

Agro-ecologische risico's van transgene gewassen: wat zijn ze en hoe gaan we ermee om?

L.A.P. Lotz en C. Kempenaar

Plant Research International, Postbus 16, 6700 AA Wageningen

ARTIKEL

Agro-ecologische effecten van het telen van transgene gewassen (GGO's = genetisch gemodificeerde organismen) zijn afhankelijk van een complex van interacties tussen de betreffende genetische modificatie, het overige deel van het erfelijk materiaal, de invloed van het milieu op het organisme en tenslotte de gevoeligheid van het agro-systeem voor de betreffende effecten. Deze interacties maken het noodzakelijk dat de analyse en beoordeling van deze agro-ecologische risico's "case by case" gebeurt. Ook na het doorlopen van een volledige toelatingsprocedure voor een bepaald transgeen ras, zal er mogelijk nog onduidelijkheid bestaan over bepaalde agro-ecologische risico's. Een gefaseerd monitoringsprogramma waarin eerst onder experimentele omstandigheden op GGO- proefbedrijven en vervolgens zonodig op praktijkbedrijven, agro-ecologische effecten van het telen van transgene gewassen worden bestudeerd, wordt aanbevolen om tijdig eventuele ongewenste gevolgen voor agro-systemen te signaleren. Resultaten van dit programma kunnen op termijn een belangrijke rol spelen in de maatschappelijke discussie over de rol van GGO's in de ontwikkeling naar een meer duurzame landbouw.

Inleiding

De afgelopen twee decennia heeft zich een spectaculaire technologische ontwikkeling afgespeeld die het mogelijk maakt met behulp van genetische modificatie het genoom van planten te veranderen, bijvoorbeeld door extra genen van planten, dieren of microben toe te voegen. Deze gemodificeerde genen kunnen er toe leiden dat eigenschappen van gewassen in agronomisch opzicht worden verbeterd. Voorbeelden van zulke agronomische verbeteringen zijn droogte- en zouttoleranties of resistenties tegen ziekten en plagen. Ook is het mogelijk dat bepaalde inhoudstoffen of andere grondstoffen, die met gangbare gewassen niet of slechts in geringe hoeveelheden verkregen kunnen worden, met GGO-gewassen wel teelmatige geproduceerd worden. Genoemde mogelijkheden bieden in principe, naast commerciële kansen voor het bedrijfsleven, perspectieven om te komen tot een verbeterde voorzie-

ning van voedsel of van bepaalde grondstoffen, en tot een meer duurzame landbouw die minder afhankelijk is van bepaalde bestrijdingsmiddelen of andere inputs.

Naast bovengenoemde kansen zijn er ook risico's van genetisch gemodificeerde gewassen. De genetische modificatie kan ongewenste gevolgen hebben, bijvoorbeeld in agro-ecologisch opzicht of, meer algemeen, met betrekking tot het milieu, biodiversiteit en voedselveiligheid. Deze bijdrage richt zich alleen op agro-ecologische risico's, die uitsluitend het agrosysteem betreffen. Onder het agrosysteem wordt hier gerekend een verzameling van agrarische bedrijven inclusief de direct aan deze bedrijven grenzende zones (akkerzomen, bermen, sloten en dergelijke).

Wat zijn er voor risico's van GGO's in agrosystemen?

In verkenningen naar risico's van

GGO's in agrosystemen is het belangrijk de term risico eenduidig te definiëren. In deze bijdrage wordt onder risico verstaan de kans dat een bepaalde gebeurtenis optreedt maal het effect van deze gebeurtenis. In de analyse van risico's van GGO's is het gangbaar geworden in eerste instantie de aandacht te richten op deze effecten zelf. Deze effecten zijn niet alleen afhankelijk van de betreffende genetische modificatie en de rest van het erfelijk materiaal, maar ook van het fenotype (dus inclusief de invloed van het milieu op het organisme) en de gevoeligheid van het agrosysteem voor dit effect. Het werkelijke risico wordt bepaald door de interactie van de GGO met omgevingsfactoren als grondsoort en flora in de directe omgeving van de GGO, teeltwijze en bedrijfsvoering. Het zijn deze interacties die maken dat de effect-component van risico's van GGO's in de landbouw in het algemeen moeilijk te bestuderen zijn en dat in het opstellen van onderzoeksvragen met betrekking tot deze effecten duidelijk gemaakt moet worden welke interacties wel en welke interacties niet onderzocht worden (Van Dommelen, 1999).

