W.J. Bijman

Mededeling 504

HERBICIDE-RESISTENTE RASSEN

Een eerste inventarisatie van mogelijke effecten

April 1994

SIGN: L27-504
EX. NO: B
MLV:

Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO)
Afdeling Algemeen Economisch Onderzoek en Statistiek

REFERAAT

HERBICIDE-RESISTENTE RASSEN; EEN EERSTE INVENTARISATIE VAN MOGELIJKE EFFECTEN
Bijman, W.J.
Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO), 1994
Mededeling 504
ISBN 90-5242-250-8
47 p., tab.

Herbicide-resistente rassen die worden ontwikkeld middels genetische modificatie bieden nieuwe mogelijkheden voor onkruidbestrijding in de land- en tuinbouw. Deze techniek is echter omstreden. Ten behoeve van het maatschappelijk debat is een beknopt literatuuronderzoek gedaan naar de mogelijke effecten: landbouwkundige en sociaal-economische effecten, effecten op natuur en milieu en op menselijke en dierlijke consumptie. Bovendien worden ethische aspecten en maatschappelijke acceptatie besproken. Tot slot worden aanbevelingen gedaan voor onderzoek om vooral de landbouwkundige en sociaal-economische effecten nader te bestuderen.

Herbicide-resistentie/Technology Assessment/Effecten/Acceptatie/Biotechnologie/ Literatuuronderzoek

CIP-GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK, DEN HAAG

Bijman, W.J.

Herbicide-resistente rassen : een eerste inventarisatie
van mogelijke effecten / W.J. Bijman. - Den Haag :
Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO). - (Mededeling /
Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO) ; no. 504)
ISBN 90-5242-250-8
NUGI 835
Trefw.: resistentie / onkruidbestrijding / genetische manipulatie.

Overname van de inhoud toegestaan, mits met duidelijke bronvermelding.

INHOUD

		Blz.
WOORD VOORAF		5
SAMENVATTING		7
1.	INLEIDING	11
2.	DE DYNAMIEK VAN HERBICIDE-RESISTENTE RASSEN	13
3.	DE TECHNIEK EN DE MIDDELEN	16
4.	LANDBOUWKUNDIGE EFFECTEN	19
	4.1 Inleiding	19
	4.2 Mogelijke voordelen	19
	4.3 Mogelijke nadelen	20
5.	EFFECTEN OP NATUUR EN MILIEU	23
	5.1 Mogelijke voordelen	23
	5.2 Mogelijke nadelen	23
6.	EFFECTEN VOOR MENSELIJKE EN DIERLIJKE CONSUMPTIE	26
7.	SOCIAAL-ECONOMISCHE EFFECTEN	28
	7.1 Inleiding	28
	7.2 Effecten op de teelt	28
	7.3 Effecten op de structuur van de landbouw en de agroketen	31
8.	ETHISCHE ASPECTEN	33
9.	MAATSCHAPPELIJKE ACCEPTATIE	36
10.	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN VOOR ONDERZOEK	38
	10.1 Conclusies	38
	10.2 Aanbevelingen voor onderzoek	39
LITERATUUR		41
BIJLAGEN		45
1.	Door het US Department of Agriculture goedgekeurde veldproeven met transgene herbicide-resistente gewassen (1987-1992)	46
2.	Herbicideverbruik in de Nederlandse akkerbouw	47

WOORD VOORAF

Biotechnologie en in het bijzonder genetische modificatie biedt de mogelijkheid om de erfelijke eigenschappen van planten te veranderen. Zo is het mogelijk om in land- en tuinbouwgewassen resistentie tegen specifieke synthetische onkruidbestrijdingsmiddelen (herbiciden) in te bouwen. Voor een groot aantal land- en tuinbouwgewassen worden momenteel herbicide-resistente rassen ontwikkeld.

De ontwikkeling en straks de toepassing van herbicide-resistente rassen is maatschappelijk omstreden. Er zijn fervente voorstanders en felle tegenstanders, maar er is ook een grote groep mensen die nog geen duidelijk oordeel heeft geveld. Het inbouwen van herbicide-resistentie met behulp van genetische modificatie is een nieuwe techniek. Daarom is momenteel nog onduidelijk wat de voor- en nadelen, vooral op de langere termijn, zullen zijn van de teelt van transgene herbicide-resistente rassen.

Herbicide-resistentie zal de komende jaren een belangrijk aandachtspunt blijven in de maatschappelijke discussie rond genetisch gemodificeerde planten. Voor een zinvolle discussie, waarin alle aspecten aan bod komen, is informatie nodig. Daarom is door het Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO) een beknopte literatuurstudie uitgevoerd naar de mogelijke effecten. Uit deze studie wordt duidelijk dat veel vragen rond herbicide-resistente rassen nog onbeantwoord zijn.

Dit onderzoek is uitgevoerd in het kader van het onderzoekprogramma "Maatschappelijke aspecten van biotechnologie". Daarin wordt een Technology Assessment (TA) benadering toegepast. In TA-studies worden zowel de technologische ontwikkeling als de maatschappelijke effecten onderzocht.

Dr. L.A.P. Lotz en dr. M. Hoogerkamp van het Instituut voor Agrobiologisch en Bodemvruchtbaarheidsonderzoek (AB-DLO) hebben het manuscript kritisch doorgelezen en van commentaar voorzien. Daarvoor zijn wij dank verschuldigd. De verantwoordelijkheid voor de tekst ligt echter geheel bij het LEI-DLO.

De directeur,

L.C. Zachariasse

Den Haag, april 1994

SAMENVATTING

De ontwikkeling van biotechnologie heeft het mogelijk gemaakt om land- en tuinbouwgewassen resistent te maken tegen specifieke herbiciden. Hoewel vele planten een natuurlijke resistentie hebben tegen bepaalde herbiciden, kan men met behulp van genetische modificatie en andere biotechnieken nieuwe resistenties verkrijgen, resulterend in herbicide-resistente rassen (HRR).

De ontwikkeling van HRR heeft echter een felle controverse doen ontstaan over de vermeende voor- en nadelen van deze techniek. Er is door biotechnologiebedrijven en fabrikanten van herbiciden veel geïnvesteerd in de ontwikkeling van HRR. Zij benadrukken dat HRR in verscheidene teelten meer mogelijkheden bieden voor onkruidbestrijding en dat schadelijke middelen door minder schadelijke vervangen kunnen worden. Daarentegen wijzen natuur en milieu-organisaties op de mogelijke nadelige effecten voor natuur en milieu. Zij zijn vooral beducht op een groter verbruik van bepaalde middelen, en daarmee op een hoger risico van resistent onkruid. Andere groepen maken zich zorgen over de sociaal-economische effecten en de gevolgen voor de consumptieveiligheid van land- en tuinbouwprodukten.

Het inbouwen van herbicide-resistentie in land- en tuinbouwgewassen heeft vanaf het prille begin van biotechnologie veel aandacht gekregen. Die grote belangstelling werd gevoed door de stand van zaken in het onderzoek naar natuurlijke herbicide-resistentie en door het belang dat agrochemische bedrijven aan deze toepassing hechtten. Vrijwel alle grote producenten van bestrijdingsmiddelen financieren onderzoek naar HRR, in hun eigen laboratoria of bij gespecialiseerde biotechnologiebedrijven. Voor de fabrikanten van herbiciden, die geconfronteerd worden met een stabiele of zelfs krimpende afzetmarkt, zijn HRR een optie voor het versterken van het eigen marktaandeel. Vaak worden HRR door zaadbedrijven en fabrikanten van herbiciden gezamenlijk ontwikkeld.

Herbicide-resistentie wordt voor een groot aantal gewas/middelcombinaties nagestreefd. De meeste aandacht gaat echter uit naar de herbiciden Glyfosaat en Glufosinaat-ammonium. Glyfosaat is de werkzame stof in Roundup, dat door Monsanto op de markt wordt gebracht. Glufosinaat-ammonium is de actieve stof in Basta, dat door Hoechst wordt geproduceerd. Beiden zijn niet-selectieve (allesdodende) herbiciden. Resistentie tegen een van deze middelen stond centraal in 75 procent van alle veldproeven met transgene herbicide-resistente gewassen in de OECD-landen in de periode 1986-1992. De meeste proeven met HRR zijn met het gewas raapzaad/canola uitgevoerd.

De nadruk in het onderzoek op Glyfosaat en Glufosinaat-ammonium heeft twee redenen. Ten eerste zijn deze middelen minder schadelijk

voor het milieu dan bepaalde selectieve middelen die nu nog gebruikt worden. Dit pleit voor vervanging van de oude, schadelijke middelen. Ten tweede zijn dit breed-werkende middelen, waardoor één middel volstaat waar nu nog verschillende, selectieve herbiciden worden gebruikt. Hiermee zou de totale hoeveelheid herbiciden per eenheid gewas kunnen worden teruggedrongen.

De mogelijke voordelen van HRR voor de teelt van een specifiek gewas liggen vooral in de ruimere opties bij de bestrijding van onkruid. Telers krijgen de keus uit een groter aantal middelen dat per gewas ingezet kan worden en ze kunnen langer wachten met chemische onkruidbestrijding. Indien de huidige schadelijke middelen vervangen kunnen worden door minder schadelijke middelen, dan leveren HRR ook een voordeel voor het milieu op.

Milieu-organisaties zijn echter niet overtuigd van het voordeel voor het milieu. Naast meer algemene bezwaren die zij hebben tegen transgene gewassen en tegen chemische bestrijdingsmiddelen, wijzen zij op het risico van resistentie-ontwikkeling bij onkruid. Omdat wellicht vaker dezelfde (eerdergenoemde) herbiciden worden ingezet, wordt de selectiedruk op onkruiden groter. Resistent onkruid maakt het gebruik van relatief milieuvriendelijke middelen weer onmogelijk. Een ander bezwaar is dat herbicide-resistentie ook voor de oude, milieubelastende middelen wordt nagestreefd. Tenslotte stellen milieu-organisaties dat deze techniek niet past in het streven naar duurzame landbouw, omdat hiermee het gebruik van chemische bestrijdingsmiddelen wordt bestendigd, terwijl zij veeleer aandringen op alternatieve bestrijdingsmethoden.

Hoewel veel onderzoek wordt gedaan naar de gezondheidseffecten van herbiciden, is over de veiligheid van transgene gewassen voor mens en dier nog niet zoveel bekend. Evenals andere transgene gewassen stellen HRR ons voor nieuwe vragen omtrent de veiligheid van de nieuw ingebrachte eigenschappen. Toetsingsprocedures voor transgene gewassen, inclusief het wettelijk kader, worden momenteel ontworpen en geïmplementeerd.

Naar de sociaal-economische gevolgen van HRR is nog weinig onderzoek gedaan, waardoor hierover nog weinig kan worden gezegd. Eerst moet meer informatie beschikbaar komen over de kosten van HRR in vergelijking met traditionele rassen en over de omvang van veranderingen in de onkruidbestrijding. Wel kan men voorspellen dat er een verschuiving in de teeltkosten zal optreden van bestrijdingsmiddelen naar uitgangsmateriaal. Dit betekent ook dat de relatieve posities van zaadveredelaar en fabrikant van herbiciden als toeleveranciers aan de land- en tuinbouw zullen veranderen.

