



Landbouwkundige risico's van uitkruising van GGO-gewassen

C.J.A. Hin

Centrum voor Landbouw en Milieu
Utrecht, oktober 2001
CLM 511-2001

Inhoud

Inhoud	
Samenvatting	1
1 Inleiding	7
2 Onderzoeksopzet	9
3 Beschrijving gewassen	13
3.1 Maïs	13
3.2 Koolzaad	16
3.3 Aardappel	20
3.4 Suikerbiet	23
4 Maatregelen om uitkruising te beperken	29
4.1 Isolatieafstanden	29
4.2 Pollencompetitie	33
4.3 Fysieke barrières	34
4.4 Bloeitijdstippen	36
4.5 Fertiliteit beperkende maatregelen	36
4.6 Bestrijding van opslag	38
5 Discussie	39
6 Conclusies	45
Bronnen	47
Bijlage 1 Definitie genetisch gemodificeerd gewas	55
Bijlage 2 Leden projectgroep en deskundigen	57

Samenvatting

GGO-gewassen kunnen door verspreiding van pollen uitkruisen naar GGO-vrije gewassen en op deze wijze producten van GGO-vrije gewassen contamineren. Naast rechtstreekse uitkruising tussen GGO-gewassen en GGO-vrije gewassen kan uitkruising ook plaatsvinden via 'opslag' van het GGO-gewas of via wilde verwanten van het gewas.

Voor het beoordelen van de vraag of, en zo ja, welke beleidsmaatregelen genomen kunnen worden, heeft het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij behoefte aan een analyse van (wetenschappelijke) gegevens over uitkruising onder de Nederlandse teeltcondities en (technische) maatregelen om uitkruising te kunnen voorkomen en/of beperken.

Het onderzoek is een modelmatige inventarisatie van de kans op uitkruising van GGO-gewassen naar GGO-vrije gewassen. Aan de hand van een viertal modelgewassen, maïs, koolzaad, aardappelen en suikerbieten, is het effect van de eigenschappen van het gewas (zelfbestuiver/kruisbestuiver, windbestuiver/insectenbestuiver, opslag van het gewas na de teelt en aanwezigheid van wilde verwanten) en van de karakteristieken van de teelt van het gewas onderzocht. Op basis van literatuurstudie en interviews met deskundigen zijn de mogelijke routes van uitkruising van GGO-gewassen naar GGO-vrije gewassen beschreven. Op basis van deze routes is met beschikbare data een indicatie gegeven van de omvang van de uitkruising. Tenslotte is een inschatting gemaakt van het risico en de omvang van uitkruising van GGO-gewassen in GGO-vrije gewassen in Nederland.

Daarnaast zijn in dit rapport maatregelen beschreven om uitkruising tussen GGO- en GGO-vrije gewassen te beperken. Aan de hand van de gekozen modelgewassen is een voorlopige beoordeling gemaakt van effectiviteit van de maatregelen en van de ruimtelijke en economische aspecten.

Uit het onderzoek blijkt dat rechtstreekse uitkruising van pollen vanuit GGO-gewassen naar GGO-vrije gewassen is de belangrijkste route voor uitkruising. Rechtstreekse uitkruising kan tot kilometers buiten het veld plaatsvinden. De omvang van rechtstreekse uitkruising plaatsvindt neemt sterk af met de afstand tot het GGO-gewas. Daarnaast is de omvang van de uitkruising sterk afhankelijk van het type gewas. De belangrijkste factoren voor de omvang van de uitkruising in relatie tot het type gewas zijn:

- de omvang van kruisbestuiving in verhouding tot zelfbestuiving in het gewas
- bij windbestuivende gewassen het type pollen (grote en gewicht) van het gewas
- bij insectenbestuivende gewassen het type insect (of insecten) dat de bestuiving van het gewas verzorgt.

Routes via opslag of wilde verwanten spelen in het algemeen een marginale rol. De reden hiervoor is dat bij opslag of uitkruising via wilde verwanten het aantal planten waaruit potentieel uitkruising kan plaatsvinden in vergelijking met een akker met een gecultiveerd gewas klein is. Een andere reden voor een marginale bijdrage bij uitkruising via wilde verwanten is dat wilde verwanten en in Nederland geteelde cultuurgewassen in het algemeen slechts in beperkte mate met elkaar uitkruisen.

Uitzondering op deze regel zijn:

- Grootschalige (een groot aantal planten) opslag van een gewas zoals op braakliggend land van sommige gewassen zoals koolzaad kan voorkomen;
- Wilde verwanten die grootschalig in Nederland voorkomen en die goed met het gewas kunnen uitkruisen (de wilde verwant en het gewas zijn feitelijk één soort).

Uitkruising via andere routes dan rechtstreekse uitkruising kan een rol van betekenis spelen als het aantal planten in het GGO-vrije gewas dat het genconstruct bevat dat met genetische modificatie in het gewas is ingebracht in loop van de jaren kan oplopen.

Voorwaarden hiervoor zijn dat:

- Een gedeelte van de oogst als zaad voor het volgende seizoen wordt gebruikt (bij vermeerdering van pre-basis zaad en systemen waar een gedeelte van de oogst van de productieteel achtergehouden worden als zaad voor het volgende teeltseizoen);
- Het genconstruct in het GGO-vrije gewas de planten een competitief voordeel oplevert.

Bij gewassen waar bij in de vermeerdering, of in de productiefase alleen de vegetatieve delen van de plant geoogst worden, heeft rechtstreekse uitkruising in deze teeltfase geen invloed op het geoogste product. Producten van uitkruising kunnen wel via opslag in de volgende teelt van het GGO-vrije gewas terecht komen maar het betreft dan veelal (afhankelijk van de omvang van de opslag) marginale hoeveelheden.

Isolatieafstanden zijn de meest effectieve maatregel om uitkruising te beperken. Aanvullend op isolatieafstanden kunnen pollencompetitie, fysische barrières en beperkte mannelijke fertiliteit als maatregelen geïmplementeerd worden. Opslagbestrijding is daarnaast een belangrijk aandachtspunt bij GGO-gewassen die potentieel een grote hoeveelheid opslag veroorzaken.