Op het DLO-instituut voor Agrobiologische en Bodemvruchtbaarheidsonderzoek (thans Plant Research International) zijn verschillende verkenningen uitgevoerd naar agro-ecologische risico's van bepaalde genetische modificaties. Totnogtoe heeft de meeste aandacht van het onderzoek zich gericht op perspectieven en risico's van transgene herbicideresistentie. De reden hiervoor is dat de toelating van deze transgene gewassen

voor West-Europa relatief ver gevorderd is en dat de mogelijkheid bestaat dat na introductie in korte tijd een groot areaal met deze rassen verbouwd zal worden (Bijman en Lotz, 1996). Transgene herbicideresistente rassen zijn door middel van genetische modificatie resistent gemaakt tegen bepaalde breedwerkende herbiciden, bijvoorbeeld glyfosaat en glufosinaat-ammonium. Onkruidbestrijding met deze herbiciden maakt het in principe mogelijk dat sommige andere herbiciden, die beschouwd worden als meer milieubelastend, minder gebruikt zullen worden. Ook het totaal volume van gebruikte herbiciden zal waarschijnlijk in de transgene herbicideresistente rassen lager zijn dan wat thans gangbaar is. Op korte termijn kan dit voor de boer een praktisch voordeel bieden. Wordt onkruidbestrijding in transgene herbicideresistente rassen echter vergeleken met de onkruidbestrijding in geïntegreerde systemen die op dit moment uitgedragen worden door het onderzoek, dan zijn de voordelen voor boer en milieu aanzienlijk minder groot (Lotz *et al.*, 1999, Lotz *et al.*, 2000).

In de verkenningen werd geconcludeerd dat mogelijke agro-ecologische risico's van transgene herbicideresistentie met name betrekking hebben op het aan de modificatie gerelateerd herbicidengebruik, en niet of nauwelijks op de genetische modificatie zelf (dus het gen en de genproducten). Grootschalige teelt van bepaalde transgene herbicideresistente rassen kan op termijn tot gevolg hebben dat onkruidsoorten die relatief minder gevoelig zijn, moeilijker te bestrijden zijn dan in gangbare of geïntegreerde systemen voor onkruidbeheersing. Dit kan een agro-ecologisch risico inhouden als bestrijding van deze onkruiden dan vooral gebeurt met relatief milieubelastende methoden. Dit kan ook meer in het algemeen spelen, als grootschalige toepassing van transgene herbicideresistente rassen maakt dat ontwikkelingen naar verdere vermindering van de milieubelasting van onkruidbestrijding door het bedrijfsleven minder gestimuleerd zouden worden.

Indien hetzelfde ras, bijvoorbeeld van aardappel, tegelijkertijd resistent is tegen verschillende breedwerkende herbiciden, is de kans groot dat opslag van dit ras in volggewassen niet meer met de gebruikelijke methoden te bestrijden is (Kempenaar en Lotz, 1999). Dit kan, naast hogere kosten voor de boer, extra fyto-sanitaire gevolgen hebben, vanwege verhoogde kans op aantastingen door nematoden en aardappelziekte.

Tenslotte kan grootschalige toepassing van breedwerkende herbiciden effecten hebben op andere organismen dan de te bestrijden onkruiden. Toepassing van glyfosaat en glufosinaat-ammonium maakt het in principe mogelijk dat onkruidbestrijding later in het gewasseizoen wordt uitgevoerd dan op dit moment gebruikelijk is (Lotz *et al.*, 2000). Onkruiden worden dan in een later stadium gedood. Dit gaat mogelijk gepaard met een toename van plantenpathogenen op stervende wortels van onkruiden. Deze pathogenen kunnen schadelijk zijn voor het geteelde gewas. Dit zou kunnen betekenen dat de boer meer bestrijdingsmiddelen gaat spuiten tegen deze pathogenen. Ook kan grootschalige toepassing van breedwerkende herbiciden mogelijk de diversiteit van de vegetatie in akkerzomen verminderen. Aangezien deze zoomvegetatie een reservoir vormt voor natuurlijke vijanden, zal grootschalige toepassing van transgene herbicideresistentie hierdoor een agrosysteem kwetsbaarder kunnen maken voor insectenplagen. Het is echter nog onduidelijk in hoeverre deze effecten van herbiciden in agrosystemen werkelijk kwantitatief aantoonbaar zijn.

