per jaar rijdt). Ter relativering moet opgemerkt worden dat er in 2002 een kleine 600 miljoen geregistreerde auto's rondreden op deze aarde. Men verwacht dat dit aantal elke 30 jaar zal verdubbelen<sup>48</sup>. Daarnaast zijn er ook een aantal andere belangrijke veroorzakers van CO<sub>2</sub>-uitstoot zoals het luchtverkeer en de industrie.

## 3.2 Gg-gewassen, stress-tolerantie en andere agronomische eigenschappen

Naast eigenschappen ten behoeve van gewasbescherming en productkwaliteit worden veel gewassen ontwikkeld met veranderde agronomische eigenschappen. Een belangrijke groep daarin zijn de stresstoleranties zoals koude-, hitte-, zout- en droogtetolerantie<sup>49,50</sup>. Daarnaast wordt er bijvoorbeeld gewerkt aan een veranderde groeisnelheid, dwerggroei, een verhoogde opbrengst en verbeterde stikstofbenutting zodat minder kunstmest gestrooid hoeft te worden. Door de introductie van stresstoleranties hopen veredelaars en plantenbiotechnologen voedselgewassen te ontwikkelen die aangepast zijn aan gebieden die op dit moment landbouwkundig ongeschikt zijn of ongeschikt zijn geworden. Naar

verwachting zal zoetwater gezien de groei van de wereldbevolking in veel gebieden steeds schaarser worden. Door irrigatie of een stijging van de zeespiegel dreigen gebieden te verzilten waardoor de teelt van gewassen wordt bemoeilijkt. Het ontwikkelen van droogtetolerante of zouttolerante gg-gewassen zou uitkomst kunnen bieden. Veel aandacht gaat hierbij uit naar belangrijke voedselgewassen als tarwe, rijst en maïs en veevoedergewassen als soja en grassen. Recent deelden Monsanto en BASF mee dat zij gezamenlijk een groot onderzoeksprogramma zullen starten op dit gebied. Voor deze samenwerking is een bedrag van 1,2 miljard euro gereserveerd<sup>51</sup>.

#### *Nu op de markt*

Op dit moment worden er nog geen gg-gewassen geteeld die een zekere mate van stress-tolerantie bezitten. Wanneer en of er stress-tolerante gg-gewassen op de markt zullen verschijnen is lastig te voorspellen. De bedrijven Pioneer en Monsanto verwachten binnen vijf tot zeven jaar stresstolerante gewassen op de markt te brengen<sup>51,52</sup>. Andere wetenschappers wijzen op het complexe karakter van stresstoleranties en verwachten dat het langer zal duren voordat deze gewassen beschikbaar komen<sup>53</sup>.

#### *In de pijplijn*

Op dit moment wordt aan tal van gewassen met ingebouwde stresstoleranties gewerkt. Bij de ontwikkeling van stresstolerantie gaat veel aandacht uit naar belangrijke voedselgewassen als tarwe, rijst en maïs en veevoedergewassen als soja en grassen. Laboratoriumexperimenten en veldproeven worden uitgevoerd om droogteresistente maïs, suikerriet, soja, erwt, pinda en alfalfa, zouttolerante rijst, aardappel, tabak, tarwe, komkommer en sorghum, maar ook koudetolerante petunia, dadelpruim, katoen, bahiagrass en koolzaad te verkrijgen<sup>11</sup>. Op meer beperkte schaal vinden experimenten plaats met gg-gewassen die tolerant zijn voor ijzertekort (onder andere rijst en soja) of aluminium (onder andere tarwe, suikerbiet en kruipend struisgras ('creeping bentgrass'))<sup>11</sup>. In de Verenigde Staten zijn inmiddels ruim 180 veldproeven uitgevoerd met droogtetolerante gg-maïs. In Europa zijn tot nog toe vier veldproeven uitgevoerd met droogtetolerante maïs door onder andere het Franse bedrijf Biogemma<sup>54</sup>.

Droogte- en zouttolerantie berusten op complexe mechanismen waarbij cascades van genen betrokken zijn. Het genomicsonderzoek aan een modelplant als de zandraket, *Arabidopsis thaliana*, heeft een belangrijke impuls gegeven aan de zoektocht naar de mogelijkheid van het verkrijgen van stresstoleranties<sup>55</sup>. Veel werk richt zich op de genen betrokken bij de inductie van de zogenaamde stressgerelateerde genen<sup>56,57,61</sup>. In Mexico is in maart 2004 voor het eerst een veldproef ingezaaid met droogtetolerante tarwe<sup>58</sup>. Eerder uitgevoerde kasexperimenten lieten volgens het betrokken onderzoeksinstituut bemoedigende resultaten zien<sup>59</sup>. Chinese onderzoekers experimenteren sinds 1998 met droogte- en zouttolerante rijst<sup>60</sup>. Veldexperimenten met rijstplanten die het zogenaamde SNAC 1 gen tot overexpressie brengen lieten zien dat de gg-rijst onder droogtecondities 22 tot 34% meer korrels vormt dan controle planten<sup>61</sup>. In Canada zijn drie jaar lang veldproeven gedaan met gg-koolzaad<sup>62</sup>. De gg-planten bleken onder ongunstige droogtecondities een hogere zaadproductie te hebben dan niet-transgene controle planten. De modificatie leek verder

geen invloed te hebben op de opbrengst onder normale of optimale condities. In Australië is een veldproefaanvraag ingediend voor veldexperimenten met droogtetolerante tarwelijnen<sup>63</sup>. Ook in Egypte zijn veldproeven uitgevoerd met droogtetolerante tarwe<sup>64,65</sup>. De onderzoekers claimen dat deze gg-tarwe slechts eenmaal (in plaats van acht maal) geïrrigeerd hoeft te worden. Zodoende zou deze tarwe in sommige woestijngebieden geteeld kunnen worden met slechts de natuurlijke neerslag als waterbron.

Naast stresstoleranties wordt ook gewerkt aan mogelijkheden om de ontwikkeling van planten te beïnvloeden. Planten kunnen kleiner gemaakt worden, de zogenaamde dwerggroei, langere, kortere of stevigere stengels verkrijgen, meer wortels vormen of een andere bladvorm hebben. Tevens worden er veldproeven uitgevoerd met planten waar getracht wordt de opbrengst te verhogen door bijvoorbeeld het verhogen van de fotosynthese<sup>66</sup>.

Men verwacht dat de vraag naar hout de komende tien jaar zal groeien met 20%, terwijl het wereldwijde oppervlak met bomen elk jaar afneemt met 9,4 miljoen ha (ongeveer de oppervlakte van Portugal). De teelt van bomen is een zeer langzaam proces door de trage groei en de relatief hoge leeftijd waarop de bomen gereed zijn om als product verwerkt te worden<sup>67</sup>. Naast kwaliteit (bomen met een aangepast lignine gehalte voor papierproductie) is de opbrengst een tweede eigenschap waar volop onderzoek naar wordt gedaan.

Teelt van gg-bomen is echter wereldwijd omstreden. Critici wijzen erop dat bomen een lange levenscyclus hebben, dat pollen van bomen over grote afstanden verspreid worden en dat uitkruising met wilde verwanten en daarmee verspreiding van de ingebrachte genen niet te voorkomen valt<sup>68</sup>.

Bij agronomische eigenschappen kan ook gedacht worden aan het onderzoek naar de verandering van bloeitijd. Er is inmiddels een groot aantal genen bekend die het moment van bloei kunnen beïnvloeden. Een voorbeeld hiervan is de vervroegde bloei in een gg-populier die al na een half jaar bloeit in plaats van na 5-10 jaar. Ook in citrusbomen en tomaat wordt gewerkt aan een vervroeging van de bloeiperiode<sup>69,70</sup>. Vervroegde bloei is vooral voor bomen interessant omdat hiermee de levenscyclus en daarmee de veredeling aanzienlijk versneld kan worden. Anderzijds kan het voorkomen van bloei juist interessant zijn bij vegetatieve gewassen zoals grassen, suikerbiet en groenten. Het Deense zaadbedrijf DLF-Trifolium heeft al niet-bloeiende grassen ontwikkeld. Bloei in gras vermindert de verteerbaarheid voor vee. Het uitblijven van bloei kan bovendien interessant zijn als inperkingsmaatregel om verspreiding van gg-materiaal te voorkomen.

### *In de toekomst*

Het veranderen van agronomische eigenschappen in gewassen is steeds vaker niet het einddoel maar een tussenstap in het veredelingsproces. Dit geldt bijvoorbeeld voor onderzoek naar een verhoogde, verlaagde of meer gerichte recombinatie. De natuurlijke recombinatie die optreedt bij de vorming van de geslachtcellen wordt gebruikt in de veredeling om de juiste combinaties van eigenschappen samen te brengen. Door een meer gerichte recombinatie, bijvoorbeeld verminderde recombinatie kan de samenstelling van superieure genen of allelen gehandhaafd blijven. De COGEM heeft in een vorig jaar

verschenen signalering aandacht besteed aan reverse breeding, waar deze techniek wordt toegepast<sup>4</sup>.

Het uitwisselen van eenzelfde DNA fragment in planten kan voordelen bieden om een defect gen te repareren of expressie van genen te veranderen of uit te schakelen. Dit wordt homologe recombinatie genoemd. Deze techniek is interessant omdat hiermee zeer gericht mutaties aangebracht kunnen worden. De frequentie van homologe recombinatie in planten is echter zeer laag en daardoor nog niet praktisch interessant. Er zijn veel onderzoeksgroepen actief om deze frequentie te verhogen, waardoor het in de toekomst mogelijk wel toepasbaar is.

Voor hybride zaadproductie en de veredeling is het van belang dat de gebruikte ouderlijnen homozygoot zijn zodat geen uitsplitsing van eigenschappen plaatsvindt bij de voortplanting. Hiervoor worden vaak dubbele haploïden gebruikt. Verdubbelde haploïden zijn planten die ontstaan zijn uit geslachtscellen (pollen of eicel) en die na verdubbeling van het aantal chromosomen weer normale planten zijn. Deze planten zijn per definitie homozygoot voor alle genen en zullen dus in een volgende generatie geen uitsplitsing van de eigenschappen geven, wat wel het geval is bij heterozygote eigenschappen. Voor veel gewassen zijn er protocollen beschikbaar om niet-gg DHs te maken, maar voor enkele grote gewassen (onder andere katoen, oliepalm,) zijn deze protocollen nog niet aanwezig en zou GM een uitkomst kunnen bieden.

### **3.3 Gg-gewassen, industriële verwerking en biobrandstoffen**

De gg-gewassen die momenteel geteeld worden komen veelal niet rechtstreeks terecht op het bord van de consument. Ze worden verwerkt tot oliën of zetmeel of vinden hun toepassing in de veevoederindustrie. Ook betreft het grondstoffen voor industriële toepassingen. Indien de verwerking van deze gewassen tot hun eindproduct in minder stappen of met minder energie kan verlopen, kan dit zowel een economisch als een milieuvoordeel opleveren. Er is daarom een toenemende belangstelling voor dergelijke gg-gewassen.

Biobrandstoffen worden in dit hoofdstuk behandeld omdat het hier gaat om verwerking van gg-gewassen tot biobrandstof. In het kader van duurzaamheid wordt ook regelmatig gesproken over het gebruik van rest- en nevenstromen die kunnen worden ingezet bij de productie van biobrandstoffen en energie. Deze worden in dit hoofdstuk niet behandeld omdat bij de verwerking weliswaar gebruik gemaakt kan worden van genetisch gemodificeerde micro-organismen maar dit niet gerelateerd is aan gg-gewassen.

#### *Nu op de markt*

In deze categorie zijn nog zeer weinig gg-gewassen op de markt. In Canada, de Verenigde Staten en Japan is een genetisch gemodificeerde maïslijn toegelaten die een verhoogd lysinegehalte bezit<sup>71</sup>. Het aminozuur lysine wordt momenteel toegevoegd aan diervoeder voor kippen en varkens. Door het lysinegehalte in de maïs te verhogen hoeft geen extra lysine meer aan het veevoeder te worden toegevoegd. In Europa loopt een aanvraag voor import en verwerking van deze lijn.

Twee andere gewassen staan op het punt om toegelaten te worden. Het bekendste voorbeeld hiervan zijn de door AVEBE en BASF ontwikkelde gg-aardappelen met een veranderde zetmeelsamenstelling<sup>72,73</sup>. In aardappelen komen twee soorten zetmeel voor, amylopectine en amylose. Zuiver amylopectine wordt gebruikt bij specifieke technisch hoogwaardige toepassingen in onder andere de textiel- en papierindustrie. De AVEBE/BASF aardappel is zodanig gemodificeerd dat hij bijna geen amylose maar enkel nog amylopectine produceert. Hierdoor zijn er voor het verkrijgen van amylopectine minder energie en chemische hulpstoffen nodig.

Het andere gewas is een maïslijn die het enzym  $\alpha$ -amylase produceert. Het enzym is thermostabiel en is ontworpen met het oog op de bioethanolproductie.  $\alpha$ -Amylase katalyseert de afbraak van zetmeel. Tijdens ethanolproductie wordt normaliter microbiel  $\alpha$ -amylase toegevoegd tijdens het productieproces. Door het  $\alpha$ -amylase in de maïsplant te produceren behoeft geen extra enzym tijdens de bio-ethanolproductie meer te worden toegevoegd. De verwerking van maïs tot ethanol kan hiermee gemakkelijker verlopen. De maïslijn staat op het punt toe gelaten te worden tot de Amerikaanse markt en doorloopt momenteel ook de Europese vergunningsprocedure.

#### *In de pijplijn*

In het kader van de stormachtige ontwikkelingen die zich momenteel afspelen binnen de biobrandstoffensector worden er gg-gewassen gecreëerd die efficiënter naar biobrandstof om te zetten zijn door een veranderde samenstelling van suikers of een verlaagd ligninegehalte<sup>74,75,76,77,78,79,80</sup>. Dit zijn voedingsgewassen zoals maïs maar ook energiegewassen zoals zoals olifantsgras (*Miscanthus x giganteus*) en vingergras oftewel switchgrass (*Panicum virgatum*), wilg (*Salix alba*), populier (*Populus* spp.) en eucalyptus (*Eucalyptus* spp.). Deze energiegewassen zouden gebruikt kunnen worden voor de productie van zogenaamde tweede generatie biobrandstoffen. Dit zijn brandstoffen waarvan de gehele plant en niet alleen de eetbare delen (eerste generatie) kunnen worden gebruikt. De gewassen kunnen ook dienen als biomassa voor de opwekking van energie.

Een voorbeeld van de ontwikkeling van een genetisch gemodificeerd energiegewas is te vinden in Vlaanderen. Het Vlaams Instituut voor Biotechnologie (VIB) heeft het voornemen om een gg-populier te gaan telen die door genetische modificatie minder lignine produceert<sup>81</sup>. De omzetting van cellulose naar glucose (voorstadium voor bio-ethanolproductie) kan hierdoor gemakkelijker verlopen. Laboratoriumstudies hebben aangetoond dat de bomen twee maal zo veel glucose produceren als niet-gemodificeerde bomen, dat weer kan worden omgezet in ethanol. De bomen zullen geoogst worden na drie jaar terwijl bloei pas optreedt na vijf tot acht jaar waarmee verspreiding van de genen in het milieu wordt voorkomen. Het VIB heeft recent aangekondigd een veldproef te willen uitvoeren met deze bomen. De vergunning voor deze veldproef is overigens nog niet verstrekt. Een ander voorbeeld is de door Amerikaanse en Taiwanese onderzoekers ontwikkelde eucalyptusboom die drie keer zoveel CO<sub>2</sub> als normaal opneemt en daarnaast minder lignine en meer cellulose bevat<sup>82</sup>.