Voor het kwantificeren van uitkruising en effectiviteit van maatregelen om uitkruising te beperken zijn onvoldoende empirische data beschikbaar. Het percentage uitkruising is afhankelijk van een groot aantal factoren. Naast het type gewas (mate van zelfbestuiving, insecten- en/of windbestuiver, type pollen) en het ras (mannelijke fertiliteit van zowel GGO- als GGO-vrije gewas) zijn de afstand tussen GGO-gewas en GGO-vrije gewas, de omvang van het GGO-gewas in verhouding tot de omvang van het GGO-vrije gewas, het klimaat en het weer (windsnelheid, windrichting en regen tijdens verspreiden stuifmeel) en de omgeving (onder andere barrières voor verspreiding van pollen via de wind en het aantal en type insecten) van invloed. Het kwantificeren van uitkruising in de Nederlandse situatie is alleen mogelijk met empirische data die onder Nederlandse, of vergelijkbare, omstandigheden zijn gegenereerd.

In tabel 1 zijn de resultaten van de studie schematisch weergegeven.

Tabel 1. Effecten factoren op basis waarvan uitkruising van GGO-gewassen naar GGO-vrije gewassen zijn geanalyseerd

Factor	Effect op uitkruising	Opties voor maatregelen om uitkruising te beperken
Karakteristieken van de teelt		
Het geogste product van het gewas bevat zaden	Uitkruising van GGO-gewassen naar GGO-vrije gewassen heeft rechtstreeks invloed op het geogste product. De omvang van de uitkruising is sterk van het type gewas (zie onder kopje 'Type gewas' in deze tabel).	Maatregelen om uitkruising te beperken zijn sterk afhankelijk van het type gewas (zie onder kopje 'Type gewas' in deze tabel).
Het geogste product bevat <u>geen</u> zaden, maar het gewas komt wel tot bloei	Bij gewassen waarvan het geogste product geen zaden bevat kunnen producten van het GGO-vrije product niet gecontamineerd worden door rechtstreekse uitkruising. Wel kunnen producten van GGO-vrije gewassen door uitkruising gecontamineerd worden als zaailingen opkomen in de volgende teelt van het GGO-vrije gewas (de omvang van de route is veelal marginaal).	<ul style="list-style-type: none"> - Opslag in het GGO-vrije gewas effectief bestrijden - Mannelijk steriel GGO-gewas - Andere maatregelen zoals beschreven onder het kopje 'Type gewas'
Het gewas komt niet tot bloei.	Een gedeelte van gewassen waarvan het geogste product geen zaden bevat komt tijdens de teelt ook niet tot bloei. Deze gewassen kunnen in zijn geheel niet uitkruisen. Uitzondering hierop zijn planten die vervroegd tot bloei komen.	<ul style="list-style-type: none"> - Verwijderen vroeg bloeiende planten (schieter, e.d.) - Andere maatregelen zoals beschreven bij ' Het geogste product bevat <u>geen</u> zaden'
Het gewas wordt vegetatief vermeerderd	Geen uitkruising mogelijk tijdens vermeerdering, uitgezonderd zaailingen die als opslag opkomen in de volgende teelt van het gewas.	<ul style="list-style-type: none"> - Maatregelen zoals beschreven bij 'Het geogste product bevat <u>geen</u> zaden'

Factor		Effect op uitkruising	Opties voor maatregelen om uitkruising te beperken
Deel van de oogst wordt gebruikt als zaaizaad voor het volgende seizoen		Wanneer uitkruising heeft plaatsgevonden kan het aantal planten in het GGO-vrije gewas dat het gen-construct bevat, dat middels GGO-technieken in het gewas is gebracht, in de loop der jaren oplopen. Voorwaarde is dat het met GGO-technieken ingebrachte gen een competitief voordeel voor de plant oplevert	Maatregelen afhankelijk van de karakteristieken van de teelt en het type gewas.
Type gewas			
Type bestuiving van het gewas	Zelfbestuiving		Uitkruising is bij zelfbestuivende gewassen per definitie niet mogelijk.
	Kruisbestuiving	Insectenbestuiver	De reikwijdte van de verspreiding van pollen is bij insectenbestuivende gewassen afhankelijk van type insect dat de bestuiving van het gewas verzorgt. De reikwijdte van honingbijen (<i>Apis mellifera</i>) is meerdere kilometers.
		Windbestuiver	De afstand tot waar uitkruising plaatsvindt en de omvang van de uitkruising is bij windbestuivende gewassen afhankelijk van kenmerken van de pollen van het gewas. Grote, zware pollen worden over een kleinere afstand verspreid dan kleine lichte pollen. Op meer dan 1 kilometer afstand zijn nog pollen van windbestuiverde gewassen aangetoond.
			<p>Niet van toepassing</p> <p>Isolatieafstanden tussen GGO- en GGO vrij gewas</p> <ul style="list-style-type: none"> - Isolatieafstanden tussen GGO- en GGO-vrije gewas - Pollencompetentie in het GGO-vrije gewas - Fysieke barrières rondom GGO- of GGO-vrije gewas - Combinatie bovengenoemde maatregelen

Factor	Effect op uitkruising	Opties voor maatregelen om uitkruising te beperken
In jaren na de teelt van het gewas kan het gewas als opslag terug keren.	<ul style="list-style-type: none"> - Op het perceel waar het GGO-gewas is geteeld: Opslag van een GGO-gewas die tot bloei komt kan uitkruisen met een GGO-vrij gewas. De omvang van de uitkruising is afhankelijk van het aantal planten dat als opslag uitgroeit. - Op het perceel waar het GGO-vrije gewas wordt geteeld: Opslag van kruisingsproducten van GGO-gewassen en GGO-vrije gewassen kunnen een volgende teelt van het GGO-vrije gewas contamineren. De omvang van deze route is marginaal in vergelijking met rechtstreekse uitkruising. 	<p>1:</p> <ul style="list-style-type: none"> - effectieve bestrijding van opslag, op het perceel waar het GGO-gewas is geteeld, voordat opslag in bloei komt - andere maatregelen (afhankelijk van type gewas) in de jaren dat de opslag tot bloei komt <p>2:</p> <ul style="list-style-type: none"> - bestrijding van opslag op het perceel waar het GGO-vrij gewas geteeld wordt. - andere maatregelen om uitkruising (en daarmee opslag van kruisigen van GGO-gewas in het akker van het GGO-vrije gewas) te voorkomen
Het gewas kan uitkruisen met wilde verwanten die in Nederland voorkomen.	<p>Wilde verwanten kunnen als intermediair fungeren in uitkruising van GGO-gewassen naar GGO-vrije gewassen. De consequentie hiervan is dat de kruisingen tussen wilde verwanten en GGO-gewassen meerdere jaren kunnen uitkruisen met GGO-vrije gewassen en dat uitkruising over langere afstanden kan plaatsvinden. Als het genconstruct dat met GGO-technieken is ingebracht permanent in het genoom van de wilde verwant is geïncorporeerd is dit een permanente bron van uitkruising naar GGO-vrije gewassen. De omvang van deze uitkruisingroute is sterk afhankelijk van:</p> <ul style="list-style-type: none"> • de mate waarmee de wilde verwant met het cultuurgewas uitkruist en • het aantal planten wat van de wilde verwanten aanwezig is (in verhouding tot aantal planten dat op een gecultiveerde akker groeit is dit veelal gering). 	<ul style="list-style-type: none"> - maatregelen zoals beschreven bij type gewas die getroffen worden tussen het GGO-gewas en de plaatsen waar de wilde verwanten groeien.