De sociaal-economische effecten zijn afhankelijk van de adoptiegraad van deze nieuwe techniek. Die adoptie wordt niet alleen bepaald door de teler zelf, maar vooral ook door de andere schakels in de agroketen, zoals de verwerkende industrie, de (detail)handel en de consument. Uiteindelijk moet de consument voedingsmiddelen afkomstig van

herbicide-resistente gewassen accepteren. Vooralsnog is die acceptatie in Nederland laag.

In het onderzoek naar de ethische aspecten van HRR kan men zowel kijken naar intrinsieke als naar extrinsieke ethische vragen. Intrinsieke vragen betreffen de techniek zelf, terwijl de extrinsieke vragen de gevolgen van de toepassing van HRR betreffen. Intrinsieke ethische aspecten komen vooral voort uit de (gedifferentieerde) visie op omgang van de mens met de natuur. Met een ecocentrische visie op de relatie mens/natuur zal men kritischer staan tegenover de ontwikkeling en toepassing van HRR dan met een antropocentrische visie.

1. INLEIDING

Het bestrijden van onkruid is een essentieel onderdeel van de moderne land- en tuinbouwpraktijk. De boer en tuinder kan uit verschillende methoden voor onkruidbestrijding kiezen, zoals handmatige en mechanische verwijdering, biologische en chemische bestrijding. Vaak worden verschillende methoden binnen dezelfde teelt gebruikt. Met behulp van biotechnologie (weefselkweektechniek en genetische modificatie) kunnen de mogelijkheden voor onkruidbestrijding worden verbreed, en wel met inzet van herbicide-resistente rassen 1).

Herbicide-resistente rassen (HRR) zijn land- en tuinbouwgewassen die ongevoelig zijn gemaakt voor een specifiek onkruidbestrijdingsmiddel (herbicide). Indien zo'n gewas met het specifieke herbicide wordt bespoten, wordt wel het onkruid bestreden maar niet het gewas aangetast. De inzet van HRR maakt het mogelijk dat herbiciden in veel meer teeltsituaties selectief kunnen worden gebruikt. De verwachting is dat reeds in 1994 de eerste HRR op de (Amerikaanse) markt verschijnen (Krimsky en Wrubel, 1993).

Rond de ontwikkeling van HRR is echter een fel debat ontstaan over de verwachte voor- en nadelen. HRR kunnen zowel voor de teler als voor het milieu voor- en nadelen opleveren. De voordelen worden benadrukt door zaadveredelaars en fabrikanten van herbiciden. Deze ondernemers hebben hoge verwachtingen van de positieve effecten en hebben daarom flink geïnvesteerd in het onderzoek naar HRR. Voor natuur en milieu-organisaties zijn de risico's voor natuur en milieu aanleiding om fel te protesteren tegen deze toepassing van genetische modificatie. Andere groepen maken zich zorgen over de sociaal-economische effecten en de gevolgen voor de consumptieveiligheid. Dit debat tussen voorstanders en critici woedt in bijna alle landen waar biotechnologisch onderzoek naar herbicide-resistentie plaatsvindt.

Herbicide-resistentie zal ook de komende jaren een belangrijk aandachtspunt blijven in de maatschappelijke discussie rond genetisch gemodificeerde planten. Voor een zinvolle discussie, waarin alle aspecten aan bod komen, is voldoende informatie vereist. Die informatie is echter vooralsnog beperkt beschikbaar, vooral voor niet-deskundigen. In dit

---

1) In de literatuur worden twee benamingen voor dezelfde eigenschap gebruikt: herbicide-tolerantie en herbicide-resistentie. Hoewel er in principe wel een onderscheid is tussen tolerantie en resistentie, worden in de literatuur de begrippen herbicide-tolerantie en herbicide-resistentie door elkaar gebruikt. In deze notitie wordt, in navolging van het algemeen gebruik in Nederland, de term herbicide-resistentie gebruikt.

rapport, dat gebaseerd is op literatuuronderzoek, wil het LEI-DLO informatie leveren ten behoeve van de maatschappelijke discussie rond HRR.

Het rapport geeft informatie over de technologische ontwikkeling zelf, alsmede over de mogelijke voor- en nadelen bij commerciële toepassing van HRR. Omdat HRR nog volop in ontwikkeling zijn, en er dus nog geen definitief antwoord kan worden gegeven op de vraag naar de effecten, moet dit rapport gezien worden als een momentopname. De nadruk ligt op de inventarisatie van alle relevante aspecten, opdat die meegenomen kunnen worden in de maatschappelijke discussie, en niet op het verschaffen van definitieve antwoorden.

Het rapport is als volgt opgebouwd. In hoofdstuk 2 wordt de dynamiek van HRR toegelicht: de achtergrond en de belangrijkste actoren worden besproken. In hoofdstuk 3 komt de techniek van herbicide-resistentie aan de orde. Daarna worden in verschillende paragrafen de afzonderlijke effecten behandeld: effecten op de teeltwijze in hoofdstuk 4, effecten op natuur en milieu in hoofdstuk 5, effecten voor menselijke en dierlijke consumptie in hoofdstuk 6, en sociaal-economische effecten in hoofdstuk 7. Vervolgens worden de ethische aspecten (hoofdstuk 8) en de maatschappelijke acceptatie (hoofdstuk 9) besproken. Tenslotte worden in hoofdstuk 10 enkele conclusies getrokken en aanbevelingen gedaan voor vervolgonderzoek.

2. DE DYNAMIEK VAN HERBICIDE-RESISTENTE RASSEN

Bij een groot aantal biotechnologiebedrijven, universiteiten en onderzoeksinstituten wordt onderzoek gedaan naar HRR. In de veldproeven met genetisch gemodificeerde (= transgene) gewassen die tussen 1986 en 1992 in de OECD-landen werden uitgevoerd, ging het in 489 gevallen (39%) om planten die herbicide-resistent waren gemaakt (OECD, 1993: 12).

De vroege en omvangrijke belangstelling voor het inbouwen van herbicide-resistentie in land- en tuinbouwgewassen had zowel technische als economische achtergronden. Mullineaux (1992) noemt drie verklaringen. Ten eerste was het mechanisme van herbicide-resistentie gedeeltelijk bekend voordat men met genetische modificatie deze eigenschap probeerde te verkrijgen. Deze kennis kwam voort uit het laboratoriumonderzoek naar resistente bacteriën, uit de selectie van herbicide-resistente plantecellen in weefselculturen en uit de bestudering van herbicide-resistente gewassen en onkruiden op het veld. Ten tweede, uit onderzoek naar herbicide-resistente onkruiden en gewassen was gebleken dat de introductie van één enkel gen vaak voldoende was om het gewenste resultaat op te leveren. In het begin van de jaren tachtig, toen de eerste genetisch gemodificeerde planten werden gemaakt, lag de introductie van herbicide-resistent gemaakte planten binnen de technische mogelijkheden. Ten derde waren omvangrijke financiële middelen beschikbaar omdat grote agrochemische bedrijven de belangrijkste supporters van het onderzoek waren.

Ook het gebruik van herbicide-resistentie als selectiemethode bij genetische modificatie heeft een belangrijke stimulans aan het onderzoek gegeven. Omdat de techniek van genetische modificatie nog niet zover ontwikkeld is dat het inbrengen of veranderen van een gen altijd succesvol is, moeten getransformeerde planten worden geïdentificeerd. Dit doet men door aan het gewenste gen een merkergen te koppelen. Zo'n merkergen is vaak een gen dat verantwoordelijk is voor herbicide-resistentie. Indien een proefveld met het betreffende herbicide wordt bespoten, sterven de niet-getransformeerde planten terwijl de planten waarbij de modificatie succesvol is geweest blijven staan. In de bovengenoemde 489 veldproeven met HRR ging het in 289 gevallen om herbicide-resistentie als merkergen (OECD, 1993: 16).

Alle grote producenten van bestrijdingsmiddelen zijn betrokken bij het onderzoek naar HRR. Zij doen dit onderzoek zelf, zoals bijvoorbeeld Monsanto en Ciba-Geigy, of laten het onderzoek uitvoeren door kleine biotechnologiebedrijven. Zo financiert Hoechst onderzoek naar HRR dat bij het Belgische biotechnologiebedrijf Plant Genetic Systems (PGS) wordt uitgevoerd. Voor de meeste agrochemische concerns zijn herbiciden de

belangrijkste produkten. In 1988 bedroeg de wereldwijde verkoop van herbiciden bijna acht miljard dollar (OECD, 1992: 124). Omdat de verkoop van onkruidbestrijdingsmiddelen de laatste jaren niet meer stijgt, zoeken de bedrijven nieuwe strategieën om afzet op peil te houden of te laten groeien. Via de ontwikkeling van HRR poogt men een groter marktaandeel voor de eigen middelen te verkrijgen. Andere overwegingen zijn de hoge kosten verbonden aan het ontwikkelen van een nieuw middel, onder andere als gevolg van de strengere eisen voor toelating. Het ontwikkelen van HRR zou wel eens goedkoper kunnen zijn dan het ontwikkelen en registreren van nieuwe middelen (Krimsky and Wrubel, 1993).

Ook zaadbedrijven investeren in het onderzoek naar HRR. Hiervoor gelden zowel onderzoektechnische als commerciële motieven. Veel zaadbedrijven streven ernaar nieuwe, transgene rassen te ontwikkelen en zien herbicide-resistente planten als een belangrijke stap in het onderzoeksproces naar genetische modificatie van andere eigenschappen. Herbicide-resistente planten zijn als het ware een modelsysteem voor meer ingewikkelde experimenten met genetische modificatie. Ook de herbicide-resistentie zelf wordt door zaadbedrijven als een belangrijke innovatie beschouwd, omdat deze techniek, indien succesvol, mogelijkheden biedt voor vergroting van het marktaandeel. Ook bedrijven die twijfels hebben over het uiteindelijk commercieel succes van deze techniek zien zich gedwongen mee te doen. Omdat plantenveredeling een langdurig proces is, moet men nu reeds keuzen maken voor nieuwe rassen die over vijf à tien jaar op de markt komen.

Een belangrijk element in de dynamiek achter de ontwikkeling van HRR is de relatie tussen zaadbedrijven en de agrochemische industrie. In de jaren zeventig en tachtig zijn veel zaadbedrijven ingelijfd door grote agrochemische en farmaceutische concerns (Buttel et al., 1984; Kloppenburg, 1988; Ruivenkamp, 1989). De agrochemische bedrijven zagen dat de opkomst van biotechnologie nieuwe mogelijkheden zou bieden voor de land- en tuinbouw, en dat deze mogelijkheden vooral via de plantenveredeling gerealiseerd zouden worden. Voor de commercialisering van het biotechnologisch onderzoek is controle over het proces van plantenveredeling van groot belang. In de woorden van Kloppenburg: "because the seed is (..) the material entity in which molecular biology is articulated to plant breeding, and in which science (research) is articulated to commerce (the commodity), control over de seed becomes a matter of considerable importance." (1988: 202). De belangstelling van de chemische bedrijven voor de plantenveredeling werd door de zaadbedrijven vaak met enthousiasme begroet omdat ze zelf onvoldoende geld hadden voor de benodigde investeringen in duur biotechnologisch onderzoek. Een andere, meer recente verklaring voor de belangstelling van agrochemische ondernemingen voor zaadbedrijven is de verwachte verschuiving op de markt voor inputs voor de landbouw. Wanneer uit milieu-oogpunt het verbruik van chemische bestrijdingsmiddelen wordt beperkt, neemt het belang toe van zaden met (nieuwe) resistentie tegen plagen en

ziekten. HRR zijn het eerste en zeker niet het laatste voorbeeld van de koppeling tussen agrochemie en plantenveredeling.