Gg-gewassen die het aantal bewerkingsstappen in de industriële verwerking kunnen reduceren zijn in potentie gunstig voor het milieu. Indien minder bewerkingsstappen nodig zijn kan dit schelen in energie- en waterverbruik en leiden tot een vermindering van afvalstromen. Studies hebben aangetoond dat de inzet van populieren als grondstof voor ethanolproductie kan leiden tot een reductie in CO<sub>2</sub> ten opzichte van het gebruik van fossiele brandstoffen<sup>83</sup>. Bovenstaande gg-gewassen zouden deze reductie kunnen verhogen. Echter, studies die dit aantonen zijn bij de COGEM niet bekend. Een goede methode om deze eventuele reductie daadwerkelijk te kunnen bepalen is een zogenaamde 'Life Cycle Assessment' (LCA). Voor zover de COGEM weet zijn dergelijke studies niet verricht voor deze gewassen. Voor de genetisch gemodificeerde zetmeelaardappel wordt momenteel door AVEBE wel een LCA opgesteld. De resultaten van deze analyse worden binnen afzienbare tijd verwacht.

### **3.4 Gg-gewassen, grondstoffenproductie en farmagewassen**

Planten worden door velen gezien als een goed alternatief voor het produceren van hoogwaardige grondstoffen. Gedacht kan hierbij worden aan farmaceutica, enzymen en biomaterialen zoals bioplastics. Hier is misschien ook een plaats weggelegd voor gg-planten.

#### *Nu op de markt*

De productie van farmaceutische middelen, zoals vaccins, antilichamen en geneesmiddelen in planten wordt ook wel 'biopharming' genoemd. Hoewel experimenten met biopharming al een geruime tijd gaande zijn, zijn er tot op heden nog geen producten op de markt verschenen. Daarnaast wordt in toenemende mate gekeken naar de mogelijkheid om plantencellen te gebruiken om farmaceutica te produceren. In 2006 heeft het Amerikaanse bedrijf Dow Agrosciences als eerste een vergunning verkregen om vaccins te produceren met behulp van plantencellen<sup>84</sup>.

Ook vindt de productie van biomaterialen met behulp van gg-gewassen nog niet op commerciële schaal plaats. Enzymen die gesynthetiseerd worden in een gg-plant met het doel later een functie buiten de plant te vervullen zijn eveneens nog niet op de markt verkrijgbaar.

#### *In de pijplijn*

In kleinere innovatieve bedrijven wordt volop onderzoek gedaan naar de productie van farmaceutische middelen in planten of plantencellen. Zo heeft het Amerikaanse bedrijf Plant Biotechnology tabak voorzien van het humane eiwit CaroRx dat cariës tegen gaat. Het bedrijf Chlorogen ontwikkelt een medicijn in tabak tegen eierstokkanker. Ventria Bioscience gebruikt rijst en gerst om lactoferine en lysine te maken en het Franse bedrijf Meristem Therapeutics ontwikkelt een lipase dat gesynthetiseerd wordt in transgene maïs. Het Franse bedrijf Meristem Therapeutics produceert onder andere lipases, antilichamen en collageen in transgene maïsplanten<sup>85</sup>. Het bedrijf is op zoek naar partners om deze producten te commercialiseren. In Canada werkt Medicago momenteel aan de ontwikkeling van een vaccin in planten tegen H5N1 Avian Influenza<sup>86</sup>. De ontwikkeling bevindt zich nu

in een preklinische fase. Het Canadese SemBioSys ontwikkelt onder andere insuline en het medicijn APO AI tegen hart en vaatziekten<sup>87</sup>. Zij produceren deze stoffen in de distelachtige Saffloer planten. Het onderzoeksstadium voor deze stoffen is inmiddels afgerond en er kan worden gestart met klinische trials. SemBioSys verwacht met deze producten binnen twee tot vijf jaar de op de commerciële markt te verschijnen. Daarnaast produceert het Amerikaanse bedrijf Biolex het eiwit interferon alfa in eendenkroos<sup>88</sup>. Dit eiwit wordt gebruikt bij de behandeling van Hepatitis C. Fase IIa van de klinische trials is inmiddels afgerond en fase IIb wordt opgestart. Niet alleen in hele planten maar ook in plantencellen wordt gewerkt aan de productie van farmaceutische stoffen. Het Israëlische bedrijf Protalix BioTherapeutics is zelfs al gestart met een fase III klinische trial met een in plantencellen geproduceerd medicijn voor de ziekte van Gaucher<sup>89</sup>.

Naast de kleine innovatieve bedrijven lijken ook multinationals interesse te gaan tonen in de productie van zogeheten PMP's oftewel Plant Made Pharmaceuticals. Zo heeft Bayer Cropscience onlangs een klein bedrijf overgenomen dat actief is op het gebied van de productie van medicijnen in planten<sup>90</sup>.

Om op grootschalige wijze farmaceutica te kunnen produceren moet in vele gevallen echter nog een efficiëncyslag gemaakt worden zodat de expressie van de eiwitten flink kan worden verhoogd. Ook zal de toelatingsprocedure voor een nieuw medicijn met succes moeten worden afgerond. Sommigen hebben de verwachting uitgesproken dat in de nabije toekomst enzymen voor grootschalige industriële productie en antigenen voor orale immunisatie bij dieren het eerst op de markt zullen verschijnen<sup>91</sup>. Een voorbeeld is de productie van IgA-kippenantilichamen in planten voor de toediening aan kippen<sup>92</sup>. Zuivering is voor deze producten niet nodig en de vergunningverleningsprocedure is voor deze stoffen minder strikt dan die van farmaceutica<sup>93</sup>.

Niet alleen de farmaceutische sector is actief op dit gebied, ook op het gebied van levensmiddelen wordt onderzoek verricht. In de Verenigde Staten is een tomaat ontwikkeld dat de alternatieve zoetstof Miraculin produceert. Deze stof wordt van nature geproduceerd in de bessen van de *Richadella dulcifica* die voorkomt in West-Afrika. Door het eiwit in tomaat te produceren kan het in de toekomst wellicht grootschalig geproduceerd worden<sup>94</sup>.

Ook gezondheidsbevorderende eigenschappen staan in de belangstelling, te denken valt hierbij aan de productie van anti-oxidanten, carotenoïden en flavonoïden in voedselgewassen.

Op het gebied van biomaterialen zijn eveneens ontwikkelingen gaande. Een voorbeeld is de productie van polyhydroxyalkanoaten (PHA). PHA kan als grondstof gebruikt worden voor bioplastics. In de jaren '90 heeft Monsanto veel onderzoek gedaan naar PHA-producerende planten. Het bedrijf heeft in 1998 echter haar activiteiten op dit terrein gestaakt<sup>95</sup>. Het Amerikaanse bedrijf Metabolix ziet nog wel toekomst in de PHA-productie en is nog steeds bezig met de ontwikkeling van zowel planten als micro-organismen voor de productie van PHA. Samen met de fermentatiegigant Archer Daniels Midland Company (ADM) is ze van plan een fabriek te bouwen met een capaciteit van 50.000 ton per jaar. Dit jaar moeten de eerste zakken met PHA van de band rollen<sup>96</sup>. Desondanks is de economische haalbaarheid van de bulkproductie van PHA omstreden<sup>97</sup>.

Een uitvoerige studie van het Europese Institute for Prospective Technological Studies (IPTS) laat zien dat er een groei te verwachten is in de productie van biopolymeren met een percentage van 40-50% per jaar in de jaren 2000 tot 2010 en een percentage van 6-12% per jaar in 2010-2020<sup>97</sup>. Hierbij zijn echter niet alleen gg-planten als productieplatform in ogenschouw genomen maar voornamelijk planten als grondstof, bijvoorbeeld aardappelzetmeel voor de productie van bio-afbreekbare plastics of maïszetmeel als grondstof voor polymelkzuur (PLA) dat omgezet kan worden in verschillende verpakkingsmaterialen. Omdat echter niet alleen een groei in biopolymeren maar ook een groei in petrochemische polymeren verwacht wordt (een groei van 1 miljoen ton biopolymeren gaat gepaard met een groei van 10 miljoen ton petrochemische polymeren) zal het marktaandeel van biopolymeren erg klein blijven: in de orde van 1-4% in 2020.

#### *In de toekomst?*

Toekomstige ontwikkelingen zullen erg afhankelijk zijn van het succes van de producten die momenteel in de pijplijn zitten. Indien bovenstaande bedrijven eclatante successen boeken, zullen meer bedrijven zich in deze tak van groene biotechnologie gaan begeven.

In zijn strategische onderzoeksagenda tot 2025 formuleerde het Europese Technologie Platform 'Plants for the Future' vijf uitdagingen op het gebied van plantenonderzoek. Een van de uitdagingen had onder meer betrekking op van planten afgeleide oliën die gebruikt kunnen worden als industriële grondstoffen. Het betreft de productie van plantaardige vetzuren die kunnen worden gebruikt als petrochemische vervanging van grondstoffen zoals oliën. Deze oliën worden onder meer gebruikt in smeermiddelen, polymeren, cosmetica, inkt en kleurstoffen en als biodiesel. De planten die deze stoffen van origine produceren zijn vaak lastig te telen en de productie van de stoffen is laag. Door middel van genetische modificatie zouden gewassen die beter te telen zijn van deze eigenschappen voorzien kunnen worden zodat de beoogde vetzuren in grotere hoeveelheden geproduceerd kunnen worden.

Het Technologie Platform verwacht dat binnen 25 jaar nieuwe olie producerende plantenvariëteiten beschikbaar zijn die minder input vragen en een hogere output / productie hebben zodat aan de vraag naar voedsel, biobrandstoffen en industriële grondstoffen kan worden voldaan.

#### *Voor- en nadelen*

Als voordelen voor 'biopharming' worden vaak de relatief lage kosten, hoge opbrengst en eenvoudige opschaling genoemd. Bovendien is er tijdens de productie geen gevaar voor besmetting met bijvoorbeeld prionen en kan de ontwikkeling in een korter tijdsbestek plaatsvinden. Als gekeken wordt naar milieuwinst kan gedacht worden aan minder gebruik van organische oplosmiddelen en afval bij de productie. Door de gemakkelijke opschaling komen wellicht ook minder afvalstoffen vrij. Een betrouwbare vergelijking met de conventionele manier van het produceren van farmaceutica ontbreekt echter naar weten van de COGEM. Er zullen daarom hierover geen verdere uitspraken worden gedaan.

Ondanks de eerder genoemde voordelen is de ontwikkeling van 'biopharming' omstreven. Als de productie plaatsvindt in voedingsgewassen zoals rijst of maïs vormt vermenging met



‘gewone’ voedingsmiddelen en veevoeder een risico. Daarnaast dient voorkomen te worden dat de planten kunnen uitkruisen met verwanten en zich zo in het milieu kunnen verspreiden. Om dit tegen te gaan zijn enkele ontwikkelaars over gegaan op het produceren in kassen. Ook worden verschillende transformatietechnieken, zoals chloroplasttransformatie aangewend om verspreiding van de transgenen in het milieu te minimaliseren. Daarnaast zijn planten ontwikkeld die de therapeutische eiwitten alleen produceren na de oogst<sup>98</sup>.

De COGEM heeft in 2004 een signalering over farmaceutische gewassen uitgebracht waar zij onder meer ingaat op de milieurisico's van deze gewassen en op de discussie omtrent vermenging<sup>99</sup>. De COGEM wijst in deze signalering op het belang van een strikte ketenscheiding en doet de aanbeveling voor deze technologie geen voedingsgewassen te gebruiken. Vanwege de bovengenoemde bezwaren wordt tegenwoordig ook gewerkt aan productie van farmaceutica in plantencelsystemen, waarbij gebruik gemaakt wordt van fermentoren. Of plantencellen hierbij grotere voordelen bieden dan alternatieve systemen zoals diercellen, bacteriën of gisten en dergelijke valt nog te bezien.

### 3.5 Gg-gewassen en bodemsanering

Het afgraven van grond als middel om bodemvervuiling op te ruimen is bij vrijwel iedereen bekend. Bacteriën en planten kunnen echter ook gebruikt worden om schadelijke stoffen uit de bodem te verwijderen. Sommige plantensoorten zijn in staat zeer hoge concentraties van een metaal of toxische verbindingen uit de bodem op te nemen of deze onschadelijk te maken zonder nadelige gevolgen voor de plant zelf. Ook kunnen planten verontreinigingen in de grond omzetten naar andere verbindingen waardoor de verontreinigingen gestabiliseerd worden en geen milieurisico meer vormen<sup>100</sup>. Dit proces wordt ook wel fytoremediatie genoemd. Een van de voordelen van fytoremediatie is dat het relatief goedkoop is<sup>101</sup>. Een nadeel is echter dat het reinigen van de grond via deze weg een langdurig proces is<sup>102</sup>. Tegenwoordig wordt ook gewerkt aan de ontwikkeling van gg-planten en bomen om vervuiling uit de bodem te verwijderen.

#### *Nu op de markt*

Momenteel zijn er nog geen gg-gewassen commercieel beschikbaar die gebruikt kunnen worden voor fytoremediatie. Wel worden grootschalige veldproeven uitgevoerd waar hierna op zal worden ingegaan.

#### *In de pijplijn*

Sinds de jaren '90 van de vorige eeuw wordt er gewerkt aan de ontwikkeling van gg-planten voor fytoremediatie. Het gebruik van genetische modificatie voor fytoremediatie heeft als voordeel dat gebruik gemaakt kan worden van plantensoorten met een hoge biomassa-productie en grote wortelstelsels, zoals bomen, in plaats van de vaak kruidachtige soorten die van nature in staat zijn verontreinigingen op te nemen. Daarnaast wordt het door genetische modificatie mogelijk om meerdere verschillende metalen door een plant te laten opnemen. In de natuur nemen planten overwegend één metaal op<sup>103</sup>. De mogelijkheden om bacteriële genen in te bouwen om eigenschappen te verkrijgen die normaliter niet

voorkomen in planten worden nader onderzocht. Een voorbeeld van een plant die door genetische modificatie in staat is zware metalen op te nemen is een gg-populier. Door inbouw van het bacteriële ‘mercuric ion reductase’ gen kan deze boom kwikverontreinigingen uit de bodem opnemen. In de Verenigde Staten zijn veldexperimenten uitgevoerd waarbij gg-populieren werden ingezet om met kwik verontreinigde grond te reinigen<sup>104</sup>. Op het grondgebied van voormalige Duitse kopermijnen is men eveneens gestart met veldexperimenten waarmee getracht wordt met zowel gg-populieren als wildtype populieren de zware metalen uit de bodem te verwijderen. De voorlopige resultaten laten zien dat de transgene populieren een hogere capaciteit hebben verworven voor de accumulatie van zware metalen wanneer dit vergeleken wordt met wildtype bomen. Dit was echter alleen het geval op sterk vervuilde gronden. Controle gebieden met minder verontreiniging lieten geen verschil zien tussen transgene en niet-transgene populieren<sup>105</sup>. Ook zijn gg-planten ontwikkeld die arsenicum en cadmium kunnen opnemen of sterke verhoogde gehalten aan lood of zink kunnen opslaan.