1 Inleiding

Sinds het Algemeen Overleg in de Tweede Kamer over biotechnologie in april en juni 1999 zijn vragen gesteld over maatregelen om uitkruising van genen, afkomstig van genetische gemodificeerde (GGO)-gewassen, naar de biologische landbouw en naar andere typen van GGO-vrije teelten te voorkomen. In de Integrale beleidsnota biotechnologie en de Beleidsnota biologische landbouw 2001-2004 wordt uitkruising van GGO-gewassen naar GGO-vrije teelten als aandachtspunt gesignaleerd (Anonymus, 2000a). Daarnaast heeft de minister van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij tijdens de behandeling van de LNV-begroting 2001 (d.d. 9 november 2000) aan de Tweede Kamer toegezegd te onderzoeken welke oplossingen voor uitkruising van GGO-gewassen naar GGO-vrije gewassen mogelijk zijn (Bijvoegsel bij de Handelingen TK 27 400-XIV, 21-1681).

Voor het beoordelen van de vraag of, en zo ja, welke beleidsmaatregelen genomen kunnen worden, heeft het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij behoefte aan een analyse van (wetenschappelijke) gegevens over uitkruising onder de Nederlandse teeltcondities en (technische) maatregelen om uitkruising te kunnen voorkomen en/of beperken. Het Projectbureau Biotechnologie van het Ministerie heeft het Centrum voor Landbouw en Milieu gevraagd een analyse te maken van (wetenschappelijke) gegevens over uitkruising, teelteffecten, mogelijkheden om kruising “technisch” te voorkomen en/of te beperken. Deze rapportage is het verslag van de resultaten van dit onderzoek.

In het onderzoek zijn andere potentiële oorzaken van contaminatie van GGO-vrije producten dan uitkruising, bijvoorbeeld tijdens transport of verwerking, niet meegenomen. Daarnaast zijn in dit onderzoek ook de ecologische risico's van uitkruising, zoals effecten op de biodiversiteit, buiten beschouwing gelaten.

De opzet van het project en de conceptrapportage zijn besproken in de projectgroep “Landbouwkundige gevolgen risico's van uitkruising van GGO-gewassen”. Deze projectgroep zal aan de hand van de resultaten van het onderzoek de beleidsmatige consequenties inventariseren. Een overzicht van de leden van de projectgroep is gegeven in bijlage 2.

In deze rapportage zijn voor GGO-gewassen, non-GGO-gewassen en GGO-vrije gewassen de definities gebruikt zoals weergegeven in tabel 2.

Tabel 2. Gehanteerde definities

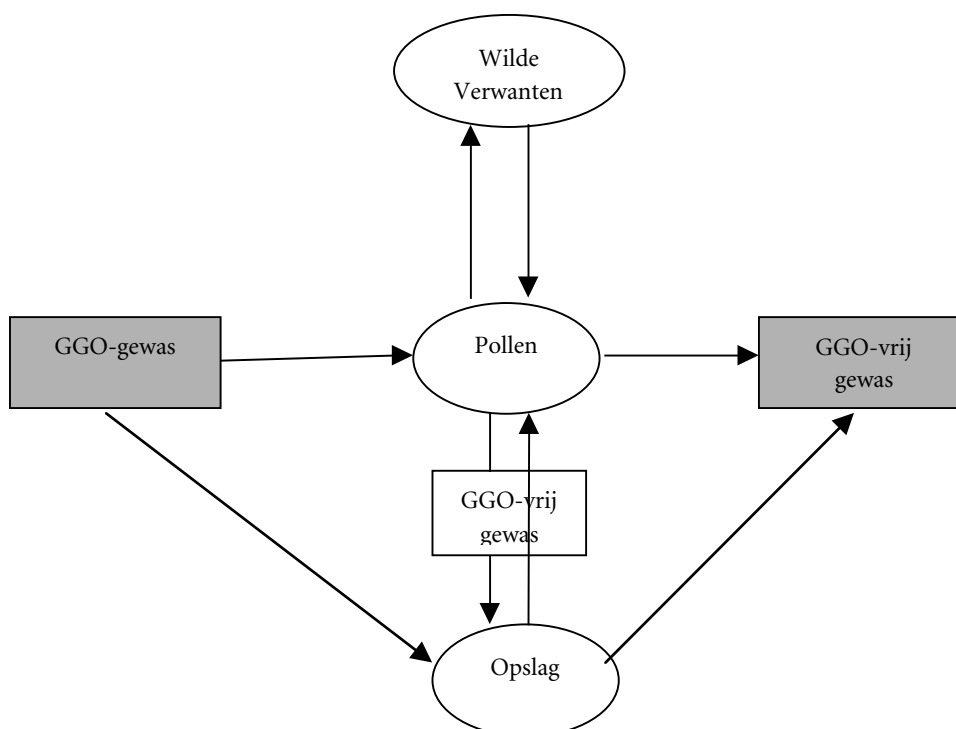
GGO-gewas:	Gewas waarvan de eigenschappen zijn veranderd door middel van genetische modificatie en vergunningsplichtig volgens richtlijn 2001/18/EG; zie bijlage 1.
Non-GGO gewas:	Gewas dat tot stand is gekomen door gebruik van uitgangsmateriaal en kweekmethoden die zijn vrijgesteld van de vergunningplicht van richtlijn 2001/18/EG.
GGO-vrij gewas:	Gewas dat tot stand is gekomen door gebruik van uitgangsmateriaal en kweekmethoden die zijn vrijgesteld van de vergunningplicht van richtlijn 2001/18/EG en geen planten bevat afkomstig van een GGO-gewas.

2 Onderzoeksopzet

Uitkruising van GGO- naar GGO-vrije gewassen kan via verschillende routes plaatsvinden (zie figuur 1).