3. DE TECHNIEK EN DE MIDDELEN

Herbicide-resistentie wordt voor een groot aantal gewas/middelcombinaties nagestreefd. Tabel 3.1 geeft een overzicht van de veldproeven met HRR die de afgelopen jaren zijn goedgekeurd in de OECD-landen. De meeste aandacht gaat uit naar een beperkt aantal, commercieel belangrijke gewassen en middelen.

Tabel 3.1 Goedgekeurde veldproeven met transgene herbicide-resistente gewassen (1986-1992)

Gewas	Herbicide					
	Glyfosaat	Glufosinaat	Sulfonylureum a)	Bromoxynil	overig b)	totaal
Aardappel	4	7	-	1	6	18
Katoen	7	-	2	16	1	26
Luzerne	-	10	-	-	1	11
Mais	4	33	2	-	5	44
Raapzaad/Canola	116	106	11	4	8	245
Sojabonen	29	5	-	-	8	42
Suikerbiet	14	6	2	-	-	22
Tabak	3	2	4	5	1	15
Tomaat	6	7	3	1	1	18
Vlas	3	2	40	-	-	45
Overige gewassen	4	10	-	-	-	14
Totaal	190	188	64	27	31	500 a)

a) Dit is een groep van herbiciden; b) Hiertoe behoren onder andere 2,4-D, Atrazin, Bialafos en de groep van Imidazolinonen; c) Dit aantal is iets groter dan het eerder in de tekst genoemde aantal (489) omdat sommige goedkeuringen verscheidene herbiciden per gewas betroffen.
Bron: OECD, 1993.

Herbicide-resistente rassen kunnen op twee manieren worden verkregen 1). De eerste manier is via selectie van planten en van plantecellen in weefselculturen. Via veelvuldige en ruime toediening van een her-

1) Veel planten bezitten van nature resistentie tegen bepaalde herbiciden. Van die natuurlijke resistentie wordt juist gebruik gemaakt bij de huidige gewas/middelcombinaties. Mais bijvoorbeeld is volledig resistent tegen het middel atrazin.

bicide (dus via een zeer hoge selectiedruk) wordt gekeken of er planten of cellen geselecteerd kunnen worden die resistent tegen het betreffende middel zijn of zijn geworden. De cellen laat men vervolgens uitgroeien tot volledige planten. De planten (rechtstreeks geselecteerd of uit cellen opgegroeid) worden in het veredelingsproces ingebracht, waardoor via inkruisen een nieuw ras kan worden ontwikkeld dat de gewenste herbicide-resistentie bezit. DuPont heeft langs deze weg Sulfonylureum-resistente sojabonen verkregen en American Cyanamid heeft maisplanten ontwikkeld die resistent zijn tegen imidazolinon-herbiciden. In de Verenigde Staten zijn in 1993 reeds veertien hybride maisrassen op de markt die resistent zijn tegen imidazolinon-middelen (Krimsky en Wrubel, 1993: 17).

De andere en meest in de aandacht staande methode om herbicideresistente planten te verkrijgen is via de techniek van genetische modificatie. Er zijn drie verschillende strategieën om met behulp van genetische modificatie herbicide-resistentie in planten te verkrijgen (Mullineaux, 1992). Omdat het werkingsmechanisme per herbicide(groep) verschilt, wordt ook de resistentie langs een verschillende weg bereikt.

De eerste strategie betreft een overexpressie van het eiwit waarop het herbicide zich richt. Omdat een grotere hoeveelheid van dit doeleiwit wordt gemaakt, blijft na de werking van het herbicide voldoende eiwit over om de cel in leven te houden. Via deze strategie is resistentie tegen de herbiciden Glufosinaat en Glyfosaat verkregen. Glyfosaat is de werkzame stof in Roundup, een niet-selectief herbicide dat door Monsanto op de markt wordt gebracht.

Een tweede strategie is gericht op de plek waar het herbicide aan het doeleiwit bindt. Door mutatie van het eiwit wordt de binding voorkomen. Langs deze weg is resistentie tegen Glyfosaat, Atrazin, Imidazolinon- en Sulfonylureum-herbiciden verkregen. Atrazin behoort tot de groep triazinen. In de Verenigde Staten is atrazin het op een na meest gebruikte herbicide, en wordt vooral ingezet in de maisteelt. Sulfonylureum-herbiciden werken via binding aan het ALS-enzym (acetolactaat synthase). Dit enzym is essentieel voor de groei van de plant. Resistentie wordt bereikt via de introductie van mutant-ALS-genen. Twee voorbeelden uit deze groep middelen zijn Chloorsulfuron en Sulfometuron-methyl, die door DuPont op de (Amerikaanse) markt worden gebracht onder de merknamen Glean en Oust respectievelijk. Glean, dat ingezet wordt in de graanteelt, is een middel met een smal werkingsspectrum, dat wil zeggen dat het slechts tegen een gering aantal onkruiden effectief is. Oust daarentegen is een breedwerkend middel, wat wil zeggen dat het tegen een groot aantal verschillende onkruiden tegelijk werkt.

De derde strategie is de introductie van genen afkomstig uit bacteriën die herbiciden afbreken. Hiermee is resistentie tegen de middelen Glufosinaat, 2,4-D en Bromoxynil verkregen. Glufosinaat-ammonium, dat als Basta (of Finale) door Hoechst op de markt wordt gebracht, remt de werking van het enzym glutamine synthase. Met behulp van dit enzym wordt ammoniak, dat als afvalprodukt ontstaat bij de fotosynthese,

onschadelijk gemaakt. Indien deze omzetting wordt geremd, hoopt het giftige ammoniak zich op en sterft de cel af. Bromoxynil is een krachtige remmer van de fotosynthese, en wordt ondermeer onder de naam Buctril verkocht door Rhône-Poulenc. Het werkt tegen breedbladigen en wordt na opkomst van het gewas ingezet. 2,4-D behoort tot de groep van fenoxycarbonzuren, en is alleen giftig voor tweezaadlobbige planten. Het wordt gebruikt als een selectief middel tegen breedbladige onkruiden in de teelt van granen en grassen.

4. LANDBOUWKUNDIGE EFFECTEN

4.1 Inleiding

In de land- en tuinbouw zijn onkruiden een belangrijk probleem omdat zij concurreren met gewassen om water, voedingsstoffen, licht en ruimte. Ook kunnen onkruiden schade opleveren als gevolg van giftigheid, oogsthinder en kwaliteitsvermindering van het geoogst produkt. Wanneer onkruiden in gewassen tot zaadvorming komen leidt dat tot vergroting van de zaadvoorraad in de grond, hetgeen later voor problemen kan zorgen. Ook cultuurgewassen kunnen in bepaalde situaties als onkruid worden beschouwd. Opslag van cultuurgewassen kan schade veroorzaken in de vorm van concurrentieschade, maar ook kan ze de positieve effecten van vruchtwisseling op planteziekten en plagen teniet doen.

Het beheersen van onkruid bestaat uit preventieve en curatieve maatregelen. Preventief is bijvoorbeeld het gebruik van schoon zaaizaad en een goede vruchtwisseling. Bij curatieve onkruidbeheersing gaat het vooral om mechanische en chemische bestrijding.

Bij chemische onkruidbestrijding wordt gebruik gemaakt van het gegeven dat er tussen plantesoorten onderling grote verschillen bestaan in gevoeligheid voor specifieke herbiciden. Anders gezegd: de ene plantesoort is van nature resistenter dan de andere. Bij gebruik van een herbicide wordt het gewas niet beschadigd, terwijl het onkruid wordt gedood of zo sterk geremd dat het concurrentievermogen verdwijnt.

4.2 Mogelijke voordelen

De mogelijke voordelen van HRR voor de teelt van een specifiek gewas liggen vooral in de ruimere opties bij de onkruidbestrijding, omdat het gewas resistent is gemaakt tegen een herbicide dat voorheen niet bij dit gewas gebruikt kon worden. In een publikatie van ICI Seeds (1991) worden de volgende voordelen van HRR genoemd.

1. De teler kan uit een groter aantal verschillende herbiciden kiezen. Daarmee kan hij de onkruidbestrijding nog beter afstemmen op het specifieke onkruid en het (vervolg)gewas. Ook kan hij meer rekening houden met het milieu-effect van verschillende middelen.
2. De teler kan zowel selectieve als niet-selectieve middelen gebruiken. Selectieve middelen bestrijden alleen bepaalde onkruiden, niet-selectieve middelen bestrijden alle onkruiden.
3. De teler hoeft geen rekening te houden met de gevoeligheid van het vervolggewas voor het betreffende middel. In de meeste land-

bouwsystemen wordt vruchtwisseling toegepast in verband met behoud van de vruchtbaarheid van de bodem en bestrijding van ziekten in de bodem. Vaak zijn echter vervolggewassen gevoelig voor het herbicide dat gebruikt is in het voorafgaande gewas. Een herbicide-resistent vervolggewas lost dit probleem op.

4. De teler kan wachten met de onkruidbestrijding tot het gewas is opgekomen. Pas na opkomst bepaalt hij welke middelen op welke percelen het best kunnen worden ingezet. Deze selectieve toepassing kan het verbruik van herbiciden doen verminderen. Ook door het gebruik van één breed-werkend middel in plaats van verschillende selectieve middelen kan met minder actieve stof worden volstaan.
5. De teler hoeft minder grondbewerking omwille van de onkruidbestrijding te verrichten. Hiermee kan het risico van bodemerosie in heuvelachtige gebieden worden beperkt.

Het Amerikaanse Office of Technology Assessment (OTA) geeft een voorbeeld van de ruimere mogelijkheden voor onkruidbestrijding in teeltsystemen waar mais en sojabonen worden afgewisseld (U.S. Congress, 1992: 158). De meeste herbiciden werken òf tegen eenzaadlobbige planten (waaronder mais) òf tegen tweezaadlobbigen (waaronder sojabonen). Deze tweedeling kan problemen opleveren als restanten van de herbiciden die zijn gebruikt in de ene teelt in de grond achterblijven en schade veroorzaken aan het vervolggewas. Door nu één van de gewassen resistent te maken, kan genoemd probleem worden voorkomen, omdat op beide gewassen hetzelfde middel kan worden gebruikt.