Het nadeel van het opnemen van zware metalen door planten is dat de vervuiling die eerst in de bodem geïsoleerd zat nu in de planten opgeslagen wordt. De planten zullen daarna afgevoerd moeten worden. Ook dient de vraag zich aan of de planten schadelijk zijn voor organismen die zich in de nabijheid van de planten bevinden. Dit zal afhankelijk zijn van het feit of de nog giftige vorm van metalen zich in de plant bevinden, of de concentraties aan metalen dermate hoog zijn dat ze een schadelijk effect bewerkstelligen en of de organismen überhaupt van de planten eten. Dit is niet op voorhand te zeggen maar dient wel in ogenschouw genomen te worden.

Planten kunnen ook worden ingezet om organische oplosmiddelen zoals chloroform, koolstof tetrachloride en benzeen om te zetten in onschadelijke stoffen. Recent zijn resultaten verschenen van een onderzoek met gg-zaailingen van populieren in de Verenigde Staten waarbij de boom zowel verontreiniging uit de bodem als uit de lucht verwijderde. De resultaten zijn echter verkregen in het laboratorium en nog niet in het veld<sup>106</sup>. Veldproeven staan gepland voor deze zomer<sup>107</sup>.

Er dient opgemerkt te worden dat fytoremediatie niet onomstreden is. Een punt van zorg is dat de gewassen zouden kunnen uitkruisen met wilde verwanten en dat de eigenschappen zich zo in het milieu verspreiden. Onderzoek heeft echter aangetoond dat planten die worden ingezet bij bodemsanering een dusdanig verlaagde fitness bezitten dat ze de competitie nauwelijks aankunnen met planten die niet kunnen groeien op de vervuilde grond. Verspreiding van deze planten vormt in het milieu daardoor een gering risico. Echter, endemische soorten die van nature op metaalhoudende gronden groeien zouden kunnen worden weggeconcentreerd wanneer bodemreinigende gg-planten worden ingezet of wanneer de vervuiling verdwijnt. Een voorbeeld van een dergelijke soort is het beschermde zinkviooltje (*Viola calaminaria*), dat voorkomt op gronden bij voormalige zinkmijnen in Nederland, België en Duitsland<sup>108</sup>. Verder dient vermenging met voor menselijke consumptie bestemde gewassen tegen gegaan te worden. Als gg-gewassen worden ingezet zal hiermee rekening gehouden moeten worden.

*In de toekomst*

Niet alleen bij grond- maar ook bij watervervuiling zou fyto-remediatie een efficiënte oplossing kunnen bieden. Een nieuwe ontwikkeling op dit gebied is de inzet van gghelofytenfilters met een verhoogde fyto-remediatie capaciteit. Helofytenfilters zijn moerasplanten die in staat zijn om vervuild water te zuiveren. Voor de ontwikkeling van transgene varianten van moerasplanten zoals Amerikaans slijkgras (*Spartina alterniflora*), riet (*Phragmites australis*) en de grote lisdodde (*Typha latifolia*) zijn onderzoeksprogramma's opgezet<sup>109</sup>.

Met de ontwikkeling op het gebied van de verschillende -omics technologieën is het de verwachting dat steeds meer genen die verantwoordelijk zijn voor het metabolisme van schadelijke stoffen in mens en bacterie opgehelderd worden. Door deze genen in te bouwen in het genoom van planten zullen planten steeds beter in staat zijn om vervuilingen in grond of water op te nemen en te verwerken<sup>110</sup>. De snelheid waarmee planten de bodem kunnen reinigen kan hiermee wellicht aanzienlijk verhoogd worden.



## 4 Risico's van gg-gewassen

In het debat rond genetisch gemodificeerde gewassen spelen de mogelijke risico's van gg-gewassen een prominente rol. In het debat gaat het vooral om milieurisico's maar ook economische risico's zijn van belang.

### 4.1 Milieurisico's

Voordat een genetisch gemodificeerd gewas op de markt verschijnt, is er een uitvoerige vergunningsprocedure aan vooraf gegaan en is het gewas op vele verschillende aspecten beoordeeld. Bij een beoordeling van de risico's wordt gekeken naar de effecten die het ggo kan hebben op mens en milieu (waarbij de mens als integraal onderdeel van het milieu wordt beschouwd).

Hierbij worden de mogelijke schadelijke effecten van een gg-gewas vergeleken met die van het ongemodificeerde gewas waaruit het gg-gewas is afgeleid. De uitgangspunten van de milieurisicobeoordeling is in de Europese richtlijn 2001/18/EG beschreven. Hierin is vastgelegd dat bij de milieurisicobeoordeling zowel gekeken wordt naar mogelijk directe als naar indirecte schadelijke effecten van het ggo. Hierbij is de kans op verspreiding door pollen of zaden, het eventueel uitkruisen van het gewas met wilde verwanten of andere verwanten, mogelijke veranderingen in persistentie en invasiviteit van de plant en verwildering van belang. Daarnaast wordt gekeken naar eventuele nadelige effecten indien de ingebrachte genen zich in het milieu zouden verspreiden. Ook incidentele consumptie, vraat en mogelijke toxische of allergene effecten op mens en dier zijn onderdeel van de risicoanalyse. Bovendien worden eventuele effecten op niet-doelwitorganismen bestudeerd. Effecten op niet-doelwitorganismen zouden kunnen leiden tot verstoring van voedselketens of ecosystemen. Een eiwit kan mogelijk intact blijven in insecten, waarna het door insecten verspreid kan worden vanuit het proefveld. Mogelijke schadelijke effecten op de bodemmicroflora zouden een verstoring in de nutriëntenkringloop in de bodem als gevolg kunnen hebben.

Teneinde de bovenstaande aspecten te kunnen beoordelen wordt een aantal factoren in ogenschouw genomen: de eigenschappen van het gastheerorganisme waarin de transgenen zijn ingebracht, de kenmerken van de ingebrachte transgenen, de mogelijke effecten van deze genen, de kenmerken van het ggo en de mogelijke interactie met het milieu waarin het ggo geïntroduceerd wordt. Gg-gewassen en hun producten worden uitvoerig beoordeeld op veiligheid voor mens en milieu.

Alleen wanneer de beoordelende instanties en experts deze veiligheidsrisico's als verwaarloosbaar klein beschouwen, worden gg-gewassen en gg-producten op de markt toegelaten.

Aan de teeltpraktijk waarbinnen gg-gewassen worden toegepast, kunnen aanzienlijke milieunadelen kleven. Gg-gewassen zijn nu deels geassocieerd met grootschalige teelt van monoculturen. In Zuid-Amerika worden oerwouden gekapt om soja te kunnen verbouwen. Soja is een winstgevend exportgewas. De ontbossing brengt naast economische voordelen

ook tal van milieunadelen met zich mee. Daarnaast is deze teelt vaak ten nadele van de positie van lokale bevolking of oorspronkelijke volken die leven binnen deze gebieden. Het is hierbij de vraag in hoeverre deze sociale en milieuproblematiek direct samenhangt met het gg-gewas. Zou deze ontbossing ook plaatsvinden als alleen conventionele soja-variëteiten beschikbaar zouden zijn? De beschikbaarheid van herbicidentolerante gg-soja vergemakkelijkt in elk geval de grootschalige soja-teelt en is in die zin deels ‘verantwoordelijk’ voor de introductie van sojateelt in Zuid-Amerika.

## **4.2 Coëxistentie; keuzevrijheid en economische risico’s**

Indien gg-gewassen die bedoeld zijn voor verwerking in voedsel en veevoer in Europa geteeld worden na het volgen van de strikte toelatingsprocedures, worden de risico’s voor de humane en dierlijke gezondheid verwaarloosbaar klein geacht. Wel kan de teelt door vermenging en uitkruising leiden tot contaminatie van conventionele of biologische teelt en haar producten. Een dergelijke vermenging lijkt gezien het grote areaal gg-gewassen dat wereldwijd geteeld wordt, niet vermijdbaar. De vermenging van producten, inclusief zaaizaad, kan tot economische schade leiden voor betrokken telers en de verwerkende industrie, omdat zij beperkt worden in hun afzetmogelijkheden. Ook kan de keuzevrijheid van de consument beperkt worden wanneer teelt van hetzij conventionele of biologische gewassen dan wel gg-gewassen onmogelijk wordt.

Om wederzijdse aansprakelijkheidstelling tussen verschillende partijen te voorkomen is het noodzakelijk om afspraken te maken over te hanteren maatregelen en scheidingscriteria. In het verleden zijn in Nederland en ook in andere Europese landen afspraken gemaakt tussen verschillende actoren uit het veld. Deze afspraken moeten ertoe leiden dat gg-teelt naast de conventionele en biologische landbouw in harmonie kan bestaan, de zogenaamde coëxistentie. De afspraken gelden op nationaal niveau omdat door de grote verscheidenheid in landbouwpraktijken binnen Europa, er voor gekozen is niet over te gaan tot EU brede wet- en regelgeving.

In Nederland is getracht regelgeving te realiseren door het opstellen van het ‘Convenant coëxistentie Primaire sector’<sup>111</sup>. Dit convenant heeft geleid tot de verordening ‘Coëxistentie Teelt 2005’ van het Hoofdproductschap Akkerbouw (HPA)<sup>112</sup>. De verordening is echter niet zonder slag of stoot tot stand gekomen. Platform Biologica, de belangenvereniging voor biologische boeren, heeft zich in de zomer van 2007 terug getrokken uit het convenant. Zij zijn van mening dat eerst helderheid dient te ontstaan over de realisatie van een schadefonds. Wat is bijvoorbeeld de omvang van het schadefonds en wie gaat het fonds vullen? Platform Biologica heeft aangegeven niet te willen meebetalen aan een dergelijk schadefonds<sup>113</sup>. Op 6 november 2007 heeft de Tweede Kamer een motie aangenomen waarin wordt gepleit voor een schadefonds waarbij de kosten van “onbedoelde” contaminatie door gg-gewassen verhaald worden op de veroorzakers. Naar aanleiding van deze motie zal waarschijnlijk verder onderhandeld worden over het in te stellen schadefonds. Naast het schadefonds dient ook nog een plan opgesteld te worden waarmee monitoring van de teelt van gg-gewassen kan plaatsvinden. Gezien het bovenstaande is het niet de verwachting dat de verordening Coëxistentie op korte termijn van kracht wordt.

## 5 Nederlandse land- en tuinbouw

### 5.1 Nederlandse land- en tuinbouw en genetische modificatie

Nederland kent een hoog ontwikkelde land- en tuinbouw en is een van de grootste landbouwexporteurs van de wereld. De teelt van gg-gewassen zou de Nederlandse landbouw, die sterk gericht is op export, voordelen kunnen bieden. Echter, gezien het specifieke karakter van de Nederlandse landbouw dient hierbij een aantal kanttekeningen geplaatst te worden.

#### 5.1.1 Landbouwproductie en economisch belang

Het landbouwareaal in Nederland bedroeg in 2006 ongeveer 1,1 miljoen hectare<sup>114</sup>. Veruit het grootste deel hiervan (91%) wordt gebruikt voor de akkerbouw. De vier belangrijkste gewassen zijn snijmaïs, aardappelen, wintertarwe en suikerbieten. De rest van het landbouwareaal wordt gebruikt voor het verbouwen van tuinbouwgewassen. Het merendeel van het tuinbouwareaal wordt gebruikt voor teelt op open grond met name van groenten en bloembollen. Ook vinden fruitteelt (appels en peren) en boomteelt plaats in de volle grond. Ongeveer 11% van het tuinbouwareaal (10.380 ha), wordt gebruikt voor de glastuinbouw. Het landbouwareaal staat al jaren onder druk. Vooral de verstedelijking gaat ten koste van landbouwbedrijven<sup>115</sup>. Daarnaast is ook sprake van schaalvergroting. In 2006 daalde het aantal landbouwbedrijven onder de 80.000<sup>116</sup>. Tegelijkertijd steeg het gemiddelde oppervlakte van een landbouwbedrijf naar 24 ha.

Akkerbouw neemt weliswaar het grootste deel van het areaal in, de grootste toegevoegde waarde wordt gerealiseerd in de tuinbouw. Vooral bloemen, planten en bollen zijn hierbij van belang. Het teeltareaal voor bloemen en planten bedraagt slechts 4% van het totale landbouwareaal, maar de gerealiseerde toegevoegde waarde van 5,9 miljard euro is twee keer zo hoog als die van de totale akkerbouw (op een totale toegevoegde waarde van circa twaalf miljard euro). De sierteelt heeft een aandeel van 60% in de wereldhandel. Het aandeel van de bloembollenteelt is zelfs 90%. Binnen de akkerbouw is vooral de teelt van aardappelen economisch interessant met een toegevoegde waarde van 1,2 miljard euro. De toegevoegde waarde van de teelt van groenten is ongeveer gelijk aan die van akkerbouwgewassen.

Naast tuinbouwproductie is ook het veredelingsbedrijfsleven economisch van belang. Nederland is de grootste exporteur van zaden ter wereld. De omzet van de veredelingsbedrijven wordt geschat op ongeveer 2,5 miljard euro per jaar<sup>117</sup>.

#### 5.1.2 Nederlandse landbouw en gg-gewassen

Zoals uit bovenstaande blijkt ligt de economische kracht van de Nederlandse landbouw vooral in de tuinbouw, deze is immers verantwoordelijk voor het grootste deel van de agrarische economische waarde. Binnen de akkerbouw is vooral de (poot)aardappelteelt van economisch belang. Hoewel snijmaïs het grootste deel van het landbouwareaal inneemt is dit gewas van minder economisch belang.

De gg-gewassen die op dit moment wereldwijd geteeld worden zijn alle akkerbouwgewassen: maïs, koolzaad, katoen en soja. De laatste twee kunnen vanwege de klimatologische omstandigheden niet in Nederland geteeld worden. De koolzaadteelt in Nederland bedraagt op dit moment slechts 3400 ha. Alleen snijmaïs wordt op grote schaal verbouwd (218 duizend ha). De maïs- of stengelboorder waartegen de meeste gg-maïs resistent is gemaakt komt momenteel echter niet voor in Nederland. In de toekomst kunnen dergelijke insectenresistenties wellicht wel interessant worden voor de Nederlandse landbouw vanwege de opkomst van plaaginsecten in ons land (zie kader).

#### **Opkomst van de maïswortelkever in Nederland**

Van de vier wereldwijd geteelde gg-gewassen is maïs het enige (conventionele) gewas dat ook in Nederland op een aanzienlijk areaal geteeld wordt. De insectenresistenties die in gg-maïs ingebouwd zijn, zijn op dit moment niet relevant voor Nederland omdat de insecten hier niet voorkomen. Er bestaat echter een kans dat sommige insecten, waaronder de maïswortelkever (*Diabrotica virgifera virgifera*), zich in de toekomst ook in Nederland vestigen. In de EU is de maïswortelkever een quarantaineorganisme. De kever is in het verleden slechts incidenteel in Nederland aangetroffen en succesvol uitgeroeid.