- De pollen kunnen rechtstreeks vanuit het GGO-gewas naar het GGO-vrije gewas uitkruisen;
- De pollen kunnen vanuit het GGO-gewas uitkruisen naar wilde verwanten van het gewas. Nakomelingen van deze kruising kunnen in het volgende teeltseizoen uitkruisen naar een GGO-vrij gewas;
- Zaden of vegetatieve delen van de plant kunnen na de oogst als opslag in het veld achterblijven. Als opslag van een GGO-gewas in een volgend seizoen ontkiemt/uitgroeit en tot bloei komt, kunnen pollen uitkruisen naar GGO-vrije gewassen.
- Naast rechtstreekse inkruising in het GGO-vrije gewas kan een kruising van een GGO- en een GGO-vrij gewas als opslag in het perceel van het GGO-vrije gewas achterblijven. Als deze opslag opkomt bij de volgende teelt van het GGO-vrije gewas, kan het GGO-vrije gewas op deze wijze gecontamineerd worden met het GGO-gewas.

De potentiële uitkruisingsroutes zijn schematisch weergegeven in figuur 2.1.



Figuur 2.1 Potentiële uitkruisingsroutes tussen GGO- en GGO-vrije gewassen

Het onderzoek is een modelmatige inventarisatie van de kans op uitkruising van GGO-gewassen naar GGO-vrije gewassen en de mate waarin deze uitkruising plaatsvindt. In hoofdstuk 3 is aan de hand van een viertal modelgewassen het effect van de

kenmerken van de teelt van het gewas en het type gewas geïnventariseerd. De factoren van de kenmerken van de teelt en van het type gewas op basis waarvan de analyse is uitgevoerd zijn weergegeven in tabel 3. Aan de hand van deze factoren zijn op basis van literatuurstudie en interviews met deskundigen (het overzicht van geïnterviewde deskundigen is weergegeven in bijlage 2) de mogelijke routes van uitkruising van GGO-gewassen naar GGO-vrije gewassen beschreven en vervolgens is gekeken of deze routes met de beschikbare data kunnen worden gekwantificeerd. Op basis van deze gegevens is voor de modelgewassen een inschatting gemaakt van het risico en de omvang van uitkruising van GGO-gewassen naar GGO-vrije gewassen in Nederland. Voor geconstateerde kennisleemtes wordt aangegeven wat de invloed is voor de betrouwbaarheid van het onderzoek.

Tabel 3. Factoren op basis waarvan uitkruising van GGO-gewassen naar GGO-vrije gewassen zijn geanalyseerd

Karakteristieken van de teelt

- Bevat het geogste product zaden of alleen vegetatieve delen (zoals knollen)?
- Komt het gewas tijdens de teelt tot bloei?
- Wordt het gewas vegetatief of generatief vermeerderd?
- Welke productiefase van de teelt komen voor in Nederland? Hierbij worden onderscheiden:
 - de veredelingsfase: de fase waarin door middel van kruising en selectie nieuwe rassen worden ontwikkeld
 - de vermeerderingsfase: de fase waarin uitgangsmaterialen (zaad of pootgoed) wordt vermeerderd
 - de productiefase: de fase waarin de productie plaatsvindt (voeding, veevoer, non-food)

Type gewas

- Op welke wijze vindt bestuiving van gewas plaats?
 - Zelfbestuivend versus kruisbestuivend gewas¹
 - Windbestuivend versus insectenbestuivend gewas
- Kan het gewas in Nederland opslag veroorzaken?
- Heeft het gewas wilde verwanten in Nederland waarmee het kan uitkruisen?

Maïs, koolzaad, aardappelen en suikerbieten zijn in de studie gebruikt als modelgewassen. De keuze van de modelgewassen is gebaseerd op:

- de factoren uit tabel 3 waarbij is getracht de gewassen zodanig te kiezen dat verschillen in het teeltsysteem en het type gewas geanalyseerd kunnen worden;
- gewassen waar op korte termijn GGO-variëteiten beschikbaar kunnen komen;
- beschikbare literatuur van de gewassen.

In tabel 4 een overzicht van de eigenschappen van de modelgewassen.

Om uitkruising van GGO- naar GGO-vrije gewassen te beperken kunnen verschillende maatregelen worden getroffen. In hoofdstuk 4 worden de verschillende maatregelen beschreven. Daarnaast is aan de hand van de modelgewassen een eerste beoordeling

¹ Vanuit contaminatie van producten van GGO-vrije gewassen door uitkruising met GGO-gewassen zijn zelfbevruchting en kruisbevruchting meer nauwkeurige termen. Vanuit communicatief oogpunt (en gezien het hoofdthema van deze studie) hanteren we in dit rapport de termen zelfbestuiving en kruisbestuiving (met bevruchting als resultaat).

gemaakt van effectiviteit van de maatregelen, de ruimtelijke en economische aspecten en de mogelijkheden om maatregelen te handhaven.

Tabel 4. Eigenschappen modelgewassen				
Factor	Maïs	Koolzaad	Aardappel	Suikerbiet
Karakteristieken van de teelt				
Bevat het geogoste product zaden	Ja	Ja	Nee	Nee
Komt het gewas tot bloei.	Ja	Ja	rasafhankelijk	Nee m.u.v. schieters
Vermeerdering: Vegetatief of generatief	Generatief	Generatief	Vegetatief	Generatief
Productiestadia geteeld in Nederland ¹	1 & 3	3	1, 2 & 3	1 & 3
Type gewas				
Kruis- of zelfbestuiving	Kruis	Beide	Beide	Kruis
Wind- of insectenbestuiver	Wind	Beide	Insect	Wind
Opslag in Nederland	Nee	Ja	Ja	Ja
Uitkruising met wilde verwanten In NL	Nee	?	Nee	Ja

¹ 1 = veredeling; 2 = vermeerdering & 3 = productieteelt

In hoofdstuk 5 worden de resultaten van het onderzoek bediscussieerd. Aan de hand van de verzamelde gegevens over de modelgewassen worden de invloed van de karakteristieken van de teelt en van het type gewas besproken. Daarnaast wordt in dit hoofdstuk de relatie tussen deze factoren en de maatregelen om uitkruising te beperken bediscuseerd.

Op basis van deze discussie zijn in hoofdstuk 6 de conclusies van het onderzoek geformuleerd.