Een voordeel van HRR voor de teeltwijze en tegelijkertijd ook voor het milieu is het bevorderen van geïntegreerde teeltsystemen (Krimsky en Wrubel, 1993: 23). Geïntegreerde plaagbestrijding houdt in dat de plaag (bijvoorbeeld onkruid) pas wordt bestreden als een bepaalde drempel van economisch verlies wordt overschreden, en dat bij de bestrijding gebruikt wordt gemaakt van zowel chemische, biologische als mechanische methoden. Voor onkruidbestrijding houdt dit onder andere in dat de teler geen of zo weinig mogelijk herbiciden toepast voordat het gewas opkomt en pas tot bestrijding overgaat als het onkruidprobleem een bepaalde economische drempel heeft overschreden. Telers zullen echter alleen bereid zijn deze strategie van onkruidbestrijding toe te passen indien zij de garantie hebben dat er voldoende effectieve "na-opkomstmiddelen" beschikbaar zijn voor het geval de alternatieven falen. Omdat HRR onkruidbestrijding na opkomst mogelijk maakt, kan dit telers aanmoedigen bij hun overstap naar geïntegreerde bestrijding.

4.3 Mogelijke nadelen

Critici van HRR stellen dat de ontwikkeling van deze techniek leidt tot continuering van teeltsystemen waarin chemische bestrijding een belangrijke plaats inneemt, terwijl men uit oogpunt van duurzame land-

bouw juist zou moeten streven naar een verminderde afhankelijkheid van chemische bestrijdingsmiddelen. De kritiek betreft ook de hoeveelheid geld dat wordt gestoken in onderzoek naar chemische bestrijding in verhouding tot onderzoek naar alternatieve bestrijdingsmethoden. Krimsky en Wrubel (1993: 25) laten zien, via analyse van de inhoud van het tijdschrift *Weed Science*, dat in het Amerikaanse onkruidonderzoek veel meer aandacht wordt besteed aan herbiciden dan aan niet-chemische en geïntegreerde bestrijding.

Het aantal opties voor onkruidbestrijding neemt volgens critici van HRR juist af, omdat er steeds meer herbicide-resistent onkruid ontstaat. Deze critici verwachten dat bij toepassing van HRR een kleiner aantal middelen vaker (dat wil zeggen bij meer gewassen) gebruikt zal worden. Het vaker inzetten van hetzelfde herbicide (zoals in het bovengenoemde voorbeeld van sojabonen en mais) leidt tot een grotere selectiedruk op het onkruid, en dus tot toename van de kans dat het onkruid resistent wordt. Wereldwijd zijn er nu meer dan tachtig onkruidsoorten waarin resistentie tegen één of meer herbiciden is waargenomen. Ruim de helft daarvan betreft resistentie tegen triazinen (Lotz et al., 1992: 68).

Algemeen wordt verwacht dat het probleem van resistent onkruid de komende jaren zal toenemen, met name door de vervanging van oude, zeer milieubelastende bestrijdingsmiddelen door nieuwe, milieuvriendelijkere middelen. Deze nieuwe middelen (waaronder Sulfonylureum-verbindingen en imidazolinonen) hebben allemaal hetzelfde doeleiwit, het ALS-enzym. Deze herbiciden binden aan een non-actieve zijde van het ALS-enzym, veranderen de configuratie en maken daarmee het enzym inactief. Resistentie tegen ALS-remmers en andere nieuwe herbiciden is voor Amerikaanse onkruiddeskundigen en producenten van herbiciden reeds een serieus aandachtspunt (LeBaron, 1989). Het Amerikaanse OTA zegt over het gebruik van ALS-remmers: "Overuse of a single ALS inhibiting herbicide or a group of ALS inhibitors in one area thus could be problematic. For example, continuous use of ALS inhibitors in soybeans and corn may be ill advised in that it may accelerate development of resistance in target weeds (U.S. Congress, 1992: 158).

Indien de introductie van herbicide-resistente gewassen leidt tot een groter gebruik van het betreffende herbicide, kan dit leiden tot een toename van het aantal resistente onkruiden. De voorzitter van de Weed Science Society of America, LeBaron, adviseert daarom: "Industry should not develop and market ALS resistant crop or crops resistant to only one herbicide with a high risk for resistance for the purpose of greatly expanding their use." (LeBaron, 1989: 97).

Een bijkomend probleem bij resistent onkruid is het ontstaan van kruisresistentie (LeBaron, 1989: 95; Dekker en Comstock, 1992: 36). Dit houdt in dat onkruid dat resistent is geworden tegen een bepaald middel tegelijk resistent is geworden tegen andere middelen. Hierdoor worden die andere middelen ook meteen onbruikbaar in de strijd tegen het betreffende onkruid.

Om het probleem van overmatig herbicideverbruik bij inzet van HRR tegen te gaan, adviseren de deelnemers van een discussiebijeenkomst van de Iowa State University dat gewassen slechts beperkt resistent gemaakt moeten worden (Iowa State University, 1991). De resistentie zou beperkt moeten worden tot het minimumniveau dat nodig is voor onkruidbestrijding, zodat bij een hoger verbruik schade aan het gewas ontstaat.

Als laatste nadeel voor de teelt kan genoemd worden het probleem van herbicide-resistent opslag in bepaalde bouwplannen. Opslag van een HRR in het vervolggewas heeft hetzelfde effect als een herbicide-resistent onkruid. Dat wil zeggen dat de mogelijkheden voor bestrijding worden beperkt. Een voorbeeld zou kunnen zijn Glyfosaat-resistent aardappelopslag in bieten.

5. EFFECTEN OP NATUUR EN MILIEU

5.1 Mogelijke voordelen

Het belangrijkste door de voorstanders van HRR aangevoerde voordeel voor het milieu is de vervanging van schadelijke omkruidbestrijdingsmiddelen door milieuvriendelijke middelen. Milieuvriendelijke middelen zijn middelen die in een lage dosering worden gebruikt (grammen per hectare in plaats van kilo's per hectare), die snel afbreken in de grond, die niet of zeer langzaam uitspoelen naar het grondwater en die een lage giftigheid voor dieren hebben. De herbiciden die tegenwoordig worden ontwikkeld worden beschouwd als milieuvriendelijker dan de oudere middelen. Door gewassen te ontwikkelen die resistent zijn tegen deze nieuwe middelen, kunnen de oude middelen sneller worden vervangen.

Vooral in de kleinere teelten, zoals vollegrondsgroenten, bieden herbicide-resistente rassen een mogelijkheid om de huidige milieubelastende middelen te vervangen voor meer milieuvriendelijke middelen. Omdat de ontwikkeling van nieuwe herbiciden zo kostbaar is, komen voor de kleinere teelten onvoldoende alternatieven voor de huidige belastende middelen beschikbaar.

Andere voordelen voor het milieu hangen samen met het boven reeds genoemde selectiever en lager verbruik van herbiciden en het bevorderen van de geïntegreerde teeltsystemen.

5.2 Mogelijke nadelen

Juist de effecten op natuur en milieu geven aanleiding tot felle controverse. De genoemde voordelen worden door de critici van HRR bestreden. Zij wijzen erop dat de introductie van HRR het gebruik van chemische middelen stimuleert en daarmee de teelt nog meer afhankelijk maakt van deze middelen (Goldburg et al., 1990). Dit zou niet stroken met het streven, vanuit het oogpunt van duurzame landbouw, naar vermindering van het verbruik en de afhankelijkheid van chemische gewasbeschermingsmiddelen. Ook al zou het totale herbicide-verbruik niet toenemen, dan nog zou het verbruik van bepaalde middelen groter worden. Daarmee neemt de kans op resistent onkruid aanzienlijk toe.

Toename van het probleem van resistent onkruid is een teelttechnisch probleem (zie vorig hoofdstuk), maar heeft ook nadelen voor natuur en milieu. Indien door het ontstaan van resistent onkruid het gebruik van relatief milieuvriendelijke herbiciden ineffectief wordt moet men teruggrijpen op meer belastende middelen. Bovendien kan het

ontstaan van resistent onkruid ertoe leiden dat grotere hoeveelheden herbiciden nodig zijn.

Indien verschillende vervolggewassen resistent zijn gemaakt tegen ALS-remmers en daarmee het verbruik van die middelen stijgt, kunnen er ook meer residuen in de bodem blijven zitten. Dit kan leiden tot een hogere selectiedruk voor resistente onkruiden, maar ook tot ophoping van die middelen in grond- of oppervlaktewater.

Aan de introductie van HRR zijn een aantal ecologische risico's verbonden die gelden voor alle transgene planten (VCOGEM, 1992). Die risico's houden verband met de veranderde eigenschappen van transgene planten en met de overdracht van nieuw ingebrachte genen naar wilde verwanten van de cultuurplanten. Indien transgene planten zulke eigenschappen krijgen dat hun relatieve positie in een ecosysteem wordt versterkt ten opzichte van andere planten (en andere organismen), dan kunnen deze transgene planten tot een plaag worden. Een ander risico ontstaat als het nieuw geïntroduceerde gen van de cultuurplant naar wilde verwanten wordt overgedragen en deze transgene bastaardplanten een plaag worden. De onkruidplagen die hierdoor kunnen ontstaan vormen een landbouwkundig probleem, maar leiden ook tot verandering van de ecologische relaties binnen een ecosysteem.

Het risico van gen-overdracht doet zich alleen voor in situaties waarbij er wilde verwanten in de nabije omgeving van de cultuurplant te vinden zijn. Van grassen, bijvoorbeeld, zijn wilde variëteiten in Nederland aanwezig. Dit noopt tot voorzichtigheid en voldoende risico-analyse vooraf indien transgene grasrassen worden geïntroduceerd. Voor veel ontwikkelingslanden is het risico van gen-overdracht naar wilde verwanten nog veel groter, omdat de meeste cultuurplanten in die landen hun oorsprong hebben. Bij de introductie van transgene cultuurplanten in die gebieden met de oorspronkelijk wilde variëteiten moet men er serieus rekening mee houden dat de nieuwe genen in die wilde variëteiten terecht komen (Rissler and Mellon, 1993).

In hoeverre de uitwisseling van genen met wilde verwanten werkelijk problemen oplevert hangt af van de specifieke situatie, dus van eigenschap, gewas en ecosysteem. De deskundigen die deelnamen aan de discussiebijeenkomst van de Iowa State University waren het erover eens dat het onwenselijk is om herbicide-resistente gewassen te introduceren in een omgeving waar ook wilde verwanten aanwezig zijn. Vooral met mens-onafhankelijke planten, dat wil zeggen planten die zich ook zonder menselijk ingrijpen in het milieu kunnen handhaven, zou men extra voorzichtig moeten zijn (Iowa State University, 1991).

Het risico dat deze negatieve effecten optreden, kunnen worden getoetst door middel van risico-analyses. In Nederland zijn dergelijke analyses vereist in de toelatingsprocedure voor genetisch gemodificeerde planten (in het kader van het Besluit Genetisch Gemodificeerde Organismen van de Wet Milieugevaarlijke Stoffen). Volledige zekerheid of dergelijke effecten optreden is echter niet te geven, vooral waar het gaat om lange-termijneffecten. Deze onzekerheid wordt verschillend beoor-

deeld in de maatschappij, maar is voor milieu-organisaties aanleiding om te pleiten voor een zeer terughoudende toepassing van genetisch gemodificeerde planten, en dus ook van HRR.