Het insect komt oorspronkelijk uit Midden-Amerika. In de loop van de tijd heeft de kever zich massaal verspreid naar en binnen de Verenigde Staten, waar het grote schade aanricht. De larven van de maïswortelkever veroorzaken de meeste schade door zich te voeden met de wortels van jonge maïsplanten. Volwassen kevers voeden op de kolf. De eerste populatie van de maïswortelkever is in 1992 in Europa ontdekt rond het vliegveld van Belgrado. Waarschijnlijk is de kever in Europa geïntroduceerd door een (militair) vliegtuigtransport vanuit de Verenigde Staten. Van daaruit verspreidt het insect zich gestaag. In 1995 werden de eerste kevers waargenomen in Hongarije en Kroatië, een jaar later in Roemenië. Inmiddels behoren (grote) delen van de Balkan, Tsjechië en Oostenrijk ook tot het verspreidingsgebied van deze kever. De gemiddelde ‘verspreidingsnelheid’ naar het noordwesten, in de richting van Nederland, ligt tot nu toe rond de 40 km per jaar. Met deze snelheid zou het ruim 20 jaar duren voordat de grens van Nederland bereikt wordt. In 2005 is de maïswortelkever in vier gebieden in Nederland aangetroffen door de Plantenziektkundige Dienst (PD). Waarschijnlijk zijn de incidentele uitbraken te wijten aan transport van besmet materiaal.

Naar aanleiding van de eerder genoemde secundaire effecten van gg-gewassen zoals het stimuleren van ‘no- en low-tillage’ is er volgens experts in Nederland nu al een ontwikkeling te zien richting een minder intensieve grondbewerking. Hoewel op zware kleigronden nog steeds volledig wordt geploegd, is op lichtere kleigronden en zandgronden een verschuiving te zien van ploegen naar spitten. Hierbij wordt de vaste tandcultivator en



schijfcultivator ingezet of worden frees technieken toegepast op aardappelvelden in Flevoland en bijvoorbeeld op velden waar kool wordt geteeld in Noord-Holland.

Echte 'low-tillage' vindt in Nederland nog nauwelijks plaats. Er wordt echter wel verwacht dat minimum of no tillage in de toekomst ook in Nederland meer gebruikt gaat worden met oog op nieuwe mogelijkheden die men hiervoor heeft in Noord Amerika en de wens om energiezuiniger te telen.

De arealen in Nederland zijn te klein voor grootschalige akkerbouwproductie en ook de bedrijven zijn ondanks de eerder genoemde schaalvergroting te klein om de concurrentie op de wereldmarkt aan te kunnen. Bedrijven zullen het eerder zoeken in specialisatie en nichemarkten dan in zo goedkoop mogelijke grootschalige productie. De meeste gg-akkerbouwgewassen die thans of op korte termijn beschikbaar zijn voor teelt zijn dan ook in economisch opzicht van beperkt belang voor de Nederlandse landbouw. Een uitzondering hierop vormen gg-aardappelen. Het betreft hier een gewas met een hoge toegevoegde waarde waarin Nederland een belangrijke positie op de wereldmarkt inneemt. De economische perspectieven van gg-aardappelen, zowel met phytophthora resistentie als met een veranderd zetmeelgehalte lijken daarmee gunstig.

Verder zijn in verschillende landen, waaronder Nederland, veldexperimenten uitgevoerd met gg-suikerbieten. De commerciële introductie heeft op zich laten wachten, mede omdat de suikerverwerkende industrie huiverig was voor de reactie van de consument. Maar volgend jaar zal in de Verenigde Staten voor het eerst herbicidentolerante suikerbiet geteeld worden<sup>118</sup>. Suikerbieten met herbicidentolerantie zijn ook voor de Nederlandse omstandigheden interessant. De Venter *et al*<sup>119</sup> hebben in 2002 een studie uitgevoerd naar de mogelijke economische voordelen van de teelt van gg-suikerbieten voor de Belgische landbouw. Uit hun scenarioberekeningen kwam naar voren dat een er aanzienlijk economische voordeel te behalen was, waarvan driekwart aan de landbouwers en een kwart aan de zaadindustrie ten goede zou komen. Volgens hun berekeningen bedroeg de opbrengstverhoging voor de gemiddelde Belgische landbouwer 125 €/ha. Overigens daalt het Nederlandse areaal suikerbieten sinds 1985. Door de Europese suikerhervorming zullen naar verwachting het areaal en het aantal bietentelers verder afnemen.

De sterkte van de Nederlandse landbouw ligt zoals gezegd vooral in het tuinbouwcluster. Op dit moment worden er wereldwijd nauwelijks gg-tuinbouwgewassen geteeld. In de Verenigde Staten wordt genetische gemodificeerde papaja en pompoen geteeld. Beide gewassen zijn niet van belang voor de Nederlandse sector. In het verleden zijn er gg-tomaten op de markt geweest. Deze tomaten waren geen commercieel succes en zijn van de markt gehaald. Dit zijn overigens gewassen die langere tijd geleden op de markt zijn gebracht, inmiddels zijn de kosten voor toelating aanzienlijk opgelopen.

Naast de groente en eetbare tuinbouwgewassen is Nederland vooral sterk in de bloemen en bollenteelt. De toepassing van genetische modificatie in de sierteelt is tot op heden achtergebleven bij de akkerbouw. Op dit moment is een gg-anjer toegelaten voor import en teelt in Europa. Deze anjer met een veranderde bloemkleur is ontwikkeld door Florigene, een Australisch bedrijf met Nederlandse wortels<sup>120</sup>. De teelt vindt tegenwoordig hoofdzakelijk plaats in Zuid-Amerika. Inmiddels heeft Florigene ook een blauwe roos ontwikkeld. Bloem-

kleurverandering en met name de introductie van de kleur blauw in bloemen als roos en anjer kan commercieel interessant zijn. Hierbij speelt mee dat de dossierkosten voor toelating van siergewassen aanzienlijk lager liggen dan bij voedingsgewassen omdat voedingsproeven en toxiciteitstesten grotendeels achterwege kunnen blijven. Onduidelijk is echter of de consument daadwerkelijk genetische gemodificeerde blauwe rozen of andere bloemen zal kopen. De blauwe anjer lijkt voornamelijk verkocht te worden in de Verenigde Staten, Japan en Australië. Naast bloemkleurverandering wordt ook gewerkt aan stresstolerantie en geurverandering<sup>121</sup>. Deze toepassingen zijn nog in de onderzoeksfase en op korte termijn zijn geen commerciële toepassingen te verwachten.

### **5.1.3 Import van gg-producten in Nederland**

Naast de ontwikkeling en teelt van gg-gewassen is voor Nederland ook de import van gg-gewassen of producten van economisch belang. Nederland is een van de grootste importeurs van ggo's in de EU. Deels komt dat door de positie van de Rotterdamse haven als spil in vervoersstromen maar ook door de intensieve veehouderij in Nederland. De Nederlandse veeteeltindustrie is sterk afhankelijk van de import van veevoeder zoals soja en maïs. Veelal betreft het gg-producten. Naar verwachting zal met het wereldwijd stijgen van het aandeel ggo in de soja en maïs teelt, ook de import van gg-veevoeder verder stijgen. De veehouderij heeft ondertussen economisch belang bij snelle toelatingen van ggo's<sup>122,123</sup>. Onbedoelde vermengingen met nog niet toegelaten ggo's leiden tot schadeposten voor de veevoederindustrie, toenemende kosten voor controles en uiteindelijk hogere prijzen voor de veetelers.

### **5.1.4 Vooruitzichten**

De bestaande gg-gewassen zijn om eerder genoemde redenen binnen de huidige context minder interessant voor de Nederlandse landbouwsector. Het betreft voornamelijk akkerbouwgewassen die wereldwijd op grootschalige wijze geteeld kunnen worden. Van de gg-gewassen die op afzienbare tijd op de markt zullen komen, is voor de Nederlandse situatie hoofdzakelijk aardappel van interesse.

Of binnen afzienbare tijd nieuwe voor Nederland interessante gg-tuinbouwgewassen op de markt komen is moeilijk voorspelbaar. Zoals in paragraaf 2.5 gesteld zijn de kosten voor toelating van een gg-gewas hoog en moeilijk terug te verdienen. Bij gewassen met een te klein areaal of te lage toegevoegde waarde is het vrijwel onmogelijk de investering terug te verdienen. Daarbij kennen veel tuinbouwgewassen een snelle omloop. De cultivars zijn slechts enkele jaren op de markt voor ze verdrongen worden door nieuwe cultivars. Dit in tegenstelling tot sommige akkerbouwgewassen, die vele jaren achtereen geteeld worden. Anderzijds zien sommigen de overname van de groenteveredelaar Seminis door Monsanto als een teken dat er wel mogelijkheden zijn. Naar verwachting zal dat vooral grootschalig geteelde gewassen betreffen zoals tomaat.

In Nederland wordt gewerkt aan schurftresistente appelbomen. Uit het feit dat bij dit onderzoek ook het bedrijfsleven betrokken is, kan geconcludeerd worden dat bedrijven gg-appelbomen als interessante mogelijkheid zien.

Bij dit alles moet in ogenschouw genomen worden dat het belang van landbouwproductie in Nederland afneemt. Alleen de tuinbouwsector speelt wereldwijd nog een belangrijke rol. Echter ook hier neemt het belang van productie af, de teelt van bloemen verplaatst zich bijvoorbeeld steeds vaker naar Afrika en Zuid-Amerika.

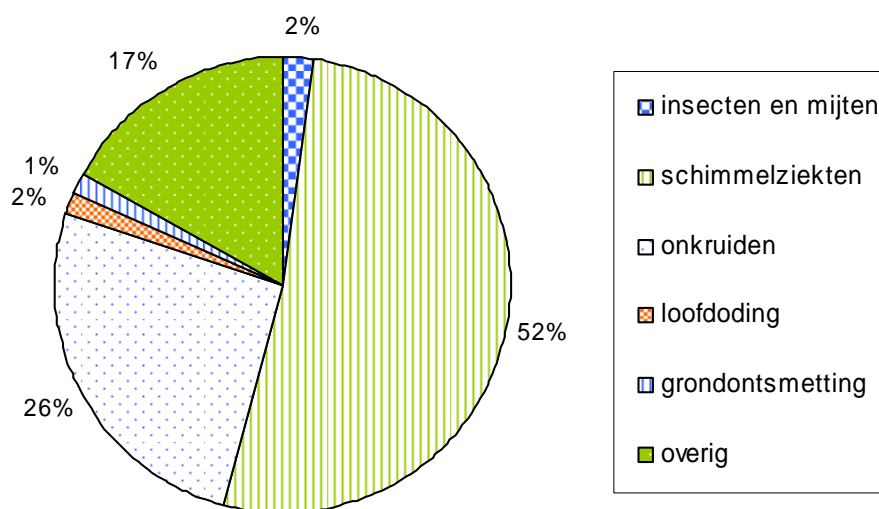
De prijzen van akkerbouwproducten zijn het afgelopen jaar gestegen door een toenemende vraag uit Azië en door de vraag naar grondstoffen voor biobrandstoffen. Naar verwachting zullen deze prijsstijgingen doorzetten en daarmee zal ook de akkerbouw in Nederland een economische impuls krijgen. Echter, het areaal blijft klein en zal door verdere verstedelijking afnemen. Dit betekent niet dat genetische modificatie de Nederlandse landbouwsector geen economische perspectieven biedt. Het Nederlandse veredelingsbedrijfsleven neemt een belangrijke positie in de wereld in en is van groot belang voor de Nederlandse economie. Veredelingsbedrijven zullen ten aanzien van genetische modificatie hernieuwd positie moeten kiezen. Hun keus zal sterk beïnvloed worden door het Europese en Nederlandse beleid.

## 5.2 Relevantie gg-gewassen voor terugdringen milieubelasting in Nederland

Nu de milieu- en economische aspecten van gg-gewassen in kaart zijn gebracht kan een inschatting gemaakt worden van de mogelijkheden die gg-gewassen kunnen bieden voor een verduurzaming van de landbouw in Nederland.

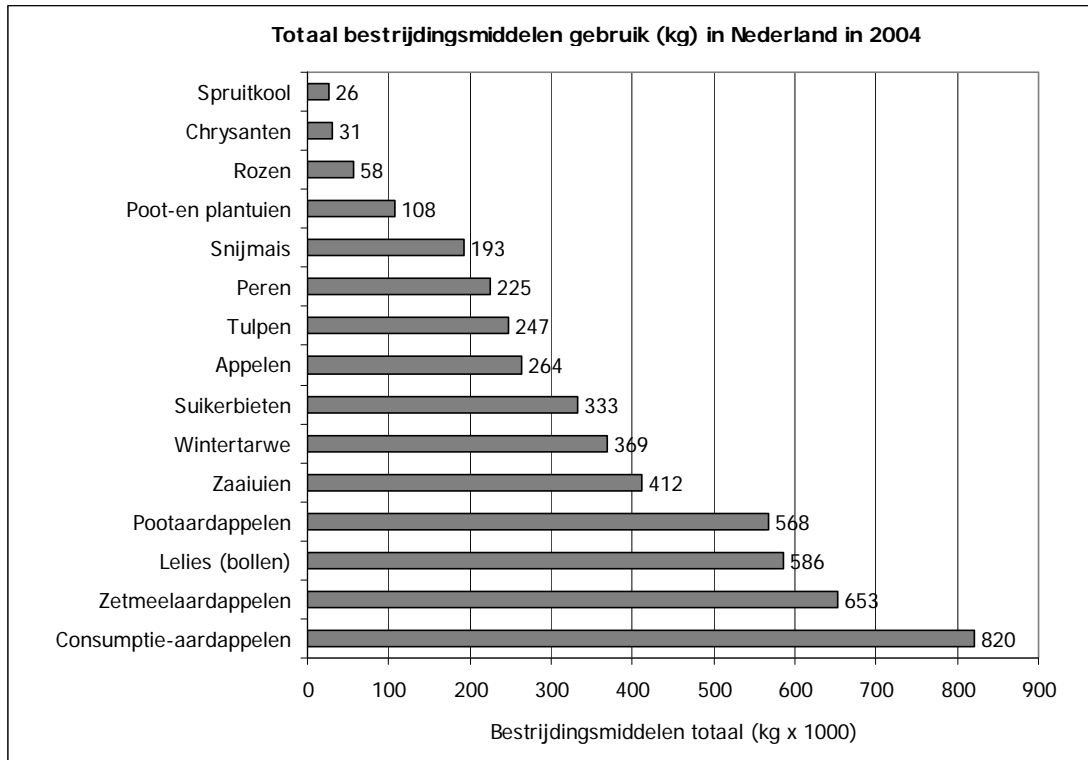
### 5.2.1 Schimmelresistente gewassen in de Nederlandse landbouw

Zowel in de akkerbouw als in de tuinbouw worden verschillende chemische gewasbeschermingsmiddelen toegepast om de gewassen te beschermen. De grootste totale hoeveelheid middelen (actieve stof) is gericht tegen schimmelziekten en onkruiden. In de onderstaande figuur is de verdeling van het gebruik van verschillende soorten gewasbeschermingsmiddelen weergegeven (figuur 3.2).



Figuur 3.2: Gebruik chemische gewasbeschermingsmiddelen Nederland (2004)

In figuur 3.3 is te zien dat de teelt van aardappelen (consumptie, zetmeel en pootaardappelen) verantwoordelijk is voor een aanzienlijk deel van het gewasbeschermingsmiddelengebruik.



**Figuur 3.3:** Overzicht van het totale hoeveelheid gewasbeschermingsmiddelengebruik in Nederland

Ook de hoeveelheid middelen die per hectare wordt gebruikt is echter van belang om iets te kunnen zeggen over het milieu-effect. Wanneer gekeken wordt naar de hoeveelheid gebruikte middelen per hectare blijkt dat bloembollen, bloemen en een aantal fruitsoorten de lijst aanvoeren. Het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen bij aardappel per hectare (11 kg / ha) vormt hier slechts een fractie van het gebruik per hectare bij bijvoorbeeld lelies (bollen) (129 kg/ha).