3 Beschrijving gewassen

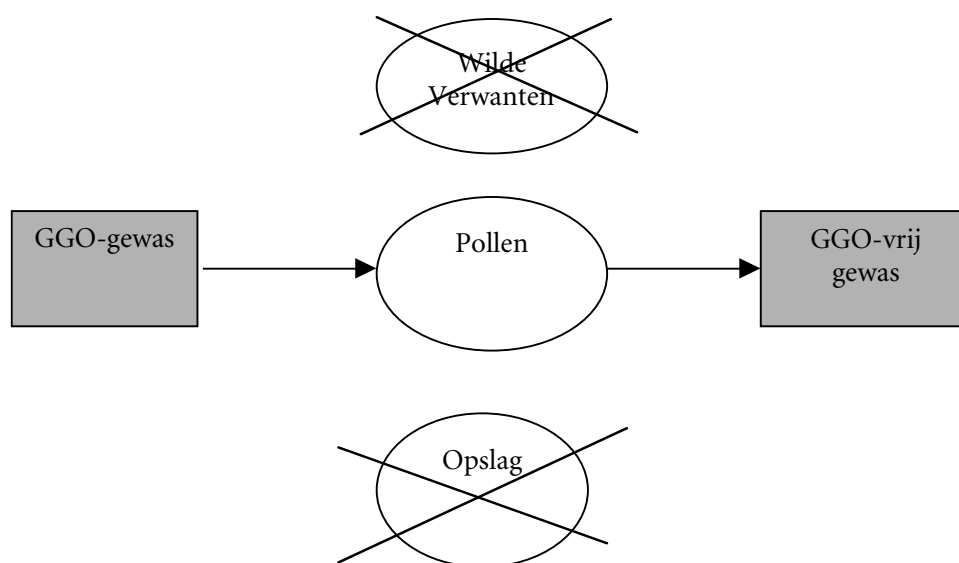
Dit hoofdstuk beschrijft de factoren voor uitkruising van de modelgewassen maïs, koolzaad, aardappelen en suikerbiet. Op basis van de karakteristieken van de teelt en het type gewas zijn de potentiële uitkruisingsroutes van de modelgewassen in een figuur weergegeven.

3.1 Maïs

Karakteristieken van de teelt

Maïs (*Zea mays*) is een belangrijk ruwvoedergewas (230.000 à 250.000 ha in Nederland). Maïs is als landbouwgewas oorspronkelijk afkomstig uit Midden-Amerika. Vanaf het midden van de jaren dertig wordt maïs als gewas ook in Nederland geteeld. Maïs wordt voornamelijk geteeld als snijmaïs. Daarnaast vindt op bescheiden schaal nog teelt voor corn cob mix (CCM) en maïskolvensilage (MKS) plaats. Als gevolg van het klimaat is de omvang van de teelt van korrelmaïs en suikermaïs beperkt. Snijmaïs wordt geteeld als veevoer voor met name rundvee. Naast gras vormt het een belangrijk onderdeel van het ruwvoerrantsoen. De bovengrondse delen van de plant worden gehakseld, ingekuuld en gevoederd. Bij CCM wordt de korrel met een deel van de spil geogst. MKS is het gehakselde product van de hele kolf inclusief de binnenste schutbladeren, de kolfsteel en in sommige gevallen een deel van de stengel en nog wat blad. MKS worden gebruikt als krachtvoer voor rundvee. CCM wordt voornamelijk gebruikt als varkensvoer. Bij korrelmaïs worden droge korrels van de kolven geogst die voornamelijk verwerkt worden in pluimveevoeders. Kolven van suikermaïs zijn bestemd voor de humane consumptie (Anonymus, 1993).

De meeste maïs wordt geteeld op de zandgronden in Noord-Brabant, Gelderland, Overijssel en Limburg. In Nederland wordt geen maïs vermeerderd voor de productie van zaaizaad (Soepboer, 2001). Veredeling van maïs vindt wel in Nederland plaats (Noome, 2001).



Figuur 2 Uitkruisingsroute maïs

Verspreiding pollen

Maïs is een obligate windbestuiver. Bestuiving door insecten speelt bij maïs nauwelijks een rol maar kan niet volledig worden uitgesloten. In honing van hommels worden sporadisch pollen maïs gevonden (Baier et al, 2001). Bateman (1947a) geeft aan dat bijen vaak alleen de mannelijke bloeiwijze bezoeken om pollen te verzamelen en niet de vrouwelijke bloeiwijze. Onder normale teeltomstandigheden wordt 95% van de zaden gevormd door kruisbestuiving.

Maïsplanten produceren grote hoeveelheden pollen. Schattingen lopen uiteen van een pollenproductie van 4,5 tot 50 miljoen pollen per plant (Paterniani et al, 1973; Miller, 1985) in een periode van 2 tot 14 dagen maar bij de meeste velden in een periode van 5 tot 8 dagen (Purseglove, 1972). De pollen van verschillende planten worden goed vermengd.

Pollen van maïs zijn relatief groot (90-125µm) en zwaar. De pollen worden, in verhouding tot andere windbestuivende gewassen, over relatief korte afstanden verspreid (Baier et al, 2001). Raynor et al (1972) vond op 60 meter van een akker met maïs een concentratie van 5% van de pollen ten opzichte van de concentratie op 1 meter buiten de akker. Jones et al (1948) vonden dat de concentratie op 427 meter was gedaald tot 1%. Dit sluit niet uit dat als de hoeveelheid pollen groot is ten opzichte van het ontvangende gewas nog steeds een belangrijk deel van het gewas kan uitkruisen (Anonymus, 2001).

In tabel 5 zijn uitkruisingspercentages weergegeven die Jones et al (1950), Salmov (1940) en Bateman (1947b) in experimenten vonden.

Tabel 5. Gemiddeld percentage uitkruising van maïs in groepen van vijf rijen op acht verschillende isolatieafstanden. Gemeten door: a. Jones et al (1950), b. Salmov (1940) en c. Bateman (1947b)

a. Afstand (m)	0	25	75	125	200	300	400	500		
Uitkruising (%)	25,4	13,1	6,1	3,1	1,6	0,7	0,3	0,2		
b. Afstand (m)	10	50	100	150	200	400	500	600	700	800
Uitkruising (%)	3,3	0,3	0,4	0,3	0,5	0,02	0,1	0,8	0,2	0,2
c. Afstand (m)	9,2	24,6								
Uitkruising (%)	4	0*								

*Geen uitkruising gemeten

Verschillen in de methodologie zijn waarschijnlijk de oorzaak van verschillen tussen de studies. Het effect van het weer tijdens de proeven kan daarnaast significante verschillen veroorzaken. In een jaar tijdens de driejarige proeven van Jones et al (1950) lagen de uitkruisingspercentages beduidend lager, omdat tijdens de periode dat de pollen werden verspreid het veel regende en er weinig wind was. Daarnaast zijn de uitkruisingspercentages van Salmov (1940) waarschijnlijk lager omdat de velden waar de uitkruising is gemeten in tegengestelde richting van de overheersende windrichting lagen.