Andere mogelijke gevaren voor het milieu hangen vooral samen met het soort herbiciden dat wordt gebruikt en met de omvang en de wijze van gebruik. De claim van substitutie van milieubelastende door milieuvriendelijk middelen wordt door Goldburg et al. (1990) in twijfel getrokken. Hun argumenten zijn 1) dat ook onderzoek naar herbicideresistentie tegen de oudere, milieubelastende middelen wordt gedaan (zoals voor Atrazin, Metolachloor, Metribuzin en 2,4-D); 2) dat ook de nieuwe middelen niet echt milieuvriendelijk te noemen zijn; en 3) dat het spoedig ontstaan van onkruid resistent tegen die nieuwe middelen de oude middelen niet overbodig maakt. Wat dit laatste betreft krijgen zij bijval van LeBaron, die schrijft dat "resistent weeds require that all possible herbicides be retained so that farmers have all possible options" (LeBaron, 1989: 98).

6. EFFECTEN VOOR MENSELIJKE EN DIERLIJKE CONSUMPTIE

Over de veiligheid van transgene gewassen voor menselijke en dierlijke consumptie is nog weinig bekend. Algemeen wordt daarom gepleit voor zorgvuldige en uitvoerige veiligheidsbeoordeling alvorens produkten van transgene gewassen op de markt worden toegelaten. In haar "Advies inzake Biotechnologie" doet de Voedingsraad (1993) voorstellen voor deze veiligheidsbeoordeling, uitgewerkt in beslisbomen en beslissingscriteria. Ook andere adviescommissies in binnen- en buitenland hebben voorstellen gepresenteerd voor beoordelingsprocedures (zie Kok, 1992). Specifiek over transgene gewassen merkt de Voedingsraad op dat de beoordeling op veiligheid kan worden toegespitst op de aard van de genetische wijziging, de wijze waarop deze tot stand is gebracht en op de invloed die deze kan hebben op nutritionele en niet-nutritionele bestanddelen (Voedingsraad, 1993: 39).

Bij de veiligheidsbeoordeling van HRR spelen naast de factoren die gelden voor transgene gewassen in het algemeen ook factoren die samenhangen met het gebruik van specifieke herbiciden. De volgende zaken zijn van belang bij de veiligheidsbeoordeling van HRR: de herbicide-specificiteit van het doeleiwit, het afbraakpatroon van het herbicide, de mogelijke toxiciteit van het (veranderde) doeleiwit en de afbraakprodukten daarvan (Noteborn et al., 1993).

Indien de herbicide-resistentie gebaseerd is op verandering van het doeleiwit, zodat het herbicide ineffectief wordt, dan blijft het middel voor langere tijd in de plant (in zaad of weefsel) aanwezig. De meeste gewassen waarvoor momenteel herbicide-resistentie wordt nagestreefd breken die herbiciden niet af. Dit geldt zowel voor Glyfosaat als voor de ALS-remmers (Dekker en Comstock, 1992: 41). De vraag is of dit leidt tot een grotere hoeveelheid residuen in plantaardige voedingsmiddelen, en wat voor effect dit heeft op de voedselveiligheid.

Bij resistentie die is bereikt door de introductie van detoxificatiegenen wordt het herbicide afgebroken, waarna de afbraakprodukten zich in de plant kunnen ophopen. Momenteel is nog weinig informatie beschikbaar over specifieke afbraakprodukten en residuen in HRR (Noteborn et al., 1993).

De huidige regelgeving omtrent goedkeuring van nieuwe bestrijdingsmiddelen schrijft voor dat onderzocht moet worden wat het niveau en de toxiciteit van residuen en mogelijke afbraakprodukten in het gewas is. Voorstanders en critici van HRR verschillen van mening of de huidige regelgeving voldoende is voor de beoordeling van de veiligheid van nieuwe herbicide/gewas-combinaties (Krimsky en Wrubel, 1993). Voorstanders zeggen dat ophoping van residuen en/of afbraakprodukten in gewassen geen nieuw verschijnsel is, en derhalve reeds door de

huidige regelgeving gedekt. Critici van HRR benadrukken dat er aan herbiciden meer veiligheidsrisico's zijn verbonden dan in de huidige regelgeving wordt onderkend (Goldburg et al., 1990). Volgens hen zijn vooral de lange-termijneffecten op de gezondheid onvoldoende onderzocht, en brengt het genetisch modificeren van planten extra risico's met zich mee, die nader onderzocht moeten worden.

Indien HRR of restanten daarvan worden verwerkt tot veevoeder, dan gelden de risico's in verband met de aanwezigheid van residuen of andere gifstoffen ook voor het dier. Deze problematiek speelt zowel bij gewassen die speciaal bestemd zijn voor veevoeder, bijvoorbeeld luzerne, als bij gewassen waarvan alleen restprodukten als veevoeder worden aangewend.

7. SOCIAAL-ECONOMISCHE EFFECTEN

7.1 Inleiding

Herbiciden zijn belangrijke inputs voor de land- en tuinbouw. Een groot aantal middelen is beschikbaar, vaak afgestemd op een specifiek gewas. De introductie van HRR kan een belangrijke verschuiving teweeg brengen in de wijze van onkruidbestrijding en in het verbruik van specifieke middelen. Deze veranderingen hebben sociaal-economische gevolgen op bedrijfsniveau en op sectorniveau.

In feite kunnen twee soorten vragen gesteld worden waar het gaat om sociaal-economische gevolgen. In de eerste plaats kan men onderzoeken wat de inzet van HRR betekent voor de teelt zelf, per bedrijf, per regio of per land. Hierbij gaat het om verschuivingen in kosten en opbrengsten. Wat zullen de kosten zijn van het zaad van resistente rassen in vergelijking van huidige rassen? Welke veranderingen gaan optreden in de wijze van onkruidbestrijding? Welke herbiciden en in welke hoeveelheid gaat de teler gebruiken in vergelijking met de huidige situatie? Wat betekent dit voor de opbrengst en de opbrengstprijzen?

Daarnaast kan men ook onderzoek doen naar het effect van deze nieuwe technologie op de structuur van de land- en tuinbouw, op korte en op lange termijn. Hiertoe kan men de volgende vragen stellen. Gaat er een koppelverkoop ontstaan tussen herbicide en zaad, en zo ja, wat betekent dat voor de telers? Ontstaat een monopolisering van de herbicidenmarkt, en zo ja, wat betekent dat voor de telers? Wat betekenen de verschuivingen in opbrengst en prijzen voor de levensvatbaarheid van verschillende soorten bedrijven?

Het is vooralsnog moeilijk om op al deze vragen een eenduidig antwoord te geven. Net als bij de andere effecten die in deze notitie worden behandeld geldt dat sociaal-economische effecten afhankelijk zijn van specifieke toepassingen en omstandigheden. Bovendien bestaat nog geen zekerheid over de kosten en de effectiviteit van HRR. Onderstaande beschouwing over sociaal-economisch effecten is derhalve tentatief.

7.2 Effecten op de teelt

Telers zullen HRR alleen toepassen indien dit een betere onkruidbeheersing mogelijk maakt, de produktiekosten verlaagt, het verbruik van voor-opkomst-herbiciden vermindert of een grotere flexibiliteit oplevert in de onkruidbestrijding waardoor meer milieuvriendelijke middelen

kunnen worden ingezet (Iowa State University, 1991). Economische motieven spelen een belangrijke rol in de beslissing van de teler om wel of niet HRR te gebruiken. De economische effecten op bedrijfsniveau zijn afhankelijk van 1) de verschuiving in de kosten, 2) de verandering in de opbrengst en 3) de verandering in de opbrengstprijzen.

Verschuiving in de kosten kan optreden als huidige rassen worden vervangen door resistente rassen. Deze nieuwe rassen zouden duurder kunnen zijn, omdat de extra investeringen in het ontwikkelen en testen van deze rassen terugverdiend moeten worden en omdat ze, in combinatie met het juiste herbicide, mogelijk een hogere opbrengst geven. Of de kosten voor bestrijdingsmiddelen zullen dalen is onzeker. In principe kan de totale hoeveelheid benodigde middelen dalen, maar de middelen waarvoor HRR worden ontwikkeld zijn duurder (want onder octrooi) dan de oudere middelen. Indien HRR worden ingezet in geïntegreerde bestrijdingssystemen is het nog moeilijker te voorspellen wat de verschuivingen in kosten zullen inhouden.

Indien met HRR de bestrijding van onkruid effectiever wordt, zou de opbrengst per hectare kunnen toenemen. Voor bepaalde groepen telers 1) die HRR toepassen kan dit extra inkomsten opleveren. Voor veranderingen in de totale produktie van een specifiek gewas speelt de snelheid waarmee telers de nieuwe techniek toepassen een grote rol. Hoe meer telers vroegtijdig overstappen op een nieuwe techniek hoe groter het effect op de totale opbrengst. Een toename in de totale opbrengst zal uiteindelijk leiden tot een lagere prijs voor het gewas. Lagere prijzen kunnen lagere inkomens voor de telers tot gevolg hebben, afhankelijk van veranderingen in de kosten.

Berekening van de mogelijke economische effecten van de inzet van HRR is een hachelijke onderneming, vanwege het grote aantal onderling afhankelijke factoren dat van invloed is op die effecten. Alleen met simulatiemodellen, die een versimpeling van de werkelijkheid zijn, kunnen effecten voorspeld worden. Uit de literatuur is slechts één poging tot effectberekening met behulp van een model bekend (Tauer and Love, 1989).

Deze onderzoekers hebben de potentiële economische effecten van herbicide-resistent mais in de Verenigde Staten berekend met behulp van een regionaal econometrisch model. Zij kozen voor mais omdat het herbicideverbruik per hectare voor dit gewas hoger ligt dan voor de andere landbouwgewassen. De uitkomsten van het model zijn vooral afhankelijk van de prijs die boeren moeten betalen voor de nieuwe ras/middel-combinatie en van de snelheid waarmee deze nieuwe techniek door telers wordt toegepast. Uitgangspunt in het model was dat bij toepassing van HRR het huidige oogstverlies door onkruid volledig werd geëlimineerd.

---

1) Zoals vroege toepassers ("early adopters") en telers die relatief grote schade ondervinden van onkruiden.

Tauer en Love constateren een geringe toename in de totale maisproduktie en, daardoor, een afname in de prijs. Deze prijsdaling is gunstig voor consumenten, maar producenten zien hun inkomen dalen. Alleen producenten in de regio van de Mississippidelta, waar het oogstverlies door onkruid vrij hoog (20%) is, zien hun inkomen stijgen. Het nettoeffect op het consumenten- en producentensurplus is overigens positief. Uiteindelijk leiden de hogere opbrengst per hectare en de lagere prijs tot een afname van het maisareaal. De vrijgekomen grond wordt vooral gebruikt voor uitbreiding van de sojateelt, met als gevolg dat ook de prijs voor sojabonen daalt.

Mais is in de Verenigde Staten een interessant gewas om herbicideresistentie in te bouwen, omdat het één van de belangrijkste landbouwgewassen is en omdat het een hoog verbruik aan herbiciden kent. Daarnaast wordt veel onderzoek gedaan naar herbicide-resistente katoen en sojabonen. Bijlage 1 geeft een overzicht van Amerikaanse veldproeven met HRR. Uit tabel 1 bleek reeds dat wereldwijd de meeste veldproeven met HRR worden uitgevoerd met raapzaad/canola. Deze proeven vinden voor het overgrote deel plaats in Canada. Hetzelfde geldt voor de veldproeven met vlas.