Naast de totale hoeveelheid gewasbeschermingsmiddelen en de hoeveelheid die per hectare op een specifiek gewas wordt toegepast, is het soort bestrijdingsmiddel van belang. Het ene bestrijdingsmiddel is meer milieubelastend dan het andere middel. Het meest gebruikte fungicide in Nederland, Mancozeb, is bijvoorbeeld weinig milieubelastend. Dit is berekend met de milieumeetlat en de gegevens over aanbevolen dosis volgens de toelating van de gewasbeschermingsmiddelendatabank CTB<sup>124</sup>.

Zoals eerder aangegeven, wordt maïs van de vier wereldwijd geteelde gg-gewassen als enige ook in Nederland op een aanzienlijk areaal geteeld. De insectenresistentie die in gg-maïs ingebouwd is, is echter niet relevant voor Nederland omdat de betreffende insecten niet in Nederland voorkomen. Echter, er bestaat een kans dat sommige van deze insecten, waaronder de maïswortelkever zich in de toekomst ook in Nederland zal vestigen. In dat

geval kunnen gewassen met dergelijke eigenschappen ook voor Nederland een rol gaan spelen.

In Nederland worden de meeste gewasbeschermingsmiddelen ingezet in de aardappelteelt tegen aardappelziekte *Phytophthora infestans*. Deze ziekte kan zowel de stengel als het blad aantasten en is bij vatbare rassen in staat om in één à twee weken het loof volledig te vernietigen. Ook de knol kan worden aangetast, waardoor deze verrot. Hoewel er tussen aardappelrassen verschillen bestaan in vatbaarheid voor phytophthora is geen enkel aardappelras volledig resistent voor deze ziekte. Een infectie met phytophthora kan leiden tot grote oogstverliezen.

Aardappelen vormen het tweede grootste akkerbouwgewas in Nederland en hebben een belangrijk aandeel in de inkomsten uit akkerbouwgewassen. Aardappeltelers spuiten grote hoeveelheden fungiciden om een phytophthora-infectie te voorkomen. De jaarlijkse kosten door schade van deze ziekte worden wereldwijd geschat op enkele miljarden dollars.

Uit cijfers van de Nederlandse aardappelorganisatie (NAO), de FAO, het CBS en KWIN kan de economische impact van de aardappelziekte worden berekend. De beheersing van *P. infestans* met fungiciden bestaat uit de kosten van de middelen zelf en van de toediening. Gewasbeschermingsmiddelen die worden ingezet tegen *P. infestans* zijn contactmiddelen zoals Mancozeb of middelen met een lokaal systemische werking in de plant. Mancozeb staat op nummer 1 in de top 3 van fungiciden die in Nederland worden toegepast (data CBS). De kosten per middel variëren van € 11 tot € 68 per kg. In de praktijk wisselen telers deze middelen af om resistentie ontwikkeling te voorkomen. Het gemiddelde aantal bespuitingen per teeltseizoen varieert van tien in aardappelpootgoed tot zestien in consumptieaardappelen. De kosten van de middelen en de toediening komen op basis van deze cijfers uit op gemiddeld € 700 per hectare waarmee de totale jaarlijkse kosten voor het Nederlandse aardappelareaal (156 000 ha) neerkomen op M€ 109.

In de biologische teelt van aardappelen, ongeveer 1400 ha in Nederland, worden geen chemische gewasbeschermingsmiddelen toegepast maar wordt een loofbrander ingezet wanneer phytophthora geconstateerd wordt en de norm (vastgesteld door het Hoofd Productschap Akkerbouw) overschreden wordt. De totale kosten bestaan uit de hoeveelheid gas die hiervoor wordt gebruikt en de toediening. Jaarlijks kost loofvernietiging in de biologische teelt M€ 0.51. Tenslotte worden er verliezen geleden die ontstaan door opbrengstverlaging (volume en kwaliteit) ten gevolge van knolaantasting door *P. infestans*. De berekende verliezen in de biologische en conventionele teelt van aardappelen komt samen op ongeveer M€ 10 waarmee de totale schade door phytophthora in Nederland jaarlijks op 120 miljoen euro komt. Dit is 10 tot 15% van de toegevoegde waarde van de aardappelteelt.

Een gg-aardappel die resistent is tegen de aardappelziekte kan leiden tot een reductie van het volume fungiciden dat toegepast wordt in Nederland. Er wordt dan ook volop onderzoek gedaan naar aardappelplanten die resistent zijn tegen de verwekker van de aardappelziekte, *P. infestans*. Plant Research International uit Wageningen wil een veldproef uitvoeren met *P. infestans* resistente aardappelen. De veldproef is onderdeel van een 10 jarig project dat in 2006 Nederland is opgestart door Wageningen UR met als titel “Duurzame Resistentie

tegen *Phytophthora* in aardappel door cisgene merkervrije modificatie (DURPh)". In het project wordt 9,9 miljoen euro geïnvesteerd afkomstig uit het Fonds Economische Structuurversterking (FES).

Ook het biotechnologiebedrijf BASF doet veldproeven met verschillende aardappelsoorten die een verhoogde resistentie hebben tegen deze ziekte<sup>11</sup>. Het zal naar verwachting nog tenminste enkele jaren duren voordat deze aardappel commercieel geteeld kan worden.

Uit de cijfers over gewasbeschermingsmiddelen die gebruikt worden, blijkt dat bij de teelt van lelie grote hoeveelheden gewasbeschermingsmiddelen per ha worden gebruikt. Vanuit dit oogpunt zouden gg-gewassen met resistenties tegen ziekten en plagen interessant kunnen zijn. Een transformatieprotocol voor lelie is echter tot op heden niet beschikbaar waarmee een gg-lilie voorlopig niet tot de mogelijkheden behoort.

Samengevat blijkt dat de huidige beschikbare herbicidentolerante en insectenresistente gewassen niet direct kansen bieden voor Nederland. Insectenplagen geven in Nederland op dit moment geen grote problemen in de landbouw. Uit cijfers van het CBS blijkt dat in de Nederlandse landbouw voornamelijk gewasbeschermingsmiddelen tegen schimmels en in mindere mate tegen onkruiden worden ingezet. Gewassen die nog in de pijplijn zitten, zoals de *phytophthoresistente* aardappel, kunnen wellicht in de toekomst leiden tot een afname van het gebruik van fungiciden.

### **5.2.2 Biobrandstoffenproductie in Nederland**

Op het gebied van biobrandstoffen zijn momenteel vele initiatieven gaande in Nederland. Naast 'traditionele' ethanolfabrieken op basis van voedingsgewassen worden ook fabrieken gerealiseerd die bio-ethanol op basis van rest- en nevenstromen uit de agrofoodsector produceren. Te denken valt hierbij aan de productie van ethanol uit aardappelschillen, stro en bietenloof. Ook houtsnippers, gebruikt papier of speciale energiegewassen kunnen hiervoor benut worden. Indien deze initiatieven echt van de grond komen kunnen gg-gewassen misschien een bijdrage leveren aan een meer efficiënte productie van bio-ethanol. Ook de eerder genoemde maïslijn die het enzym  $\alpha$ -amylase produceert kan een mogelijke efficiëntieverhoging bewerkstelligen in de bio-ethanolproductie. Tijdens ethanolproductie wordt normaliter microbieel  $\alpha$ -amylase toegevoegd om zetmeel af te breken tijdens het productieproces. Deze stap kan bij de verwerking van de genoemde maïslijn achterwege gelaten worden waardoor de omzetting tot ethanol gemakkelijker kan verlopen. De maïslijn staat op het punt toe gelaten te worden tot de Amerikaanse markt en doorloopt momenteel ook de Europese vergunningsprocedure. Gezien het langdurige toelatingsproces van gg-gewassen in Europa wordt deze maïslijn voorlopig nog niet voor teelt verwacht.

Nederland heeft zich tot doel gesteld in 2040, 30%, van de fossiele grondstoffen die gebruikt worden in de energie- en transportsector en 20 tot 45% van de fossiele grondstoffen gebruikt in de industrie, vervangen moeten zijn door biomassa. Studies hebben echter aangetoond dat de hoeveelheid biomassa die in Nederland beschikbaar is, niet voldoende is om te kunnen voldoen aan deze doelstellingen<sup>125</sup>. Grondstoffen voor de

biobrandstofproductie zullen dus geïmporteerd moeten worden. In dat opzicht biedt de teelt van de hierboven genoemde gewassen voor biobrandstoffen producten slechts geringe kansen voor Nederland.

### **5.2.3 Gg-gewassen als producent hoogwaardige stoffen**

Zoals gesteld is Nederland niet ingericht voor de grootschalige productie van gewassen. Gewassen die per hectare veel geld kunnen opleveren zijn daarentegen in Nederland zeer interessant. In dit kader zouden gg-gewassen als productieplatform voor stoffen met een hoge toegevoegde waarde, zoals farmaceutica, kansen kunnen bieden. De keuze van het te produceren product is hierbij belangrijk. Zo is bijvoorbeeld voor de productie van het eerder genoemde anti-cariës eiwit 600 kg nodig op wereldschaal. Voor andere producten die in een lagere concentratie tot expressie komen is een groter areaal benodigd<sup>98</sup>. In Nederland wordt momenteel onderzoek gedaan naar de ontwikkeling van zogeheten farmagewassen.

Productie van hoogwaardige stoffen kan ook gevonden worden in het perspectief van de amylose-vrije aardappel. De aardappel is een van de belangrijkste gewassen die in Nederland geteeld wordt. In paragraaf 2.3.2 werd de amylose-vrije aardappel genoemd die door AVEBE/BASF is ontwikkeld. Deze aardappel is zodanig gemodificeerd dat hij bijna geen amylose maar enkel nog amylopectine produceert. Hierdoor zijn er voor het verkrijgen van amylopectine minder energie en chemische hulpstoffen nodig.

### **5.2.4 Bodemreinigende gg-gewassen in Nederland**

Het is niet geheel duidelijk hoeveel verontreinigde locaties Nederland telt. De laatste inventarisatie van het ministerie van VROM geeft aan dat er circa 600.000 locaties potentieel vervuild kunnen zijn<sup>126</sup>. Dit houdt niet in dat alle locaties direct gereinigd hoeven te worden. Naar schatting dienen 60.000 locaties gesaneerd te worden. Inzet van het huidige saneringsbeleid van VROM is niet dat na de schoonmaak op de bodem elke maatschappelijke functie mogelijk is. De sanering is gericht op het toekomstige gebruik. Zo hoeft de grond onder een snelweg minder schoon te zijn dan de grond in een woonwijk. Op plaatsen waar dat mogelijk is wordt momenteel al gezocht naar alternatieve methoden om de bodem te reinigen. In het Utrechtse griftpark, dat bekend staat als een van de sterkst vervuilde gebieden in Nederland, is onlangs een nieuwe variant van een bestaande bacterie ontdekt die cyanides, polycyclische aromatische koolwaterstoffen en toluen verwerkt. De mogelijkheden om deze bacterie verder in te zetten bij bodemreiniging worden verder onderzocht<sup>127</sup>.

Andere alternatieven voor bodemreiniging kunnen, zoals in paragraaf 3.4 genoemd, gevormd worden door fyto-remediatie. Een nadeel van deze methode, waarbij gg-planten de bodem reinigen, is dat het een langdurig proces is. Voor de locaties die met spoed gereinigd moeten worden omdat de humane gezondheid in het geding kan komen, is deze vorm van bodemsanering minder geschikt. Voor gebieden waar acute sanering niet nodig is, zou fyto-remediatie wellicht toegepast kunnen worden. Dit zou zeker het geval zijn als in de toekomst planten ontwikkeld worden die de vervuiling sneller kunnen opruimen. Er moet dan echter wel zorg gedragen worden dat deze planten zich niet in het milieu kunnen verspreiden. Bovendien zijn er momenteel nog geen gg-planten op de markt die voor

fytoremediatie ingezet kunnen worden en is het moeilijk te voorspellen wanneer dit wel het geval zal zijn. Het is daarom niet de verwachting dat fytoremediatie in de toekomst in Nederland veelvuldig zal worden toegepast. De andere manieren van bodemsanering zullen zeer waarschijnlijk de voorkeur blijven genieten.

### **5.2.5 Stresstolerante gg-gewassen in Nederland**

Wereldwijd wordt bij het veranderen van agronomische eigenschappen van gewassen voornamelijk gewerkt aan droogte- en zouttolerantie. In Nederland is het niet zozeer droogte, maar juist (zout)water dat een rol speelt bij veranderingen in de bestaande landbouwpraktijk. Droogteschade en zoutschade zijn echter nauw met elkaar verbonden. Door een stijging van de waterspiegel en een daling van de grond door onder andere gaswinning neemt verzilting van de landbouwgrond geleidelijk toe doordat zout water het land binnenstroomt; zogeheten zoute kwel. Daarnaast leidt een toenemende irrigatie tijdens droge zomers tot een toename van de verzilting in lager gelegen gebieden. De klimaatveranderingen versterken deze ontwikkeling. Verzilting is op veel plaatsen in de wereld een toenemend probleem. In de voorgaande paragraaf zijn verschillende onderzoeken genoemd die gericht zijn op de ontwikkeling van zouttolerante gewassen. Deze projecten zijn er voornamelijk op gericht om uiteindelijk zouttolerante voedingsgewassen te kunnen telen in gebieden die ongeschikt zijn of worden voor de landbouw.

Deskundigen verwachten dat de verzilting ook in Nederland de komende jaren verder zal toenemen. Toch blijkt uit een recent rapport van Kempnaer *et al* dat verzilting door het bedrijfsleven niet als een substantieel probleem wordt ervaren<sup>128</sup>. Er bestaat aldus dit rapport geen duidelijk beeld over de toekomstige omvang van verzilting in Nederland. Derhalve voelen bedrijven ook weinig urgentie om zilte productie en producten op te pakken binnen de huidige land- en tuinbouw.

Tot op heden ligt de nadruk in Nederland vooral op het kunstmatig zoet houden van zoute gebieden (door verdunning met veel zoet water). Deze strategie is op langere termijn echter op veel plaatsen fysiek niet meer vol te houden en zou bovendien hoge kosten met zich meebrengen<sup>129</sup>. In gebieden die te zout worden om reguliere landbouw op voort te zetten wordt momenteel vaak zilte natuur ontwikkeld. Dit zal echter bij grote oppervlakten moeilijker te financieren zijn. Op dit moment wordt volop onderzoek gedaan om te bekijken of en hoe verzilte gronden economisch benut kunnen worden. Hierbij wordt onder andere gekeken naar de mogelijkheden van zilte landbouw<sup>129,130,131</sup>. In 2006 is het grootschalige project Leven met Zout Water (LMZW) van start gegaan waarbij inzicht in de mate van verzilting van het (grond) water in Laag Nederland en in de effecten daarvan op ruimtegebruik wordt onderzocht<sup>132</sup>.

In Nederland wordt al vanaf begin jaren tachtig gewerkt aan zoutwaterlandbouw<sup>133</sup>. Hierbij wordt echter geen genetische modificatie ingezet. De teelt van zoutminnende gewassen beperkt zich tot nu toe tot de groentegewassen zeekraal, zeekool en zeeaster<sup>134</sup>. Het vergroten van de zouttolerante eigenschappen van voedingsgewassen wordt in dit kader ook regelmatig genoemd.