Foueillassar (1999) heeft de uitkruising gemeten in twee aan elkaar grenzende percelen maïs op verschillende afstanden in het maïsperceel: op 5 meter vanuit de rand van het perceel was het uitkruisingspercentage 2,6%, op 10 meter 1% en het uitkruisingspercentage was minder dan 1% op een afstand meer dan 10 meter vanuit de rand van het perceel. In de heersende windrichting was de uitkruising van pollen groter. In de andere richting was de uitkruising lager.

In de literatuur worden twee factoren genoemd die uitkruising kunnen beïnvloeden:

- De periode van mannelijke fertiliteit van maïs valt niet altijd samen met de vrouwelijke fertiele periode. In het algemeen vertoont de mannelijke bloei een geringe voorsprong in tijd op de vrouwelijke bloei. Om deze reden is er een kans dat vreemde pollen kunnen bevruchten als de mannelijke bloeiwijze is uitgebloeid. Daarom adviseert het Wetenschappelijk Comité Planten van de Europese Unie productie van zaaizaad voor maïs nauwkeurig te monitoren (Anonymus, 2001).
- Vrijwel alle maïsvariëteiten zijn hybriden. Hiervoor worden bij zaadproductie rijen mannelijk steriele planten (dat zijn planten waarvan de mannelijke pluimen zijn verwijderd) afgewisseld met rijen bevruchtende planten (bij de mannelijk steriele planten zijn de manlijke delen mechanisch verwijderd, er zijn geen maïsrassen op de markt die met behulp van GGO-technieken mannelijk steriel zijn gemaakt). Omdat de mannelijk steriele planten geen pollen produceren is de 'pollendruk' boven het veld lager. Bij een lage pollendruk is de kans dat maïs bestoven wordt door omringende velden groter. Om deze reden worden deze velden veelal omringd met een aantal rijen bevruchtende planten.

Over levensduur van pollen, vanaf het moment dat de pollen losgelaten worden door de plant, bestaat grote spreiding in de literatuur. Coe et al (1988) geven aan dat onder gunstige omstandigheden (droog en zonnig weer) pollen 10 tot 30 minuten vitaal zijn. Onder gekoelde condities kan de levensduur sterk worden verlengd. Moyes et al (1999) geven aan dat levensduur maximaal 20 minuten tot maximaal 2 uur is. Treau et al (2000) stellen dat, afhankelijk van klimatologische omstandigheden, pollen van maïs 3 uur tot 9 dagen de kracht om te bestuiven kunnen behouden.

Berekeningen op basis van weersomstandigheden in Groot-Brittannië laten zien dat pollen in een tijdsbestek van 24 uur over een afstand van 173 km verspreid kunnen worden (Emberlin et al., 1999).

Opslag

Opslag van maïsplanten is zelden een probleem: maïskorrels hebben geen kiemrust en hebben mede om deze reden een korte persistentie (Van der Graaf, 2001). Daarnaast blijven tijdens de oogst van snijmaïs slechts een geringe hoeveelheid zaden achter op de akker (Bonthuis, 2001). In Frankrijk waar op veel percelen continue maïs geteeld wordt voor zaadproductie worden geen negatieve effecten op de kwaliteit van het zaaizaad waargenomen door opslag van maïskorrels. Zelfs als in opeenvolgende jaren verschillende rassen geteeld worden, is er nauwelijks uitkruising met maïsrassen geteeld in het voorgaande jaar (Anonymus 2001).

Het Wetenschappelijke Comité Planten van de Europese Commissie adviseert, zonder te refereren naar bronnen, voor de productie van non-GGO maïszaad dat op de akker minimaal één jaar geen GGO-maïs is geteeld (dit advies is gebaseerd op het uitgangspunt dat maximaal 0,1% van op het perceel aanwezige maïs een GGO-karakter heeft). Het advies is echter niet toegespitst op de verschillende teeltomstandigheden in de Europese Unie.

Uitkruising naar wilde verwanten

Er zijn in Nederland en Europa geen wilde verwanten van maïs bekend (Anonymus 2001).

Conclusie risico uitkruising GGO- naar GGO-vrije maïs

Rechtstreekse uitkruising op productievelden van GGO- naar productievelden met GGO-vrije maïs is een reële optie. De teelt van maïs heeft geen opslag tot gevolg en maïs heeft geen wilde verwanten. In Nederland vindt slechts op zeer beperkte schaal zaadvermeerdering voor maïs plaats veelal in gesloten kassen.

Tot enkele honderden meters buiten het veld met GGO-maïs vindt uitkruising plaats. Het aandeel uitkruisingen neemt snel af bij een grotere afstand tot het veld GGO-maïs. Pollen van maïs verspreiden zich vrijwel uitsluitend via de wind. In de literatuur zijn onvoldoende gegevens om de uitkruisingspercentages voor verschillende afstanden te kwantificeren. Bovendien is het uitkruisingspercentage afhankelijk van lokale factoren zoals de windsnelheid. Daarnaast kan incidenteel het uitkruisingspercentage hoger zijn als mannelijke en vrouwelijke bloei van het GGO-vrije ras uiteenlopen.

Incidenteel kan een zeer beperkt aantal pollen zich over meerdere kilometers verspreiden. De literatuur is niet eenduidig over de maximale levensduur van pollen: van 30 minuten tot 9 dagen. Op basis van een levensduur van meerdere dagen is het niet uit te sluiten dat maïspollen zich zelfs over honderden kilometers verplaatsen.