Studies naar agro-ecologische effecten van andere genetische modificaties zijn minder talrijk dan die met betrekking tot transgene herbicideresistentie. Biotech-bedrijven ontwikkelen momenteel rassen van zonnebloem die meer kouderesistent en minder gevoelig zijn voor bepaalde schimmels zijn dan de huidige. Dit zou kunnen betekenen dat, wanneer zonnebloem onder Nederlandse omstandigheden

wordt verbouwd, opslag van dit gewas beter de winter doorkomt en daardoor onkruidproblemen, en dus een verhoogde inzet van onkruidbestrijding, veroorzaakt in volggewassen. Deze modificatie zou in principe ook kunnen bewerkstelligen dat de levenscyclus van zonnebloem zodanig wordt aangepast aan Nederlandse omstandigheden dat deze composiet zich ook buiten de akkers vestigt, bijvoorbeeld in akkerzomen en randstroken, en mogelijk zelfs buiten het agrosysteem (Dueck *et al.*, 1997). Wat hiervan de agro-ecologische effecten zijn (bijvoorbeeld verhoging of juist verlaging van de biodiversiteit), is zonder hierop gericht onderzoek te verrichten, moeilijk aan te geven. Als de verhoogde kouderesistentie leidt tot een verhoogde noodzakelijke bestrijdingsinspanning, is er in elk geval een milieu-nadeel. Een zelfde soort effecten zou mogelijk kunnen spelen bij genetische modificaties die gericht zijn op verhoging van bepaalde inhoudstoffen, bijvoorbeeld van fructaan in suikerbiet en aardappel (Dueck *et al.*, 1998). Bekend is dat hogere fructaangehaltes een plant meer kouderesistent kunnen maken.

Resistenties tegen ziekten en plagen hoeven in principe geen grote ongewenste agro-ecologische effecten te hebben indien de resistenties specifiek zijn voor een bepaalde ziekte of plaag. Uiteraard is belangrijk te voorkomen dat de resistentie door grootschalige toepassing van het betreffende GGO doorbroken wordt, daar dit ook gevolgen kan hebben voor andere manieren om ziekten en plagen te beheersen.

Hoe ga je met agro-ecologische risico's van GGO's om?

Elke vorm van landbouw heeft zijn nadelige agro-ecologische effecten, bijvoorbeeld ten aanzien van biodiversiteit, bodemvruchtbaarheid of erosiegevoeligheid. In extremo kunnen deze effecten van landbouw zeer groot zijn, ook voor het milieu en de samenleving. De ontwikkeling van meer duurzame landbouw-

ARTIKEL

systemen staat daarom terecht reeds geruime tijd centraal in onderzoek en beleid. De mate van duurzaamheid gerelateerd aan bepaalde agro-ecologische aspecten van een landbouwsysteem is in veel gevallen het best te beoordelen onafhankelijk van het feit of dit aspect gekoppeld is aan genetische modificatie. Bijvoorbeeld, ook zonder genetische modificatie leidt op dit moment raskeuze (bijvoorbeeld voor aardappels het ras Bintje) tot een verhoogde inzet van chemische bestrijdingsmiddelen, die door het beleid vanwege milieunadelen als ongewenst wordt beschouwd. Toelating van het ras Bintje zou op dit moment omstreden zijn. Let wel, het gaat hier dus niet over ethische zaken of bijvoorbeeld voedselveiligheid van GGO's.

Afhankelijk van de ernst van het verwachte effect, dient vervolgens de kans van de betreffende gebeurtenis (dus de tweede component van risico) te worden beschouwd. Specifieke effecten met betrekking tot de genetische modificatie zelf, bijvoorbeeld transgenoverdracht naar andere rassen of soorten, gen-gen interacties en pleiotrope effecten, kunnen dan in de beoordeling worden meegenomen. Het is daarbij zinvol plantengroepen te onderscheiden met betrekking tot hun vermogen van hybridiseren en de mate waarin zij in hun areaal domineren en genen kunnen verspreiden (vergelijk Sweet *et al.*, 1999).

Wat noodzakelijk is in de weging van agro-ecologische effecten, is inzicht in een complex, zoals boven reeds is beschreven, van interacties tussen het type modificatie, het genotype, milieufactoren en de gevoeligheid van de omgeving. Deze weging dient dan ook 'case by case' te worden uitgevoerd. Daarbij is het belangrijk te realiseren dat er voor een volledig objectieve weging van deze effecten mogelijk nog kennis ontbreekt (zie bijvoorbeeld Lotz *et al.*, 2000). Het kan dan met name gaan om kennis met betrekking tot voedselwebben en plant-plant interacties of met betrekking tot hoe verschillende soorten effecten met

elkaar moeten worden vergeleken (bijvoorbeeld effecten van chemische middelen en hun metabolieten versus erosiegevoeligheid door mechanische onkruidbestrijding).