Het Nederlandse landbouwareaal is dermate klein dat bulkproductie van grote voedingsgewassen zowel nu als in de toekomst niet aan de orde is. In het verkenningsrapport van Kempenaer *et al* komt men tot de conclusie dat er meer potentieel is voor de inzet van zilte gewassen in kleine hoeveelheden met een hoge kwaliteit of een ander gebruik (gericht op stoffen uit de planten) dan voor genetische modificatie van voedselgewassen zoals aardappel<sup>128</sup>.

Hoewel Nederland, vanwege het beperkte landbouwareaal niet direct een productieland is, kan ons land wel een belangrijke rol spelen in de kennisontwikkeling op het gebied van innovatie en R&D, gebruikmakend van aanwezige verziltingprocessen en agrarische kennis.

### **5.3 Mondialisering; de ecologische voetprint van Nederland**

Naast de perspectieven die gg-gewassen kunnen bieden voor de landbouw binnen Nederland; is het ook van belang om vanuit een breder perspectief te kijken. Door de omvang van de import en exportstromen in de landbouw en veeteelt reikt de ecologische voetprint namelijk verder dan de landsgrenzen van Nederland. Nederland importeert een groot deel van haar voedsel. Graan, zaad en peulvruchten worden in grote hoeveelheden geïmporteerd, evenals veel groenten die in de winter in de supermarkt liggen. Fruit is slechts voor een zeer klein deel afkomstig van Nederlandse bodem maar wordt geïmporteerd uit verschillende landen over de hele wereld.

Nederland beschikt over een relatief aanzienlijke veestapel die niet in stand gehouden kan worden met veevoer afkomstig van het eigen areaal. Voor de productie van veevoeder is Nederland afhankelijk van de buitenlandse productie. Grondstoffen zoals soja en maïs worden geïmporteerd om hier te worden verwerkt tot veevoer. Het vee dat dit voer krijgt wordt vervolgens in zijn geheel of als vleesproducten geëxporteerd.

Dit alles houdt in dat de voor- maar ook de nadelen van gg-gewassen in het buitenland ook hun weerslag hebben op Nederland.



## 6 Gg-gewassen buiten Europa

In deze signalering zal niet uitvoerig worden ingegaan op eventuele voordelen, nadelen of risico's van gg-gewassen en gg-landbouw in de verschillende werelddelen. De landbouw-systemen zijn wereldwijd zeer verschillend en daarnaast spelen ook culturele, maatschappelijke en economische verschillen tussen landen een rol bij een dergelijke analyse. De COGEM heeft echter eerder in een signalering<sup>135</sup> aandacht geschonken aan de vaak onbedoelde wereldwijde neveneffecten van nationale en Europese regelgeving ten aanzien van gentechnologie. In dit hoofdstuk zullen een aantal van de voornaamste thema's en onderwerpen die een rol spelen benoemd worden. Deze kunnen waar gewenst in latere signaleringen verder worden uitgewerkt.

### 6.1 Noord en Zuid-Amerika; schaalvergroting van de landbouw

De grootste arealen van gg-gewassen liggen in Noord- en Zuid-Amerika. In Canada wordt hoofdzakelijk gg-koolzaad verbouwd. In de Verenigde Staten worden gg-maïs en gg-soja en gg-katoen verbouwd en in Zuid-Amerikaanse landen bijna uitsluitend gg-soja. In de meeste gevallen betreft het teelt op (zeer) grootschalige bedrijven met een hoge mate van mechanisering.

Zoals eerder beschreven bepalen de wereldwijde toelatingskosten voor een gg-gewas op dit moment welk gewas op de markt verschijnt. Door de hoge wereldwijde toelatingskosten zijn alleen gg-gewassen economisch haalbaar die wereldwijd grootschalig verbouwd worden. De hoge toelatingskosten brengen ook met zich mee dat alleen grote multinationale bedrijven de benodigde investeringen kunnen opbrengen. Kleine en middelgrote bedrijven, wetenschappelijke instellingen of onderzoeksinstituten worden daardoor van deze markt van gg-gewassen uitgesloten.

Genetische modificatie in de landbouw is hiermee synoniem geworden met grootschaligheid van de landbouw. Velen zien het schrikbeeld van een landbouw gedomineerd door grote multinationals, die geen oog hebben voor het belang van boeren of milieu. Dit schrikbeeld wordt verder aangewakkerd door de sojateelt in Zuid-Amerika. Tropisch oerwoud wordt in Brazilië en Argentinië gekapt voor de teelt van monoculturen van (grotendeels gg) soja, ten koste van biodiversiteit en milieu. Of deze ontwikkeling direct verbonden is met gg-soja, is de vraag. Duidelijk is echter wel dat herbicidentolerante gg-soja de grootschalige teelt vergemakkelijkt.

### 6.2 Ontwikkelingslanden; groei gg-areaal en maatschappelijk debat

De groei van het areaal gg-gewassen vindt voor een belangrijk deel plaats in ontwikkelingslanden. Ongeveer 40% van de gg-gewassen wordt in ontwikkelingslanden geteeld<sup>6</sup>. De teelt valt grotendeels toe te schrijven aan gg-soja in Zuid-Amerika en gg-katoen in Aziatische landen als China en India. Ook in Zuid-Afrika vindt gg-teelt plaats. Het land neemt de achtste plaats op wereldranglijst in. In andere Afrikaanse landen vindt echter nauwelijks teelt plaats. In het verleden hebben sommige Afrikaanse landen ggo's als voedselhulp

geweigerd. Deels leek deze weerstand ingegeven door de vrees dat Europa als mogelijke afzetmarkt voor landbouwproducten zou wegvallen, deels door politieke bezwaren en deels door een diepgeworteld wantrouwen tegen Westerse multinationals. Of het areaal gg-gewassen zal stijgen, is mede afhankelijk van de ontwikkelingen en afzetmogelijkheden op de wereldmarkt. De houding van Europa als afzetmarkt zal hierbij een grote rol spelen<sup>136</sup>.

De druk van ziekten en plagen is in tropische en subtropische streken aanzienlijk hoger dan in gematigde streken zoals in Nederland. De oogstverliezen door schimmels, insecten of virussen zijn er vele malen hoger dan in gematigde streken. Door de hoge ziektedruk wordt intensief gespoten tegen ziekteverwekkers. In ontwikkelingslanden worden daarbij vooral goedkopere breed werkende middelen toegepast, die vanwege hun risico's voor mens en milieu vaak in Westerse landen verboden zijn. De inbouw van resistenties bijvoorbeeld door genetische modificatie biedt de landbouw in ontwikkelingslanden dan ook grote potentiële voordelen. Resistenties kunnen echter snel doorbroken worden. Een resistente plant is dan ook slechts een deel van de oplossing. Alleen door een geïntegreerde aanpak (*Integrated pest management* (IPM)) waarbij ook gekeken wordt naar de inzet van gewasbeschermingsmiddelen tegen secundaire plagen, teeltmaatregelen, scholing en training van boeren kunnen oogstverliezen ook op langere termijn teruggedrongen worden. Bij IPM is de beschikbaarheid van resistente gewassen een noodzaak. Gg-gewassen kunnen hierbij in principe een belangrijke rol vervullen.

In Afrika zijn verschillende samenwerkingsverbanden opgericht tussen nationale onderzoeksinstituten teneinde het biotechnologisch onderzoek te versterken (bijvoorbeeld the Association for Strengthening Agricultural Research in Eastern and Central Africa (ASARECA)). In verscheidene ontwikkelingslanden wordt door lokale en internationale instituten gewerkt aan gewassen zoals banaan, sorghum en rijst<sup>137</sup>. Ook is er sprake van samenwerking tussen het westerse bedrijfsleven en lokale onderzoeksorganisaties, waarbij het bedrijfsleven licenties op hun technologie of producten voor niets of tegen sterk verlaagde tarieven beschikbaar stelt<sup>138,139</sup>.

Deze inspanningen nemen echter niet weg dat er een groeiende kloof bestaat tussen ontwikkelde en ontwikkelingslanden. Hierbij moet in ogenschouw worden genomen dat gg-gewassen zijn ontwikkeld vanuit het perspectief van de grootschalige westerse landbouw. Zeventig procent van de investeringen in de groene biotechnologie wordt gedaan door private ondernemingen die zich richten op de landbouw in (hoog) ontwikkelde landen. Grootschalige investeringen in onderzoek naar de vijf belangrijkste voedingsgewassen (sorghum, gierst, aardnoot, kikkererwt en duivenerwt) in de semi-aride klimaatsgebieden blijven uit. Het risico is aanwezig dat de ontwikkelingslanden geen aansluiting zullen vinden met de nieuwe ontwikkelingen en dat biotechnologie de verschillen tussen de landen verder zal vergroten<sup>140</sup>.

*Maatschappelijk debat*

Ook in ontwikkelingslanden wordt verschillend gedacht over gg-gewassen en gg-voedsel. In het maatschappelijke debat worden deels dezelfde argumenten als in Europa gebruikt maar er zijn ook een aantal accentverschillen. Voorstanders leggen meer de nadruk op het veiligstellen van de voedselvoorziening en stellen daarbij dat ontwikkelingslanden zich niet de luxe kunnen veroorloven van keuzevrijheid. Ze wijzen hierbij op het nut van het inbouwen van resistenties tegen plagen en ziekten, opbrengstvermeerdering en droogtetoleranties. Tegenstanders zijn juist van mening dat gg-landbouw ontwikkelingslanden weinig te bieden heeft en de afhankelijkheid van deze landen juist zal verhogen. Ze wijzen op het gevaar van multinationals die de landbouw gaan beheersen en een dreigende ‘herkolonialisering’ door het Westerse bedrijfsleven. Ook het recht van boeren om eigen zaden te produceren weegt zwaar in de argumentatie. Veel boeren in ontwikkelingslanden produceren hun eigen zaden. Aangezien gg-gewassen gepatenteerd zijn, is het boeren niet toegestaan zelf zaden te produceren en zijn ze verplicht iedere keer zaaigoed te kopen bij de producent. Hierbij mag overigens niet uit het oog verloren worden dat eigen zaai- en pootgoedproductie sterk onder druk staat. Ook bij conventioneel zaaigoed is eigen productie vaak niet mogelijk is omdat het F1 hybriden betreft. Aan eigen zaadproductie door boeren kleven verder nadelen zoals de aanwezigheid van ziekten en virussen. Zaaigoed van veredelingsbedrijven is in die zin superieur omdat ze een betere oogstzekerheid bieden door gegarandeerde kiemkracht en daarnaast ziektevrij zijn.

In het maatschappelijke debat over genetische modificatie treden grotendeels dezelfde actoren op als in de Westerse landen. Aan de kant van de voorstanders zijn vertegenwoordigers van multinationals en dochterbedrijven prominent aanwezig. Bij de tegenstanders komen we dezelfde NGO’s tegen als in Europa. Organisaties als Greenpeace of Friends of the Earth zijn wereldwijd georganiseerd met verschillende landenafdelingen, supportgroepen en ondersteuning voor lokale organisaties. Feitelijk kan gesproken worden over multinationals aan beide kanten van het debat.



## 7 Conclusies

### *Snelle wereldwijde toename areaal gg-gewassen maar niet in Europa*

- Het wereldwijde areaal gg-gewassen bedroeg in 2006 102 miljoen hectare en groeit met gemiddeld 10% per jaar.
- De snelle opmars van gg-gewassen wordt veroorzaakt doordat deze de boer economische voordelen biedt.
- Teelt is beperkt tot vier gewassen te weten soja, maïs, katoen en koolzaad en de ingebouwde eigenschappen beperken zich tot herbicidentolerantie, insectenresistentie of een combinatie van beiden.
- Teelt vindt voornamelijk plaats in Noord- en Zuid-Amerika en in mindere mate in China en India. In Afrika, met uitzondering van Zuid-Afrika, en Europa vindt nauwelijks teelt plaats.
- De afwezigheid van teelt in Europa lijkt grotendeels veroorzaakt door de geringe maatschappelijke acceptatie en de trage besluitvorming.
- Het is mogelijk dat er in de toekomst een kentering zal plaatsvinden in de maatschappelijke weerstand van Europeanen en Nederlanders tegen gg-gewassen. Maar dit hangt af van verschillende factoren en is daarmee moeilijk te voorspellen.

### *Maatschappelijke acceptatie en toelatingskosten bepalen succes gg-gewassen*

- Vooral in Europa is er grote maatschappelijke weerstand en wantrouwen ten opzichte van gg-voedsel. Overheden proberen door strikte toelatingseisen en het verplicht stellen van een uitvoerige risico-analyse (inclusief tal van veiligheidstesten) de veiligheid voor mens en milieu te garanderen en het vertrouwen van consument en burger te winnen.
- De belangrijkste reden dat de teelt beperkt is gebleven tot vier gewassen ligt in het feit dat de wereldwijde toelatingskosten van gg-gewassen hoog (7 tot 15 miljoen euro) zijn. Deze hoge kosten kunnen alleen terugverdiend worden bij gg-gewassen die geteeld worden op grote arealen.

### *Risico's verbonden aan gg-gewassen: economische schade en grootschaligheid*

- Gg-gewassen worden alleen toegelaten als de risico's voor mens en milieu verwaarloosbaar klein zijn. Geen enkel ander gewas of voedselproduct wordt zo uitvoerig getest op veiligheid als gg-gewassen en gg-voedsel.
- De risico's van gg-gewassen bestaan voor Nederland vooral op het economische vlak. Door teelt van gg-gewassen kan contaminatie optreden van conventionele of biologische teelt en haar producten. De vermenging kan tot economische schade voor betrokken telers en de verwerkende industrie leiden, omdat zij beperkt worden in hun afzetmogelijkheden. Ook kan de keuzevrijheid van de consument hierdoor beperkt worden.
- Vaak is teelt van gg-gewassen verbonden met grootschalige teelt. De teeltpraktijk waarin gg-gewassen toegepast worden, kan in sommige gevallen aanzienlijke milieunadelen met zich meebrengen, zoals in Zuid-Amerika. Het is daarbij de vraag of gg-gewassen een essentieel onderdeel zijn van die teeltpraktijk of dat deze ook zou plaatsvinden met conventionele variëteiten.

### *Gg-gewassen en kansen voor het milieu*

- Het inbouwen van resistenties tegen ziekten en plagen kan grote milieuvoordelen bieden, zowel voor ontwikkelingslanden als westerse landen.

- De meeste studies laten zien dat het gebruik van insecticiden door de teelt van insectenresistente gg-gewassen, zoals katoen en maïs, afneemt.
- Uit studies blijkt dat bij herbicidentolerante gg-gewassen een toe- of afname van het herbicidegebruik sterk afhangt van het soort gewas, de teeltomstandigheden, de teeltpraktijk en de klimaatsomstandigheden, als ook van het herbicidegebruik in de conventionele teelt.
- Milieuvordelen zijn te verwezenlijken door de ontwikkeling van gg-gewassen die aangepast zijn voor een eenvoudigere verwerking, zoals amylose-vrije aardappelen. Of gg-gewassen waarin hoogwaardige componenten zoals farmaceutica of enzymen worden geproduceerd milieuvordelen kunnen bieden boven de gangbare productiewijzen zoals fermentatie en chemische synthese, dient nog verder onderzocht te worden.
- Ook het inbouwen van droogte- en zouttoleranties in gg-planten kan milieuvordelen bieden. Het zal echter waarschijnlijk nog enige tijd duren voor dergelijke gewassen op de markt verschijnen.