3.2 Koolzaad

Karakteristieken van de teelt

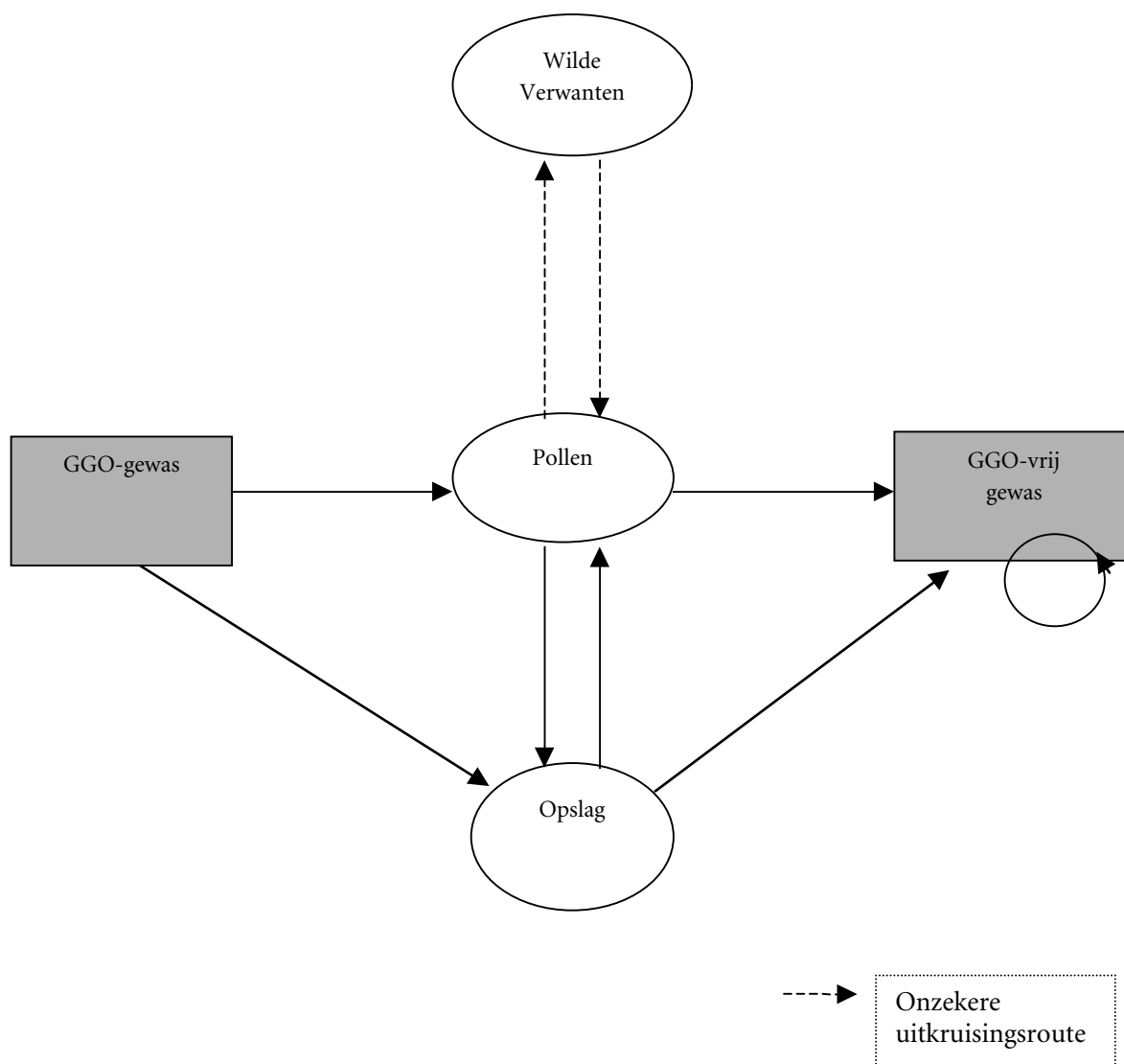
Koolzaad (*Brassica napus L.*) wordt geteeld voor de oliehoudende zaden. De pulp die overblijft bij de persing van olie uit de zaden is een veevoeder van hoge kwaliteit. Daarnaast wordt bij koolzaadvelden met behulp van bijen honing geproduceerd. Een non-food toepassing van koolzaad is de productie van biodiesel. Op dit moment wordt in Nederland geen biodiesel geproduceerd. Koolzaad is in Nederland een kleine teelt. In 1999 werd zo'n 1300 hectare koolzaad verbouwd, voornamelijk in Flevoland en Groningen. In Nederland vindt geen zaaizaadproductie van koolzaad plaats. In het buitenland wordt door een aantal telers een gedeelte van de oogst achtergehouden als zaaizaad voor het volgende seizoen. De biologische landbouw geeft, waar mogelijk, de voorkeur aan een systeem waarbij telers eigen zaaizaad produceren (Lammerts van Bueren, 2001). In Nederland wordt echter geen biologische koolzaad verbouwd.

Verspreiding van pollen

Koolzaad produceert grote hoeveelheden pollen. Lefol et al (1996a) schatten het aantal pollen op 5×10^{12} per ha. Onder veldomstandigheden is koolzaad hoofdzakelijk een zelfbestuivend gewas, hoewel er uitkruispercentages zijn gerapporteerd van 5 tot 30% (Hühnet et al, 1979; Rakow et al, 1987). Bonthuis (2001) geeft zelfs aan dat 70% van bevruchtingen bij koolzaad het resultaat is van kruisbestuiving.

De pollen van koolzaad zijn groot (32-33 μ m), zwaar en stroef. Bestuiving vindt plaats door zowel contact tussen naburige planten, insecten en wind (Anonymus, 1997a). Het grootste aandeel van de bestuiving vindt plaats door windbestuiving (Bonthuis, 2001). Maar pollen die met wind meegenomen worden, geven een verwaarloosbare bijdrage aan de verspreiding van pollen over lange afstand (Mesquida et al, 1982; McCartney et al, 1991).

Losse pollen van koolzaad zijn zowel gedetecteerd boven velden koolzaad (Williams, 1984) als buiten akkers (Olsson, 1995). De hoeveelheid pollen neemt sterk af als de afstand tot het veld toeneemt. Timmons et al (1995) vonden in een studie dat de pollendruk snel afneemt buiten het veld: op 360 meter was de pollendruk 10% van de pollendruk gemeten in de rand van het veld en op 400 meter 5%. Op 1,5 kilometer



Figuur 3 Uitkruisingsroutes koolzaad

werden 0 tot 22 pollen per m³ geobserveerd. Simpson et al (1999) registreerden een hogere uitkruising in noordelijke en westelijke richting van een koolzaadveld wat correspondeert met de windrichting bij de bloei van het gewas.

Honingbijen (*Apis mellifera*) en hommels (*Bombus sp.*) spelen een belangrijke rol in de bestuiving van koolzaad. Pollen van koolzaad zijn een belangrijke voedselbron voor bijen. Bijenkorven worden veelal in de buurt van koolzaadvelden geplaatst (Manquard et al, 1995).