In Nederland zijn de belangrijkste akkerbouwgewassen wintertarwe, aardappelen en suikerbieten. Voor aardappelen en suikerbieten zijn in het buitenland reeds een aantal veldproeven met herbicide-resistente planten uitgevoerd (tabel 3.1) Het onderzoek naar herbicide-resistente tarwe is nog niet zo ver gevorderd. De eerste geslaagde introductie van herbicide-resistentie in tarwe werd pas in 1992 gemeld (Vasil et al., 1992). Waarschijnlijk zullen niet voor alle land- en tuinbouwgewassen herbicide-resistente rassen worden ontwikkeld, omdat de kosten niet opwegen tegen de mogelijke opbrengsten. Uit landbouwkundig oogpunt kan het juist gewenst zijn om in de minder belangrijke gewassen herbicide-resistentie in te bouwen omdat voor deze gewassen de teler uit minder herbiciden kan kiezen. Bijlage 2 geeft een overzicht van het herbicideverbruik in de Nederlandse akkerbouw.

Op verzoek van de Commissie van de Europese Gemeenschap is in 1988 een onderzoek uitgevoerd naar de effecten van biotechnologie op de landbouw in de EG tot het jaar 2005 (CEC, 1989). In deze Delphi-studie 1) is ook gekeken naar het effect van HRR. Tabel 7.1 geeft daarvan de resultaten. Het blijkt dat een vrij groot effect wordt verwacht op de opbrengst (per hectare en totaal). De verhoging van de opbrengst komt bovenop de bestaande trend in produktiviteitsstijging.

---

1) Een Delphi-studie is een vorm van toekomstonderzoek, bestaande uit een aantal ronden van interviews met deskundigen, en het terugkoppelen van het resultaat naar die deskundigen. Hierdoor probeert men een zekere mate van consensus te bereiken over de toekomstige ontwikkelingen.

De gepresenteerde cijfers geven slechts een indicatie van de mogelijke economische effecten. Bij het onderzoek is men uitgegaan van commerciële introductie van herbicide-resistente rassen in 1993 of 1994. Momenteel is reeds duidelijk dat het langer duurt voordat HRR op de markt komen. Bovendien is het zeer aannemelijk dat de geïnterviewden nog uitgingen van het in de jaren tachtig vigerende rooskleurige beeld van de mogelijkheden van biotechnologie. Nu, vijf jaar later, is duidelijk dat de verwachtingen omtrent de effecten van biotechnologie op korte termijn niet gerealiseerd zullen worden. Ook is voorbijgegaan aan acceptatie van HRR door de consument (zie hoofdstuk 9).

Tabel 7.1 Voorziene introductie en effecten van transgene herbicide-resistente gewassen in de EG, in het jaar 2005

	Granen	Aardappelen	Suikerbieten	Oliezaad
Toepassers in 2005 a)	48%	51%	62%	50%
Areaal equivalent b)	90%	n.b.	84%	86%
Areaal met toepassing c)	45%	n.b.	42%	43%
Opbrengstverhoging	8%	10%	11%	11%
Toename totale produktie d)	3,6%	n.b.	4,6%	4,7%

a) Toepassers als percentage van het totaal aantal telers; b) Het areaal in handen van de toepassers; c) Verondersteld is dat toepassing geschiedt op de helft van het beschikbare areaal; d) Het areaal met toepassing vermenigvuldigd met de opbrengstverhoging.
Bron: CEC, 1989.

7.3 Effecten op de structuur van de landbouw en de agroketen

Naast effecten op de teelt kan de inzet van HRR ook effecten hebben op de structuur van de landbouw en op de relaties tussen de landbouw en de toeleverende en verwerkende bedrijven, dus op de agroketen. Voor de structuur van de land- en tuinbouw worden geen grote veranderingen verwacht als gevolg van het toepassen van HRR. Er is geen bepaalde bedrijfsgrootte vereist; zowel telers met grote als met kleine bedrijven kunnen gebruik maken van deze nieuwe techniek. In het geval dat HRR minder inzet van arbeid voor onkruidbestrijding vraagt, kan deze techniek een bijdrage leveren aan de bestaande trend naar grotere bedrijven. Omdat de opties voor onkruidbeheersing en onkruidbestrijding mogelijk toenemen, wordt van de teler een grotere managementvaardigheid gevraagd om optimaal gebruik te maken van die opties. Dit geldt in het bijzonder bij toepassing van HRR in geïntegreerde onkruidbestrijding.

Een van de punten van kritiek op de ontwikkeling en toepassing van HRR betreft de gevolgen voor de relatie tussen de primaire land- en

tuinbouw en de toeleverende industrie. Verschillende schrijvers hebben naar aanleiding van de overname van zaadbedrijven door agrochemische ondernemingen (zie hoofdstuk 2) hun bezorgdheid uitgesproken over de toenemende afhankelijkheid van boeren ten opzichte van die ondernemingen (Kloppenburg, 1988; Ruivenkamp, 1989). Deze afhankelijkheid krijgt gestalte in de koppelverkoop tussen zaden en herbiciden.

De koppelverkoop tussen zaden en herbiciden heeft twee effecten. Ten eerste kan het ertoe leiden dat telers minder keus hebben bij de aankoop van zaden en bestrijdingsmiddelen. Kiest een teler voor een bepaald ras, dan is hij gedwongen het bijbehorende bestrijdingsmiddel te gebruiken. Daarbij komt dat de concentratie in de zaadveredeling de angst voor monopolievorming op de markt voor inputs versterkt. Ten tweede kan de koppelverkoop ertoe leiden dat de leveranciers van zaad en chemicaliën steeds meer voorschrijven hoe de teelt georganiseerd moet worden. Hierdoor wordt de teler beperkt in zijn vrijheid van bedrijfsvoering.

In hoeverre de afhankelijkheid werkelijk toeneemt, en welk effect dit heeft op de primaire sector, is vooralsnog onduidelijk. Wel is duidelijk dat de concurrentieverhouding tussen de plantenveredelaars en agrochemische industrie verandert, onder andere door overnames, samenwerking en door verschuivingen in de relatieve uitgaven voor inputs.

Andere mogelijke verandering in de produktieketens hangen samen met de (toekomstige) regelgeving rond herbiciden en rond transgene planten. Hoge veiligheidseisen en omvangrijke testprocedures voor transgene rassen leiden niet alleen tot hogere kosten voor die rassen, maar ook tot een (verdere) concentratie onder veredelingsbedrijven, indien kleine bedrijven de benodigde risicovolle investeringen niet kunnen opbrengen.

8. ETHISCHE ASPECTEN

Een nieuwe technologie roept ethische vragen op indien de technologische ontwikkeling ertoe leidt dat gehanteerde normen en waarden niet meer vanzelfsprekend zijn. Dit kan het geval zijn indien de ontwikkelingen in wetenschap en technologie zo revolutionair zijn of zo snel verlopen dat ze uit de pas lopen met het vigerend normatief stelsel. Daardoor kunnen de normen en waarden zelf tot onderwerp van discussie worden.

Het revolutionaire karakter van de biotechnologie, in het bijzonder de mogelijkheden om via genetische modificatie grenzen te overschrijden die in de natuur niet overschreden (kunnen) worden, heeft een aantal ethische vragen rond deze technologie opgeroepen. In eerste instantie was dit vraagstuk gericht op de ethische grenzen van genetische modificatie van dieren. Recentelijk wordt echter ook meer aandacht besteed aan de ethische aspecten van biotechnologie bij planten (Straughan, 1992; Kockelkoren, 1993).

Straughan (1992) maakt een onderscheid tussen intrinsieke en extrinsieke ethische vragen. De eerste categorie vragen betreft het genetisch modificeren zelf: is het wel "natuurlijk", is het niet "sleutelen aan Gods schepping", is er wel respect voor de natuur? Deze ethische vragen over de technologie komen meestal voort uit religieuze of ander metafysische overtuigingen. De extrinsieke ethische bezwaren betreffen de gevolgen van de technologie en de manier waarop men daarmee omgaat. Dit betreft met name de veiligheidsrisico's en de sociaal-economische voor- en nadelen: hoe is de verdeling van risico's en van sociaal-economische voor- en nadelen, wordt in de besluitvorming rond biotechnologie rekening gehouden met de ongelijke verdeling van risico's en voor- en nadelen?

Een voorbeeld van de intrinsieke bezwaren tegen genetische modificatie van planten komt uit de biologische landbouw. Die beoefenaars van de biologische landbouw die geïnspireerd worden door de antroposofie, tekenen bezwaar aan tegen het reductionistisch karakter van genetische modificatie (Lammerts van Bueren, 1993). Met reductionisme wordt bedoeld de opvatting dat verschijnselen uitsluitend te begrijpen zijn uit de eenvoudigere samenstellende delen. In een reductionistische visie wordt de plant uitsluitend gezien als een produktiemiddel, als een machine. Genetische modificatie versterkt deze visie omdat bij deze techniek eigenschappen van de plant gereduceerd worden tot de verantwoordelijke genen, zonder de relatie tussen de plant en zijn omgeving in acht te nemen. In feite wordt de plant steeds meer van zijn omgeving losgemaakt. Antroposofen stellen daar tegenover dat men de plant moet

zien als een organisme dat leeft in samenhang met zijn omgeving, als onderdeel van een agro-ecosysteem.

Een beschouwing van de intrinsieke ethische aspecten zonder dat daaraan meteen een waarde-oordeel wordt gekoppeld geeft Kockelkoren (1993). Deze filosoof heeft op verzoek van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij de ethische aspecten van biotechnologie bij planten geïnventariseerd. De ideeën van Kockelkoren worden hieronder nader toegelicht omdat hij een van de weinigen is die specifiek over de ethische aspecten van HRR heeft geschreven.

Kockelkoren plaatst de ethische discussie rond plantenbiotechnologie in een groter kader, namelijk in een ethische bezinning op de omgang van de mens met de natuur. In de gangbare moraal 1) wordt aan de natuur geen intrinsieke waarde toegekend. Alleen de mens telt in dit antropocentrisch wereldbeeld. Daartegenover kan men een moraal plaatsen die wel respect heeft voor de eigen waarde van het plantaardig leven. Vanuit dit ecocentrisch gezichtspunt, dat de laatste tijd aan belang wint, kijkt men heel anders naar technische (inclusief biotechnologische) ingrepen in de natuur. Erkenning van de intrinsieke waarde van planten betekent dat men waarden in handen heeft waaraan het technisch handelen met planten getoetst kan worden. Men kan dan een onderscheid maken tussen aanvaardbare en onaanvaardbare technische ingrepen.