#### ***Relevantie van gg-gewassen voor de Nederlandse landbouw***

- Bij een beoordeling welke voordelen gg-gewassen voor een duurzame landbouw kunnen bieden moet niet alleen gekeken worden naar de Nederlandse teeltpraktijk maar ook naar de mondiale context. Nederland importeert grote hoeveelheden voedsel en veevoeder. Gezien de afhankelijkheid van landbouwproductie in het buitenland moet bij een afweging ook de voor- en nadelen voor een duurzame teelt in het producerende land meegenomen worden.
- De thans op de markt zijnde gg-gewassen zijn zowel vanuit economisch als milieuoogpunt nauwelijks interessant voor de Nederlandse landbouw.
- Er worden gg-gewassen ontwikkeld die mogelijk wel interessant zijn voor de Nederlandse situatie, zoals gg-aardappelen. Op de langere termijn zouden gewassen met een hoge toegevoegde waarde, zoals farmagewassen, een bijdrage aan duurzame landbouw in Nederland kunnen leveren.
- Het economische zwaartepunt van de Nederlandse landbouw ligt in het tuinbouwcluster en in de veredelingssector. Of er gg-tuinbouwgewassen op de markt komen, hangt sterk af van maatschappelijke acceptatie en economische haalbaarheid. Hierbij zijn de toelatingskosten een belangrijke factor.

#### ***Innovatie en genetische modificatie***

- Het Nederlandse veredelingsbedrijfsleven is tot op heden terughoudend geweest ten opzichte van genetische modificatie. Mede gezien de internationale ontwikkelingen lijkt zich een voorzichtige ommekeer aan te dienen. Veredelingsbedrijven zullen ten aanzien van genetische modificatie hernieuwd positie moeten kiezen. Hun keus zal sterk beïnvloed worden door het Europese en Nederlandse beleid.
- Het Nederlandse bedrijfsleven en Nederland als importeur en doorvoerhaven van bulkproducten zoals maïs en soja is erbij gebaat dat de Europese toelatingsprocedures voor gg-gewassen gestroomlijnd worden en besluiten sneller genomen worden, zonder dat de milieuveiligheid en voedselveiligheid in het geding komen.





**Directoraat-Generaal Milieu**  
Directie Stoffen, Afvalstoffen, Straling  
Straling, nucleaire- en bioveiligheid

Rijnstraat 8  
Postbus 30945  
2500 GX Den Haag  
Interne postcode 645

Commissie Genetische Modificatie (COGEM)  
Dagelijks bestuur  
Prof. Dr. Ir. B.C.J. Zoeteman  
Postbus 578  
3720 AN Bilthoven

Telefoon 070-3394990  
Fax 070-3391316  
www.vrom.nl

## Vraag naar signalering over kansen en risico's van ggo's voor het milieu

Datum  
**07 SEP 2007**

Kenmerk  
SAS/pho/2007085511

Afschrift aan  
hSNB, IL, MW

Geachte heer Zoeteman,

In de Trendanalyse biotechnologie 2007 staat o.a. te lezen dat de teelt van genetisch gemodificeerde gewassen mondiaal gestaag toeneemt. In de EU is van grootschalige commerciële teelt van ggo's echter nog nauwelijks sprake. In Nederland vindt momenteel helemaal geen commerciële teelt van ggo's plaats. Het aantal voor teelt in de EU toegelaten ggo's neemt echter toe en zal naar verwachting blijven toenemen.

In de Integrale Nota Biotechnologie staat "De kansen die moderne biotechnologie biedt voor duurzamere landbouw, voor schonere productiemethoden, voor een betere gezondheidszorg en een beter milieu moeten worden benut." Inmiddels, 6 jaar later, is er nog steeds discussie over de wenselijkheid van genetisch gemodificeerde gewassen in de landbouw. Aan de orde is de vraag of gg-gewassen bijdragen aan een duurzame landbouw. De discussie rond herbicidentolerante gewassen is hier een voorbeeld van. Hoewel deze gewassen al meer dan 10 jaar op grote schaal verbouwd worden, bestaat er nog steeds discussie of deze gewassen een milieuvoordeel opleveren of juist het herbicidegebruik doen toenemen. Ook de discussie over Bt-gewassen is nog niet gedoofd.

De gg-gewassen die op dit moment in de EU commercieel verbouwd mogen worden zijn voor de Nederlandse landbouw op dit moment niet erg interessant. Is de verwachting dat er binnen enkele jaren wel gewassen op de markt komen die voor de Nederlandse landbouw interessant zullen zijn? Wat zijn de kansen voor het milieu die deze gewassen zouden kunnen bieden? En welke risico's en problemen voor een duurzame landbouw kan de commerciële, grootschalige teelt van deze gewassen met zich meebrengen? Wat zijn de randvoorwaarden waarbinnen ggo's een bijdrage kunnen leveren aan duurzame landbouw? Hierbij wil ik u vragen ook breder te kijken dan de Nederlandse situatie en ook de ontwikkelingen in andere landen, met name de Derde Wereldlanden, in beschouwing te nemen.

# Bijlage 1



Met deze brief wil ik de Commissie Genetische Modificatie vragen om een signalering uit te brengen over de eventuele kansen van genetisch gemodificeerde gewassen voor een duurzame ontwikkeling in de landbouw op langere termijn en hoe deze zich verhouden tot de risico's. Daarbij zou kunnen worden ingegaan op bovengenoemde vraagstukken.

Ik realiseer mij dat de vraagstelling erg breed is en dat niet alles eenvoudig te beantwoorden is. Ik hoop nog dit jaar een eerste signalering te mogen ontvangen van de vragen waar u op korte termijn een antwoord op kunt formuleren, met hierbij een beschrijving van het eventuele vervolgtraject.

Hoogachtend,  
De minister van Volkshuisvesting,  
Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer,

A handwritten signature in black ink, consisting of several fluid, overlapping strokes, positioned above the printed name.

Dr. Jacqueline Cramer

## Referenties

- 1 Brundtland G H, Khalid M, et al., (1987), World Commission on Environment and Development: "Our Common Future", Oxford University Press, Oxford/New York
- 2 Kamar M, Coff C, Wynne B (2006) GMOs and sustainability Contested views, routes and drivers, Danish Council of Ethics
- 3 CBD, COGEM en Gezondheidsraad (2007). Achtergrondstudies Trendanalyse Biotechnologie 2007. Kansen en Keuzes
- 4 COGEM (2006). Nieuwe technieken in de plantenbiotechnologie. COGEM advies en signalering (CGM/061024-02)
- 5 COGEM (2007). Het gentedebat ontleed. Een analyse van terugkerende kernthema's en argumenten. COGEM signalering (CGM/071004-01)
- 6 ISAAA (2006). Global status of commercialized biotech/GM crops: 2006. Internet: [www.isaaa.org](http://www.isaaa.org)
- 7 GMO compass (2007). Commercial GM Crops in EU on the rise. GM Maize: 110,000 Hectares under Cultivation. Internet: [www.gmo-compass.org/eng/agri\\_biotechnology/gmo\\_planting/191.eu\\_growing\\_area.html](http://www.gmo-compass.org/eng/agri_biotechnology/gmo_planting/191.eu_growing_area.html) (17 december 2007)
- 8 COGEM (2007). Import and processing of alpha-amylase encoding maize 3272. (CGM/070905-01)
- 9 Demont M, Deloof F, Tollens E (2002). Impact van biotechnologie in Europa: de eerste vier jaar Bt maïs adoptie in Spanje. Katholieke Universiteit Leuven. Working paper 2002/63
- 10 Friends of the Earth (2007) Who benefits from gm crops? An analysis of the global performance of gm crops (1996-2006)
- 11 COGEM (ongepubliceerd). Inventarisatie veldproeven wereldwijd
- 12 Gaskell G, et al (2006). Europeans and biotechnology in 2005: Patterns and trends. Eurobarometer 64.3
- 13 Vriend HC de (2004). Mogelijkheid gentedvrije ketens: Onderzoek naar voorwaarden, knelpunten en mogelijkheden vanuit een ketenbenadering. COGEM onderzoeksrapport CGM/2004-02
- 14 Vriend de HC. (2004). Burgers en trends in biotechnologie: onderzoek naar waarden en doelen. Bijlage 1 bij kabinetsreactie op Trendanalyse Biotechnologie 2004. VROM
- 15 Gaskell G, Allum N, Stares S (2003) Europeans and Biotechnology in 2002. Eurobarometer 58.0
- 16 CBD, COGEM en Gezondheidsraad (2007) Trendanalyse Biotechnologie 2007. Kansen en Keuzes
- 17 Kalaitzandonakes N, Alston JM, Bradford KJ (2007). Compliance costs for regulatory approval of new biotech crops. *Nature biotechnology* 25: 509-511
- 18 Ekoland (2007). Biologisch veevoer, kan het nog ggo-vrij blijven? Werken aan korte lijnen en transparantie in de keten
- 19 Xu D, et al. (1996). Constitutive expression of a cowpea trypsin inhibitor gene, CpTi, in transgenic rice plants confers resistance to two major rice insect pests. *Molecular breeding* 2: 167-173
- 20 Bell HA, et al. (2001). Effect of dietary cowpea trypsin inhibitor (CpTI) on the growth and development of the tomato moth *Lacanobia oleracea* (Lepidoptera:Noctuidae) and on the success of the gregarious ectoparasitoid *Eulophus pennicornis* (Hymenoptera: Eulophidae). *Pest management science*: 57:57-65
- 21 Zhao J, et al. (2006). Transformation of modified cowpea trypsin inhibitor gene and anti-bacterial peptide gene in *Brassica pekinensis* protoplasts mediated by *Agrobacterium tumefaciens*. *Euphytica* 149: 317-326
- 22 Huang J, et al. (2005). Insect-resistant GM rice in farmers' fields: assessing productivity and health effects in China. *Science* 308: 688-690
- 23 Van der Vossen E, et al. (2003). An ancient *R* gene from the wild potato species *Solanum bulbocastanum* confers broad-spectrum resistance to *Phytophthora infestans* in cultivated potato and tomato. *The Plant Journal* 36: 867-882
- 24 Brookes G, Barfoot P (2006). Global impact of biotech crops: socio-economic and environmental effects in the First ten years of commercial use. *AgBioForum* 9: 139 -151
- 25 AG-West Biotech inc. GM crops reduce pesticide use (2001). *AgBiotech Bulletin* 9(6)
- 26 Benbrook C (2003). Economic and environmental impacts of First generation genetically modified crops. Lessons from the United States. International Institute of Sustainable Development (Winnipeg, Canada)
- 27 Checkbiotech. Brazil: transgenic soybean seeds increase herbicides (2007) Internet: [www.checkbiotech.org](http://www.checkbiotech.org)
- 28 Kleter GA, et al. (2007). Altered pesticide use on transgenic crops and the associated general impact from an environmental perspective. *Pest Management Science* 63:1107-1115

- 29 National Agricultural Statistics Service, Agricultural Statistics Board, US Department of Agriculture. Agricultural Chemical Usage (PCU-BB). Washington, DC (2006). Internet: [usda.mannlib.cornell.edu/MannUsda/viewDocumentInfo.do?documentID=1001](http://usda.mannlib.cornell.edu/MannUsda/viewDocumentInfo.do?documentID=1001) (25 november 2006)
- 30 Cattaneo MG, *et al.* (2006) Farm-scale-evaluation of the impacts of transgenic cotton on biodiversity, pesticide use, and yield. *Proceedings of the National Academy of Science USA* 103: 7571-7576
- 31 COGEM (2003). Farm Scale Evaluations geëvalueerd (CGM/031128-01)
- 32 Sweet J, Simpson E, Law J, *et al.* (2004). Botanical and rotational implications of genetically modified herbicide tolerance in winter oilseed rape and sugar beet (BRIGHT Project). HGCA project report 353
- 33 Qaim M, Zilberman D. (2003). Yield effects of genetically modified crops in developing countries. *Science* 299: 900-901
- 34 Pray CE, *et al.* (2002). Five years of Bt cotton in China – the benefits continue. *Plant journal* 31: 423-430
- 35 Fernandez Cornejo J and Caswell M. The First Decade of Genetically Engineered Crops in the United States. United States Department of Agriculture, Economic Research Service, Washington, DC (2006). Internet: [www.ers.usda.gov/publications/EIB11](http://www.ers.usda.gov/publications/EIB11) (17 februari 2007)
- 36 Cornell University (2006). Annual Meeting American Agricultural Economics Association. Long Beach California, 25 juli 2006
- 37 GMO safety. Bt maize is an additional means of reducing mycotoxins. Internet: [www.gmo-safety.eu](http://www.gmo-safety.eu) (17 januari 2008)
- 38 Kovach J, *et al.* (1992). A method to measure the environmental impact of pesticides. *NY food life sciences bulletin* 139: 1-8
- 39 Kleter GA and Kuiper HA (2003). Environmental fate and impact considerations related to the use of transgenic crops, in *Chemistry of Crop Protection, Progress and Prospects in Science and Regulation*, ed. by Voss G and Ramos G. John Wiley & Sons, GmbH, Weinheim, Germany, pp. 305–321
- 40 Kleter GA and Kuiper HA (2004). Assessing the environmental impact of changes in pesticide use on transgenic crops, in *Environmental Costs and Benefits of Transgenic Crops, Wageningen UR Frontis Series Vol. 7*, ed. by Wesseler J. Kluwer, Dordrecht, The Netherlands, pp. 33–43. Internet: [library.wur.nl/frontis/transgenic\\_crops/03a\\_kleter.pdf](http://library.wur.nl/frontis/transgenic_crops/03a_kleter.pdf) (25 november 2006)
- 41 CLM (2007). Milieumeetlat. Internet: [www.milieumeetlat.nl](http://www.milieumeetlat.nl) (4 januari 2008)
- 42 RIVM. Dossier Life Cycle Assessment. Internet: [www.rivm.nl/milieuportaal/dossier/lca/](http://www.rivm.nl/milieuportaal/dossier/lca/) (13 december 2007)
- 43 Bennet R, *et al.* (2004). Environmental and human health impacts of growing genetically modified herbicide tolerant sugar beet: a life cycle assessment. *Plant biotechnology journal* 2, 273 - 278
- 44 Fawcett R and Towery D (2003). Conservation and Plant Biotechnology: How New Technologies Can Improve the Environment by Reducing the Need to Plow. Conservation Technology. Information Center, West Lafayette. Internet: [www2.ctic.purdue.edu/CTIC/BiotechPaper.pdf](http://www2.ctic.purdue.edu/CTIC/BiotechPaper.pdf) (25 November 2006)
- 45 Uri ND (2001). Conservation practices in U.S. agriculture and their impact on carbon sequestration. *Environmental Monitoring and Assessment* 70: 323–344
- 46 Hooker BA, *et al.* (2005). Long-term Effects of Tillage and Corn Stalk Return on Soil Carbon Dynamics. *Soil science society of America journal* 69: 188 –196
- 47 Lazarus W, Selley R. (2005) Farm machinery economic cost estimates for late 2005. St. Paul, MN: University of Minnesota Extension Service
- 48 The physics factbook. Internet: [hypertextbook.com/facts/2001/MarinaStasenko.shtml](http://hypertextbook.com/facts/2001/MarinaStasenko.shtml) (november 2007)
- 49 GMO Compass. Disease resistance. Internet: [http://www.gmo-compass.org/eng/agri\\_biotechnology/breeding\\_aims/148.disease\\_resistant\\_crops.html](http://www.gmo-compass.org/eng/agri_biotechnology/breeding_aims/148.disease_resistant_crops.html) (19 januari 2007)
- 50 Joint Research Centre. List of SNIFs circulated under article 9 of Directive 90/220/EEC
- 51 BASF and Monsanto announce R&D and Commercialization collaboration agreement in plant biotechnology. *Persbericht Monsanto* 21 maart 2007
- 52 Pioneer Hi-bred International. Drought tolerance corn. Internet: [www.pioneer.com](http://www.pioneer.com) (februari 2007)
- 53 Passioura J (2007). The drought environment: physical, biological and agricultural perspectives. *Journal of experimental botany* 58: 113-117
- 54 Biogemma. Internet: [www.biogemma.com](http://www.biogemma.com) (18 december 2007)
- 55 Zhang J. *et al.* (2004). From laboratory to field. Using information from arabidopsis to engineer salt, cold, and drought tolerance in crops. *Plant physiology* 135: 615-621