Ook na een volledig afgelegde toelatingsprocedure van een GGO zal er nog onduidelijkheid kunnen zijn over mogelijke agro-ecologische risico's van het telen van dit ras. Lotz *et al.*, (2000) bevelen aan de introductie van transgene herbicideresistente rassen in Nederland samen te laten vallen met een gefaseerd monitoringsprogramma. In dit programma wordt eerst een aantal nader genoemde agro-ecologische effecten van transgene herbicideresistente teelten onderzocht onder experimentele omstandigheden op een of meer daartoe op te richten GGO-proefbedrijven. Indien er relevante effecten worden gevonden, wordt vervolgens de monitoring uitgebreid naar praktijkbedrijven. Deze aanbeveling kan uitgebreid worden naar transgene gewassen met andere genetische modificaties. Hierdoor kunnen tijdig ongewenste agro-ecologische effecten worden gesignaleerd, en zonodig maatregelen worden genomen. Voorwaarde is uiteraard dat vooraf aan dit type gefaseerd-monitoren een zorgvuldige screenen van potentiële nadelige effecten van het betreffende GGO plaatsvindt onder achtereenvolgens laboratorium-, kas- en proefveldomstandigheden, zoals thans door de COGEM en andere beoordelings instanties in Europa wordt geëist. Resultaten van het onderzoek op de GGO-proefbedrijven en de eventueel daarop volgende monitoring op praktijkbedrijven kunnen op termijn een belangrijke rol spelen in de maatschappelijke discussie over de rol van GGO's in de ontwikkeling naar een meer duurzame landbouw.

Conclusie

Analyse en beoordeling van agro-ecologische risico's dienen case by case te gebeuren. Ook na een volledig doorlopen toelatingsprocedure zal er nog onduidelijkheid kunnen

zijn over agro-ecologische risico's van het telen van een GGO-gewas. Een gefaseerd monitoringsprogramma, te starten op transgene proefbedrijven en eventueel gevolgd op praktijkbedrijven, kan het mogelijk maken dat ongewenste agro-ecologische effecten in een vroeg stadium worden gesignaleerd, waarna maatregelen kunnen worden genomen. Uiteraard is het van groot belang dat de resultaten van dit programma op een open en duidelijke wijze naar alle actoren in de discussie rond transgene gewassen worden gecommuniceerd.

Literatuur

- Bijman, W.J., Lotz, L.A.P. (1996) Transgene herbicideresistente rassen. Programma Technologisch Aspectenonderzoek (TA), nr. 7. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Directie Wetenschap en Kennisoverdracht. 69 pp.
- Dueck, T.A., Werf, A.van der, Jordi, W.J.R.M., Krieken, W.M. van der, Lotz, L.A.P. (1997) Stress-induced genes. Methodological approach to a risk analysis for polygenetically modified plants (GMOs). Note 50. Agricultural Research Department. Research Institute for Agrobiolgy and Soil Fertility, Wageningen. 88 p
- Dueck, T.A., Werf, A.van der, Lotz L.A.P., Jordi, W. (1998) Methodological approach to a risk analysis for polygenetically modified plants (GMOs). A mechanistic study. Note 130. Agricultural Research Department. Research Institute for Agrobiolgy and Soil Fertility, Wageningen. 46 p
- Kempenaar, C., Lotz, L.A.P. (1999) Environmental risks of transgenic multiple herbicide resistance. Nota 193, AB, Wageningen UR, 30p + appendix
- Lotz, L.A.P., Wevers, J.D.A., Weide, R.Y. van der, (1999) My view. Pro's and con's of transgenic tolerant crops need to be more broadly assessed and discussed: the European outlook. *Weed Science* 47:479-480
- Lotz, L.A.P., Brussaard, L., Gilissen, L.J.W.J., Gorissen, A., Kempenaar, C., Loon J.J.A.van, Noordam M.Y., Termorshuizen A.J., Vliet van, P.C.J. (2000) Effecten grootschalige toepassing transgene herbicideresistente rassen. Ontwikkeling en verkenning van scenario's. Rapport 2, Plant Research International. 110 p.
- Sweet, J.B., Norris, C.E., Simpson, E., Thomas, J.E. (1999) Assessing the impact and consequences of the release and commercialisation of genetically modified crops. In: *Gene Flow and Agriculture: Relevance for Transgenic Crops*. p. 241-246. BCPC Symposium Proceedings 72. Staffordshire, UK.
- Dommelen, A. van, (1999) Hazard identification of agricultural biotechnology. Finding relevant questions. Proefschrift Universiteit Leiden. 238 p.