De manier waarop mensen met de natuur omgaan en organismen in de natuur "waarderen", wordt bepaald door de grondhouding die men heeft met betrekking tot die natuur. Kockelkoren presenteert een schaal met verschillende grondhoudingen, waarop het antropocentrisme en het ecocentrisme de twee uitersten zijn. Het antropocentrisme leidt tot een houding die "heerschappij" wordt genoemd. De natuur is functioneel ondergeschikt aan de cultuur. Daar tegenover staat het ecocentrisme, dat leidt tot een houding die "participatie" wordt genoemd. In de participatiehouding wordt de intrinsieke waarde van de natuur erkend en wordt de cultuur verondersteld zich daarnaar te voegen. Tussen beide uitersten plaatst Kockelkoren twee minder extreme houdingen: partnerschap en rentmeesterschap. Bij partnerschap wordt gepoogd om functionele waardetoekenning en intrinsieke waardetoekenning in elkaar passend te maken. De rentmeester, die door Kockelkoren tussen de heerser en de partner wordt gesitueerd, erkent een zorgplicht, een verantwoordelijkheid jegens de natuur, meestal ingegeven door religieuze motieven.

De vier verschillende grondhoudingen jegens de natuur kunnen worden gebruikt om een ethische afweging te maken voor specifieke

---

1) "De gangbare moraal vormt de neerslag van een eerdere afweging van waarden waarin een prioriteitenvolgorde is vastgelegd. De moraal biedt niet alleen een voorlopig gefixeerde rangorde van waarden, maar spreekt zich ook uit over de middelen die geëigend zijn om realisatie van de betreffende waarden te bewerkstelligen." (Kockelkoren, 1993: 13).

toepassingen van biotechnologie bij planten. Als antwoord op de vraag of die toepassingen ethisch verantwoord zijn, kan men vier opties onderscheiden: "nee", "nee, tenzij", "ja, mits" en "ja".

Ten aanzien van herbicide-resistente gewassen komt Kockelkoren tot de volgende ethische afweging. De *heerser* ziet het gebruik van herbiciden als geoorloofd. HRR maken een verminderde inzet van herbiciden mogelijk en leiden bovendien tot een voortdurende verbetering van de teelt (antwoord: ja). De *rentmeester* staat een selectief gebruik van herbiciden voor en zoekt naar alternatieve methoden van onkruidbestrijding. HRR kunnen worden ingezet mits ze geen ecologische schade veroorzaken (antwoord: ja, mits). De *partner* streeft in de teelt naar evenwicht en beheersing van de onkruidpopulatie. HRR zouden in de onkruidbestrijding een rol kunnen spelen, maar biotechnologie heeft op dit gebied zeker geen prioriteit (antwoord: nee, tenzij). De *participant* ziet onkruiden als een geïntegreerd onderdeel van het totale agro-ecosysteem. Een combinatie van teeltmaatregelen moet ervoor zorgen dat het onkruid op de percelen onder controle blijft. Herbiciden worden niet gebruikt, en HRR hebben dan ook geen betekenis voor de participant (antwoord: nee).

Bij deze ethische afweging van HRR op basis van vier grondhoudingen jegens de natuur plaatst Kockelkoren wel een aantal kanttekeningen. 1) De gegeven antwoorden moeten niet gezien worden als blauwdruk voor toetsing, maar veeleer als een voorbeeld van ethische afweging. 2) De gepresenteerde grondhoudingen zijn ideaaltypen, en hoeven dus niet precies overeen te komen met standpunten zoals die door groepen in de samenleving worden ingenomen. 3) In principe is de ene grondhouding niet "beter" of "rechtvaardiger" dan de andere.

9. MAATSCHAPPELIJKE ACCEPTATIE

Voor de maatschappelijke acceptatie van HRR zijn vele partijen van belang. Niet alleen de telers van land- en tuinbouwgewassen moeten overtuigd zijn van het voordeel van HRR, ook de partijen die de gewassen (of delen daarvan) verhandelen, eventueel verwerken en consumeren moeten akkoord gaan met toepassing. In feite moeten alle partijen in de agroketen, dus van producent tot en met de uiteindelijke consument, hun instemming betuigen, impliciet of expliciet.

Telers van land- en tuinbouwgewassen moeten uiteindelijk de HRR gaan toepassen. Op dit moment kunnen telers echter niet anders doen dan zich afwachtend opstellen, vanwege de onzekerheid over de effectiviteit, de kosten en de nadelen van HRR. Bovendien is men in de landbouw bezig met het terugdringen van het verbruik van chemische bestrijdingsmiddelen, onder invloed van de markt (consumenten) en van het overheidsbeleid. HRR kunnen alleen een commercieel succes worden als ze passen in de trend naar milieubewuster produceren.

Rond HRR spelen tenminste drie zaken die de maatschappelijke acceptatie moeilijk kunnen maken. Ten eerste stelt de consument zich vooralsnog terughoudend op jegens genetisch gemodificeerde landbouwprodukten in het algemeen. Deze terughoudendheid wordt voor een deel verklaard uit de onwetendheid inzake biotechnologie (Heijs et al., 1993). Ten tweede is de discussie rond de voedselveiligheid van het bestrijdingsmiddelengebruik van toepassing op de mogelijke acceptatie van HRR. In de Verenigde Staten beschouwt de consument de aanwezigheid van residuen van chemische bestrijdingsmiddelen het grootste gevaar voor de voedselveiligheid (Senauer et al., 1991: 240). De afwezigheid van schadelijke stoffen wordt door de Europese consument als een van de belangrijkste produktattributen van voedingsmiddelen beoordeeld (Steenkamp, 1992: 8). Ten derde wordt vanuit de maatschappij steeds kritischer gekeken naar het milieu-effect van de teeltmethoden die in de land- en tuinbouw worden gebruikt.

Het zijn met name de milieu-effecten van HRR, en de vraag of deze techniek past in het streven naar meer duurzame landbouw, die maken dat de invoering van HRR gevoeliger ligt dan andere toepassingen van biotechnologie in de plantaardige produktie. Critici zien in HRR een strategie van de agrochemische industrie om de afzet van chemische bestrijdingsmiddelen ook in de toekomst veilig te stellen. Die critici pleiten juist voor een vorm van landbouw waarbij het gebruik van chemische middelen zoveel mogelijk wordt beperkt.

Vooralsnog lijkt de consumentenacceptatie van HRR in Nederland gering. Uit onderzoek naar de acceptatie van biotechnologie in de voed-

selproduktie, uitgevoerd door het instituut voor consumentenonderzoek SWOKA, bleek dat de consument een herbicide-resistente aardappel gematigd negatief beoordeelt (Hamstra, 1993: 58). Deze aardappel wordt beschouwd als onnatuurlijk, relatief onveilig en van matige kwaliteit. Bovendien zijn de ondervraagde consumenten van mening dat deze aardappel tot verstoring van het natuurlijk evenwicht leidt.

10. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN VOOR ONDERZOEK

10.1 Conclusies

Herbicide-resistente rassen zijn een van de eerste resultaten van het onderzoek naar genetische modificatie van planten. HRR zijn echter nog niet op commerciële schaal op het land te vinden. Of en op welke schaal deze gewassen zullen worden toegepast is vooralsnog niet duidelijk. Dat hangt af van de effectiviteit van deze nieuwe methode van onkruidbestrijding, van de prijs die voor herbicide-resistente rassen moet worden betaald, maar ook van de maatschappelijke acceptatie van HRR.

Voor de maatschappelijke acceptatie van HRR zal het effect op de omvang van het bestrijdingsmiddelenverbruik een cruciale factor zijn. Als blijkt dat bij de teelt van herbicide-resistente rassen meer herbiciden worden gebruikt, dan zullen deze rassen grote maatschappelijke weerstand ondervinden. Alleen als duidelijk gemaakt kan worden dat met de inzet van HRR minder herbiciden en tevens minder schadelijke herbiciden worden gebruikt, dan maken deze gewassen meer kans op maatschappelijke acceptatie.

Veredelingsbedrijven die HRR ontwikkelen en agrochemische bedrijven zijn optimistisch over de effectiviteit van deze techniek en over de effecten voor teler en voor het milieu. Zij benadrukken dat HRR mogelijkheden biedt om milieubelastende herbiciden te vervangen door milieuvriendelijke middelen. Of deze claims juist zijn, zal in de praktijk moeten blijken.

Naast substitutie van schadelijke door minder schadelijke herbiciden, kunnen ook milieuvoordelen worden behaald als HRR ingezet worden in geïntegreerde onkruidbestrijding. HRR biedt immers ruimere mogelijkheden om het spuiten voordat het gewas opkomt achterwege te laten, en pas over te gaan tot bestrijding wanneer het onkruidprobleem een bepaalde economische drempel heeft overschreden. Of deze belofte aan milieuvoordeel ook wordt ingelost hangt sterk af van de wijze waarop HRR worden ingezet en vooral ook van het beschikbaar komen en de overdracht van kennis van geïntegreerde bestrijding.

De belangrijkste critici van HRR zijn de milieu-organisaties. Zij vrezen dat het verbruik van bepaalde middelen zal toenemen, en dat daarmee het probleem van resistent onkruid navenant zal toenemen. Ook vrezen zij een grotere afhankelijkheid van de teler ten opzichte van de agrochemische industrie die zaad en herbiciden in pakketten zal aanbieden. Andere groepen in de samenleving, zoals consumenten, stellen zich afwachtend op. Zolang niet bewezen is dat HRR milieuvoordelen opleveren en dat ze veilig zijn voor menselijke en dierlijke consumptie, zullen ze HRR afwijzen.

Een bezwaar tegen HRR dat bij meer groepen dan alleen de milieu-organisaties leeft is de sterke nadruk op de continuering van het gebruik van chemische bestrijdingsmiddelen. In het kader van het streven naar duurzame landbouw wordt juist gepleit voor vermindering van het verbruik en van de afhankelijkheid van chemische middelen. Daarom wordt door velen in de discussie rond de wenselijkheid van HRR de vraag gesteld welke alternatieven er zijn, en of deze alternatieven wel voldoende aandacht krijgen, bijvoorbeeld in het landbouwkundig onderzoek.

10.2 Aanbevelingen voor onderzoek

Uit deze beknopte literatuurstudie is duidelijk geworden dat de ontwikkeling en toepassing van HRR nog veel vragen oproept. In feite is er nog weinig bekend over de exacte effecten van toepassing van HRR. Vooral de landbouwkundige en sociaal-economische effecten zijn nog maar op beperkte schaal onderzocht. Ook de milieu-hygiënische effecten vragen nadere studie.

Gezien de grote inspanningen van de kant van agrochemische en veredelingsbedrijven om HRR te ontwikkelen, moet dit als een belangrijke ontwikkeling in de biotechnologie worden gezien. Dit alleen is reeds aanleiding om meer en meer gedetailleerd onderzoek te doen naar de effecten. Een tweede reden voor aanvullend onderzoek komt voort uit het maatschappelijk omstreden karakter van deze toepassing van genetische modificatie bij planten. Op basis van de momenteel beschikbare informatie is het voor velen moeilijk een afgewogen oordeel te geven over de condities waaronder HRR zouden moeten worden geaccepteerd dan wel afgewezen. Dus ook ten behoeve van het maatschappelijk debat rond HRR is meer concrete informatie gewenst. Een derde reden voor nader onderzoek is de geografische beperktheid van de tot nu toe uitgevoerde studies. De meeste studies betreffen biotechnologisch onderzoek naar herbicide-resistentie in de Verenigde Staten, voor gewassen die van belang zijn in de Amerikaanse landbouw. Aan de effecten van Europese of zelfs Nederlandse gewas/middel-combinaties is tot nu toe veel minder aandacht besteed.