- 56 Rivero et al (2007). Delayed leaf senescence induces extreme drought tolerance in a flowering plant. PNAS 104: 19631-19636
- 57 Nelson et al (2007). Plant nuclear factor Y (NF-Y) B subunits confer drought tolerance and lead to improved corn yields on water-limited acres. PNAS 104: 16450-16455
- 58 International maize and wheat improvement center. In quest for drought-tolerant varieties, CIMMYT sows first transgenic wheat field trials in Mexico. Internet: [www.cimmyt.org](http://www.cimmyt.org) (12 march 2004)
- 59 International maize and wheat improvement center. Results of transgenic wheat trial look promising. Internet: [www.cimmyt.org](http://www.cimmyt.org), (september 2004)
- 60 Jia H (2004). China ramps up efforts to commercialize GM rice. Nature biotechnology. 22:642
- 61 Hu H *et al.* (2006). Overexpressing a NAM, ATAF, and CUC (NAC) transcription factor enhances drought resistance and salt tolerance in rice. Proceedings of the National Academy of Science 103: 12987-12992
- 62 Wang Y, *et al.* (2005). Molecular tailoring of farnesylation for plant drought tolerance and yield protection. Plant journal 43: 413-424
- 63 Application for licence for intentional release of GMOs into the environment: Application No. DIR 071/2006. Internet: [www.oagr.gov.au/ir/dir071.htm](http://www.oagr.gov.au/ir/dir071.htm) (26 maart 2007)
- 64 Bahieldin A, *et al.* (2005). Field evaluation of transgenic wheat plants stably expressing the HVA1 gene for drought tolerance. Physiologia planetarium 123: 421-427. 2005
- 65 Science and Technology Network. Internet: [www.scidev.net/News/index.cfm?fuseaction=readNews&itemid=1661&language=1](http://www.scidev.net/News/index.cfm?fuseaction=readNews&itemid=1661&language=1) (11 december 2007)
- 66 Sheehy JE, Mitchell PL, Hardy B, eds. (2000). *Redesigning Rice Photosynthesis to Improve Yield*. Amsterdam, the Netherlands: Elsevier. (Proceedings of a Workshop the Quest to Reduce Hunger: Redesigning Rice Photosynthesis, 30 November-3 December 1999, at the International Rice Research Institute)
- 67 Boerjan W. (2005). Biotechnology and the domestication of forest trees. Current opinion in biotechnology 16: 159 - 166
- 68 Williams CG (2005). Framing the issues in transgenic forests. Nature Biotechnology 23; 530 - 532
- 69 Böhlenius H *et al.* (2006). *CO/FT* Regulatory Module Controls Timing of Flowering and Seasonal Growth Cessation in Trees. Science 312
- 70 Weigel D, Nilsson O (1995). A developmental switch sufficient for flower initiation in diverse plants. Nature 377
- 71 COGEM (2007). Import of genetically modified maize LY038 with a higher lysine content (CGM/070504-01)
- 72 COGEM (2005). Kleinschalige veldproef met genetisch gemodificeerde aardappelplanten met een verlaagd amylopectinegehalte (CGM/051206-02)
- 73 COGEM (2005). Kleinschalige veldproef met genetisch gemodificeerde aardappelplanten met een verlaagd amylosegehalte (CGM/051206-03)
- 74 Sticklen M (2006). Plant genetic engineering to improve biomass characteristics for biofuels. Current opinion in biotechnology 17: 315-319
- 75 Rath A (2006). The promise of dedicated Energy Crops. Proceedings third annual of the world congress on industrial biotechnology and bioprocessing
- 76 Ferguson B (2006). Enhanced Energy Crops for Cellulosic Ethanol. Abstract third annual of the world congress on industrial biotechnology and bioprocessing
- 77 Edenspace. Internet: [www.edenspace.com](http://www.edenspace.com) (20 november 2007)
- 78 Ceresbiotech. Internet: [ceresbiotech.com](http://ceresbiotech.com) (20 november 2007)
- 79 Agrivida. Internet: [www.agrivida.com](http://www.agrivida.com) (20 november 2007)
- 80 Ragauskas AJ *et al.* (2006). The path forward for biofuels and biomaterials. Science 311: 484-489
- 81 VIB (2007). VIB vraagt veldproef aan, en onderzoekt de productie van duurzame biobrandstof door populieren met een gewijzigde houtsamenstelling. Persbericht 5 december 2007
- 82 Checkbiotech.org (2007). Scientists develop low-lignin eucalyptus trees. Internet: [www.checkbiotech.org](http://www.checkbiotech.org) (30 november 2007)
- 83 International energy agency (2004). Biofuels for transport. An international perspective.
- 84 Dow AgroSciences (2006). Dow AgroSciences achieves world's first registration for plant-made vaccines. Persbericht 31 januari 2006. Internet: [www.dowagro.com](http://www.dowagro.com)
- 85 Meristem Therapeutics. Internet: [www.meristem-therapeutics.com](http://www.meristem-therapeutics.com) (31 januari 2008)
- 86 Medicago Inc. Internet: [www2.medicago.com](http://www2.medicago.com) (31 januari 2008)
- 87 SemBioSys. Internet: [www.sembiosys.ca](http://www.sembiosys.ca) (31 januari 2008)
- 88 Biolex. Internet: [www.biolex.com](http://www.biolex.com) (31 januari 2008)

- 89 Protalix BioTherapeutics. Internet: [www.protalix.com](http://www.protalix.com) (31 januari 2008)
- 90 Bayer Cropscience. (2006). Persbericht. Bayer Acquires Icon Genetics AG (11 januari 2006)
- 91 European technology platform plants for the future (2007). Strategic research agenda 2025
- 92 Wieland WH, Lammers A, Schots A et al. (2006). Plant expression of chicken secretory antibodies derived from combinatorial libraries. *Journal of biotechnology* 122: 382-391
- 93 Streatfield SJ (2007). Approaches to achieve high-level heterologous protein production in plants. *Plant biotechnology journal* 5: 2-15
- 94 Sun HJ, Kataoka H, Yano M et al. (2007). Genetically stable expression of functional miraculin, a new type of alternative sweetener, in transgenic tomato plants. *Plant biotechnology journal* 5: 768-777
- 95 Monsanto (2006). Metabolix Purchases Biopol Assets From Monsanto. Persbericht Monsanto. Internet: [www.monsanto.co.uk/news/ukshowlib.phtml?uid=5082](http://www.monsanto.co.uk/news/ukshowlib.phtml?uid=5082) (8 november 2006)
- 96 Metabolix (2006). ADM names Clinton, Iowa as location for PHA plant. Persbericht Metabolix en ADM, 14 maart 2006
- 97 Wolff O. *et al.* (2005). Techno-economic feasibility of large-scale production of biopolymers in Europe. Institute for Prospective Technological Studies (IPTS)
- 98 Elbehri A (2005). Biopharming and the food system: examining the potential benefits and risks. *Agbioforum* 8: 18-25
- 99 COGEM (2004). Farmaceutische gewassen. Signalering en Advies (CGM/041214-01/02)
- 100 Eapen S, D'Souza SF. (2005). Prospects of genetic engineering of plants for phytoremediation of toxic metals. *Biotechnology advances* 23: 97-114
- 101 Meagher RB, Heaton ACP. (2005). Strategies for the engineered phytoremediation of toxic element pollution: mercury and arsenic. *Journal of Industrial microbiology and biotechnology* 32: 502-513
- 102 Peuke AD, Rennenberg H. (2005). Phytoremediation. *EMBO* 6: 497-501
- 103 Krämer U., Chardonens AN. (2001). The use of transgenic plants in the bioremediation of soils contaminated with trace elements. *Applied microbiology and biotechnology* 55: 661-672
- 104 University of Georgia (2003). UGA researchers involved in first use trial using transgenic trees to help clean up toxic waste site. Internet: [www.uga.edu/news-bin/artman/exec/view.cgi?archive=6&num=473&printer=1](http://www.uga.edu/news-bin/artman/exec/view.cgi?archive=6&num=473&printer=1)
- 105 Peuke AD, Rennenberg H. (2005). Phytoremediation. *EMBO* 6: 497-501
- 106 Doty SL, Jamer CA en Moore AL (2007). Enhanced phytoremediation of volatile environmental pollutants with transgenic trees. *Proceedings of the national academy of science* 104: 16816-16821
- 107 Purdue University (2008). Fighting pollution the poplar way: trees to clean up Indiana site: Trees to clean up Indiana site. Persbericht 10 januari 2008
- 108 Rottelvel T, Al-Ahmad H, en Gressel J (2006). Assessing risks and containing of mitigating gene flow of transgenic and non-transgenic phytoremediating plants. In: Mackova M *et al.* (2006). *Phytoremediation Rhizoremediation*: 259-284. Springer Verlag
- 109 Czako M, *et al* (2005) Genetic modification of wetland grasses for phytoremediation. *Zeitschrift für naturforschung C* 6: 285-91
- 110 Eapen S, Singh S en D'Souza SF (2007). Advances in development of transgenic plants for remediation of xenobiotic pollutants. *Biotechnology advances* 25: 442-451
- 111 Commissie coëxistentie primaire sector (2004). Rapportage van de tijdelijke commissie onder voorzitterschap van J. van Dijk
- 112 Hoofdproductschap Akkerbouw (2005). Verordening HPA coëxistentie teelt 2005. JBA.nr. 322
- 113 Biologica (2007). Tweede Kamer legt verantwoordelijkheid GGO-besmetting bij vervuiler. 14 november 2007. Internet: [www.biologica.nl/gentech](http://www.biologica.nl/gentech)
- 114 CBS / LEI (2007). Land- en tuinbouwcijfers 2007
- 115 CBS (2006). Steden slokken landbouwbedrijven op. Webmagazine; [www.cbs.nl.nl-NL/menu/themas/landbouw/publicaties/artikelen/archief/2006](http://www.cbs.nl.nl-NL/menu/themas/landbouw/publicaties/artikelen/archief/2006)
- 116 CBS (2007). Aantal landbouwbedrijven duikt onder de 80 duizend. Webmagazine; [www.cbs.nl.nl-NL/menu/themas/landbouw/publicaties/artikelen/archief/2007](http://www.cbs.nl.nl-NL/menu/themas/landbouw/publicaties/artikelen/archief/2007)
- 117 Stuurgroep Tuinbouwinnovatie. Flowers en Food. Innovatie- en kennisagenda tuinbouwcluster 2020. Deel 1 basisrapport
- 118 Pollack A (2007). Round 2 for biotech beets. *New York Times*. Internet: [www.nytimes.com/2007/11/27/business/27sugar.html?pagewanted=1&\\_r=2](http://www.nytimes.com/2007/11/27/business/27sugar.html?pagewanted=1&_r=2)
- 119 De Venter K, Demont M, Tollens E (2002). Bedrijfseconomische impact van biotechnologie in de Belgische suikerbieteneteelt. Katholieke Universiteit Leuven. Working paper 2002/50
- 120 Florigene (2007). Internet: [www.florigene.com/](http://www.florigene.com/)
- 121 Potera C (2007). Blooming biotech. *Nature biotechnology* 25:963-965

- 122 Productschappen vee, vlees en eieren (2007). PVE: Starheid Europees GMO-beleid heeft enorme gevolgen voor vee-, vlees- en eierensector, snelle versoepeling is noodzakelijk. Persbericht PVE 15, 13 november 2007
- 123 Van der Lugt H (2007). Veeteelt stort in zonder gengewas. NRC Handelsblad, 16 november 2007
- 124 CLM. Internet: [www.milieumeetlat.nl](http://www.milieumeetlat.nl) (19 december 2007)
- 125 De Jong E *et al.* (2005). Biorefineries for the chemical industry – A Dutch point of view. In Kamm B, Kamm M en Guber P (Eds.): Biorefineries –Biobased industrial processes and products. Status quo and future directions, WILEY-VCH, Weinheim
- 126 Ministerie van VROM (2007). Overzicht landelijke inventarisaties bodemverontreiniging in Nederland. Internet: [www.vrom.nl](http://www.vrom.nl)
- 127 Dagblad Trouw (10 januari 2008) Unieke bacterie peuzelt gif op in vervuild Griftpark
- 128 Kempnaer JG de, Brandenburg WA, Hoof LJW van (2007). Het zout en de pap; Een verkenning bij marktexperts naar de langetermijn mogelijkheden van zilte landbouw. Rapport in opdracht van Innovatienetwerk
- 129 Brandenburg WA (2007) Het zout en de pap; Een verkenning bij marktexperts naar langetermijn mogelijkheden voor zilte landbouw. In opdracht van het Innovatienetwerk
- 130 NRLO (2000). Bioproductie en ecosysteemontwikkeling in zoute condities. NRLO-rapport nr. 2000/11
- 131 Fiselier JL, *et al.* (2003). Zilte perspectieven. Verkennende studie in opdracht van Innovatienetwerk
- 132 Acacia Instituut. (2007) Internet: [www.levenmetzoutwater.nl](http://www.levenmetzoutwater.nl)
- 133 NRLO rapport (2000) Bioproductie en ecosysteemontwikkeling in zoute NRLO-rapport 2000/11 condities; essay, literatuurscan en interviews
- 134 Langeveld H, *et al.* (2005) Nieuwe landbouw; inventarisatie van kansen. Plant Research International Wageningen
- 135 COGEM (2006). Signalering gentechnologie en mondialisering. Suggesties voor overheidsbeleid op het gebied van gentechnologie in het licht van de toenemende mondialisering (CGM/-60202-02)
- 136 Nuffield Council on Bioethics (2003). The use of genetically modified crops in developing countries
- 137 Fox JL (2003). Agbiotech climbs Africa's agenda. Nature Biotechnology 21:589
- 138 International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA). Internet: [www.isaaa.org](http://www.isaaa.org), (november 2007)
- 139 CIMBAA. Collaboration on insect management for brassicas in asia and Africa. Internet: [www.cimbaa.org](http://www.cimbaa.org), (november 2007)
- 140 Fresco LO (2003). "Which road do we take?" Harnessing genetic resources and making use of life sciences, a new contract for sustainable agriculture. Uit: EU discussion forum "Towards sustainable agriculture for developing countries: options from life sciences and biotechnologies". Brussels, 30-31 January 2003