Op basis van het voorgaande moet men concluderen dat nader onderzoek naar de effecten van herbicide-resistente rassen gewenst is. In dit onderzoek zouden de volgende vragen centraal kunnen staan:

1. voor welke land- en tuinbouwgewassen die voor Nederland belangrijk zijn, worden met behulp van biotechnologie HRR ontwikkeld, en welke herbiciden betreft het?
2. welke zijn de landbouwkundige effecten die samenhangen met de onder 1. gevonden HRR?
3. wat zijn de sociaal-economische gevolgen van de toepassing van de onder 1. gevonden HRR?
4. wat zijn de effecten op natuur- en milieu van de onder 1. gevonden HRR?

5. welke alternatieven voor chemische bestrijding worden ontwikkeld en wat is de haalbaarheid daarvan?
6. welke rol kunnen HRR spelen in geïntegreerde onkruidbestrijding?

LITERATUUR

Buttel, Frederick H., J. Tadlock Cowan, Martin Kenney, and Jack Kloppenburg, Jr. (1984)
"Biotechnology in agriculture: The political economy of agribusiness reorganization and industry-university relationships"; Research in Rural Sociology and Development, Vol. 1, pp. 315-348

Bijman, W.J. (1993)
Ontwikkeling en introductie van genetisch gemodificeerde aardappelen in Nederland; Den Haag: LEI-DLO (Onderzoekverslag 113)

Cochrane, W.W. (1965)
The city man's guide to the farm problem; Minneapolis: University of Minnesota Press

Commission of the European Communities (CEC) (1989)
The impact of biotechnology on agriculture in the European Community to the year 2005; Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities

Dekker, Jack, and Gary Comstock (1992)
"Ethical and environmental considerations in the release of herbicide resistant crops"; Agriculture and Human Values, Summer 1992, pp. 31-43

Goldburg, Rebecca, Jane Rissler, Hope Shand and Chuck Hassebrook (1990)
Biotechnology's bitter harvest: Herbicide-tolerant crops and the threat to sustainable agriculture;, Washington: Biotechnology Working Group

Hamstra, A.M. (1993)
Consumer acceptance of food biotechnology. The relation between product evaluation and acceptance;, Den Haag: SWOKA

Heijs, W.J.M., C.J.H. Midden en R.A.J. Drabbe (1993)
Biotechnologie: houdingen en achtergronden; Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven, Faculteit Wijsbegeerte en Maatschappijwetenschappen

ICI Seeds (1991)
Herbicide tolerant plants. Weed control with the environment in mind

Iowa State University (1991)
A benefit/risk assessment for the introduction of herbicide tolerant crops in Iowa; (Iowa State Univeristy Biotechnology Update, Vol. V, Issue 1), Ames, IO: Iowa State University Office of Biotechnology

Kavelaars, J.P.I.M., en K.J. Poppe (1993)
Het verbruik van gewasbeschermingsmiddelen in de akkerbouw in 1989/90 en 1990/91; Den Haag: LEI-DLO (Onderzoekverslag 111)

Kloppenburg, Jr., Jack Ralph (1988)
First the seed. The political economy of plant biotechnology, 1492-2000; Cambridge, etc.: Cambridge University Press

Kockelkoren, P.J.H. (1993)
Van een plantaardig naar een plant-waardig bestaan. Ethische aspecten van biotechnologie bij planten; Den Haag: Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Directie Wetenschap en Technologie

Kok, E.J. (1992)
Evaluatie van strategieën ter beoordeling van de voedselveiligheid van genetisch gemodificeerde landbouwprodukten; Wageningen: RIKILT-DLO

Krimsky, Sheldon, en Roger Wrubel (1993)
Agricultural biotechnology: an environmental outlook; Medford, MA: Tufts University, Department of Urban and Environmental Policy

Lammerts van Bueren, Edith (1993)
"*Biotechnologie en planten: veredeling of verarming?*"; in: Jaap van der Wal en Edith Lammerts van Bueren (red.), Zit er toekomst in ons DNA? Genetische manipulatie bij plant, dier en mens: een aanzet tot maatschappelijke oordeelsvorming, Driebergen: Werkgroep Genenmanipulatie en Oordeelsvorming, Louis Bolk Instituut, pp. 41-60

LeBaron, Homer M. (1989)
"*Herbicide Resistance in Plants*"; in: J.F. Macdonald (ed.), Biotechnology and sustainable agriculture: policy alternatives, Ithaca, NY: National Agricultural Biotechnology Council, pp. 92-102

Lotz, L.A.P., M. Hoogerkamp en H. Naber (1992)
"Duurzaamheid van produktie zonder onkruidproblemen"; in: F.W.T. Penning de Vries en J.H.J. Spiertz (red.), Kwaliteit en duurzaamheid als hoeksteen voor plantaardige produktie, milieu en natuur, Wageningen: CABO-DLO, pp. 59-70

Mullineaux, Philip M. (1992)
"Genetically engineered plants for herbicide resistance"; in: A.M.R. Gatehouse, V.A. Hilder and D. Boulter (eds.), Plant genetic manipulation for crop protection, Wallingford: CAB International, pp. 75-107

Noteborn, H.P.J.M, E.J. Kok and H.A. Kuiper (1993)
Food safety assessment of the use of marker genes in rDNA products; paper to the WHO workshop on health aspects of the use of marker genes in plants and possibilities for their use in identification and control of genetically modified plants, Rungsted, Denmark, 21-24 September 1993

OECD (1992)
Biotechnology, agriculture and food; Paris: Organisaton for Economic Co-operation and Development

OECD (1993)
Field releases of transgenic plants, 1986-1992; An analysis, Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development

Rissler, Jane, and Margaret Mellon (1993)
Perils amidst the promise: ecological risks of transgenic plants in a global market; Cambridge, MA: Union of Concerned Scientists

Ruivenkamp, Guido (1989)
De invoering van biotechnologie in de agro-industriële produktieketen: de overgang naar een nieuwe arbeidsorganisatie; Utrecht: Jan van Arkel

Senauer, Ben, Elaine Asp and Jean Kinsey (1991)
Food trends and the changing consumer; St. Paul, MN: Eagen Press

Steenkamp, J.E.B.M. (red.) (1992)
De Europese consument van voedingsmiddelen in de jaren '90; Assen/Maastricht: Van Gorcum

Straughan, Roger (1992)
Ethics, morality and crop biotechnology; Reading: Reading University, Department of Arts and Humanities in Educations

Tauer, Loren W., and John Love (1989)
"The potential economic impact of herbicide-resistant corn in the USA"; Journal of Production Agriculture, Vol. 2, No. 3, pp. 202-207

U.S. Congress, Office of Technology Assessment (1992)
A new technological era for American agriculture (OTA-F-474); Washington, DC: Government Printing Office

Vasil, Vimla, Ana M. Castillo, Michael E. Fromm and Indra K. Vasil (1992)
"Herbicide resistant fertile transgenic wheat plants obtained by microprojectile bombardment of regenerable embryogenic callus"; Bio/Technology, Vol. 10, June 1992, pp. 667 ff

VCOGEM (1992)
Erfelijke veranderingen bij bacteriën, planten en dieren. Voordelen en risico's;, Utrecht: Jan van Arkel

Voedingsraad (1993)
Advies inzake Biotechnologie; Den Haag: Voedingsraad

BIJLAGEN

Bijlage 1 Door het US Department of Agriculture goedgekeurde veldproeven met transgene herbicide-resistente gewassen (1987-1992)

Gewas	Herbicide	Aanvrager
Aardappel	Bromoxynil	ARS *)
	2,4-D	ARS
Luzerne	Glyfosaat	Northrup King
	Glufosinaat	Northrup King
Katoen	Glyfosaat	Monsanto; Northrup King
	Bromoxynil	Calgene
	Sulfonylureum-groep	DuPont
Mais	Bialafos	DeKalb
	Glufosinaat	Upjohn; Holden; Cargill; DeKalb; Pioneer; Hoechst-Roussel; ICI; Ciba-Geigy;
	Sulfonylureum-groep	Pioneer
	Glyfosaat	Monsanto
Raapzaad/canola	Glyfosaat	Intermountain Canola (DuPont)
Sojabonen	Glyfosaat	Monsanto; Northrup King; Upjohn; Pioneer; Agri Pro
	Glufosinaat	Upjohn
	Bialafos	Upjohn
Tabak	Glyfosaat	Calgene
	Bromoxynil	Calgene
	Sulfonylureum-groep	Sandoz; American Cyanamid
	Imidazolinon-groep	American Cyanamid
Tomaat	Glyfosaat	Calgene; DuPont; Monsanto
	Glufosinaat	Canners Seed
	Sulfonylureum-groep	Calgene; DuPont
	Bromoxynil	Calgene

*) ARS = Agricultural Research Service, van de US Department of Agriculture.
Bron: OECD, 1993; Krimsky and Wrubel, 1993.

Bijlage 2 Herbicideverbruik in de Nederlandse akkerbouw

Om een idee te geven van het economisch belang van herbicideverbruik in de Nederlandse akkerbouw volgen hier enkele cijfers en berekeningen. Van het totale verbruik van gewasbeschermingsmiddelen in de akkerbouw nemen herbiciden 15% voor hun rekening. Voor de uitgaven ligt dit percentage echter aanzienlijk hoger: 42% van de totale kosten voor gewasbescherming wordt besteed voor de aankoop van herbiciden (Kavelaars en Poppe, 1993: 44). Tabel B2 geeft het verbruik aan herbiciden per gewas, in kilogram werkzame stof per hectare, voor een groot aantal akkerbouwgewassen. Het herbicideverbruik per hectare is het hoogst voor zaaiuien. Daar het areaal zaaiuien slechts 8.500 ha is, is dit gewas waarschijnlijk niet belangrijk genoeg om herbicide-resistente rassen te ontwikkelen. Wel interessant zijn wintertarwe en suikerbieten. Vermenigvuldigen we het suikerbietenareaal (123.800 ha) met de kosten per hectare dan komen we uit op totale kosten voor herbicideverbruik in de suikerbietenteelt van ruim 46 miljoen gulden. Voor wintertarwe komen via dezelfde berekening de kosten op ruim 20 miljoen gulden, en voor aardappelen bedroegen de kosten van herbicidenaankoop 33,6 miljoen gulden. In 1990 lag het herbicideverbruik in de aardappelteelt op 569.000 kg actieve stof (Bijman, 1993: 87).

Tabel B.2 Herbicideverbruik in de Nederlandse akkerbouw, 1989/90

Gewas	Verbruik kg actieve stof/ha	Kosten gld./ha	Areaal (ha)
Wintertarwe	3,5	157	130.700
Cons. aardappelen	2,8	258	71.300
Pootaardappelen	4,4	241	33.500
Fabrieksaardappelen	1,4	119	60.200
Suikerbieten	3,6	372	123.800
Zomertarwe	2,0	86	8.900
Wintergerst	3,4	148	7.800
Zomergerst	2,	101	42.400
Zaaiuien	6,4	386	8.500
Groene erwten	2,4	196	15.000
Graszaad	3,7	189	25.700

Bronnen: Verbruik en Kosten: Kavelaars en Poppe, 1993, tabel 4.5; Areaal: LEI/CBS, Landbouwcijfers 1991.