Aangenomen wordt dat insecten pollen sporadisch over grote afstand kunnen verspreiden. In proeven met 'pollenvallen' (mannelijk steriele planten) zijn er op een afstand van 2,5 tot 4 kilometer pollen aangetoond (Timmons et al, 1995).

Gemiddeld is de actieradius van hommels kleiner dan die van honingbijen. Bestuivende solitaire bijen bezoeken bloemen tot op enkele honderden meters van hun nestplaats (Anonymus, 1998a). Honingbijen hebben onder normale omstandigheden een radius van 1 tot 2 kilometer. Onder specifieke omstandigheden kunnen bijen wel verder vliegen. Imkers hebben gerapporteerd dat bijen 5 kilometer vlogen naar een veld koolzaad (Ramsey et al, 1999). Hütter et al (1999) rapporteren dat ze zelfs tot 14 kilometer kunnen vliegen als geen voedsel in de omgeving te vinden is. Scheffler et al (1995) vonden tussen twee velden koolzaad van 400 vierkante meter op een afstand van 200 en 400 meter een uitkruising van respectievelijk 0,0156% en 0,0038%. Stringham et al (1982) vonden in proefveldjes van 46 vierkante meter op afstanden van 46, 137 en 366 meter van een veld van 65 hectare GGO-koolzaad een uitkruising van 2,1%, 1,1%, en 0,6%. De hogere uitkruisingspercentages in deze proef worden waarschijnlijk veroorzaakt door de grote omvang van het veld GGO-koolzaad in verhouding tot de proefveldjes. Berekeningen met het simulatiemodel Genesys laten zien dat het percentage uitkruising toeneemt als de omvang van het perceel GGO-koolzaad groter is en dat de pollen over een grotere afstand worden verspreid.

Andere bronnen hebben uitkruisingen gemeten in aangrenzende velden GGO- en non-GGO-koolzaad. Staniland et al (2000) vonden een uitkruisingspercentage van 0,7% op 0 meter en 0,03% op 10 meter vanuit de rand van het veld. Downey (1999) geeft uitkruisingspercentages van 1,5% op 20 meter, 0,4% op 50 meter bij grote (>16 hectare) aangrenzende percelen koolzaad. In een proef van Scheffler et al (1993) met een cirkel met een doorsnede van 9 meter GGO-koolzaad in het midden van een veld van non-GGO-koolzaad is een uitkruising van 1,5% op 1 meter, 0,4% op 3 meter, 0,02% op 12 meter en 0,00033% op 47 meter.

Een aanzienlijk percentage koolzaad wordt geteeld in zogenaamde 'varietal association cultivars'. Deze teelten hebben een gereduceerde mannelijk fertiliteit: bijvoorbeeld slechts 20% van de planten produceert pollen. Een dergelijke teelt heeft een hoger risico op inkruising. Experimenten met koolzaad met een gereduceerde mannelijke fertiliteit laten zien dat het percentage inkruising hoger is. Informatie uit Noord-Amerika laat zien dat mannelijk steriele koolzaadplanten bevrucht kunnen worden over een afstand van verschillende kilometers. Een vergelijkbare situatie bestaat bij de productie van hybridezaden (Anonymus 2001).

In een systeem waarbij een teler een gedeelte van de oogst achterhoudt als zaaizaad voor het komende seizoen kan, na uitkruising van GGO-gewas in een GGO-vrij gewas, in de loop der jaren het aandeel planten dat dit gen bevat oplopen. Het vestigen van de genen in het genoom is weinig bestudeerd. Aangenomen wordt dat alleen genen die de overlevingskans van een plant vergroten blijvend in het genoom geïncorporeerd worden (Brandenburg, 2001). Linder et al (1994) stellen echter dat pleiotrope effecten mogelijk gevolgen hebben voor het (secundair) metabolisme waardoor een ongewenste verhoging van erucazuur en glucosinolaten in GGO-planten kan optreden met mogelijk een verhoogd vermogen tot overleving en verwildering tot gevolg hebben. Bij de toelating van GGO-koolzaad worden gehalten van erucazuur en en glucosinolaten beoordeeld, maar hogere percentages zijn niet uit te sluiten (Van der Graaf, 2001).

Uitkruising met wilde verwanten

De capaciteit van koolzaad om spontaan uit te kruisen met wilde verwanten is nooit grondig geanalyseerd. De Vries et al (1992) concluderen dat spontane uitkruisingen met wilde verwanten in Nederland niet voorkomen.

Onder geforceerde omstandigheden in het laboratorium kan koolzaad met een aantal verwanten worden gekruist (Scheffer et al, 1994). Van vier wilde verwanten van

koolzaad is bekend dat ze spontaan kunnen uitkruisen: *Brassica rapa* (raapzaad), *Brassica juncea*, *Hirschfeldia incana* (grijze mosterd), *Raphanus raphanistrum* (knopherik), *Sinapis arvensis* (Herik) (Jorgensen, 1999). Deze wilde verwanten hebben deels een overlappende bloeiperiode met koolzaad, afhankelijk van de regio en het ras van het koolzaad (Lefol et al, 1996a, Ramsay et al, 1999). Chèvre et al (1997, 1998 & 1999) constateerde dat kruisingen tussen koolzaad en grijze mosterd, knopherik en herik levenskrachtig waren maar dat de kruislingen een verlaagde vrouwelijke fertiliteit en een verlaagde fitness hadden. Kruisingen tussen koolzaad en koolraap hebben een gereduceerde fertiliteit al bleek het mogelijk de kruisingen tot meerdere generaties te reproduceren (Stace, 1975). Het Wetenschappelijk Comité Planten concludeert dat uitkruising tussen koolzaad en wilde verwanten mogelijk met een lage frequentie plaatsvindt maar dat, omdat de kruisingen een slechte vitaliteit hebben en een hoge steriliteit, het de verspreiding van kruisingen beperkt zal zijn (Anonymus, 1998b). De lage potentie van koolzaad voor uitkruisen wordt veroorzaakt doordat koolzaad een groter aantal chromosomen heeft dan de meeste wilde verwanten: koolzaad is een allotetraploid met 19 chromosomen ten opzichte van 8,9 of 10 in de meeste verwanten (Bonthuis, 2001).

Opslag

Door de kleine zaden van koolzaad en het grote aantal zaden dat door het gewas geproduceerd wordt, kan bij onzorgvuldige oogst opslag in het volggewas een groot probleem zijn (Anonymus, 1997a). Lutman (1993) heeft berekend dat na de oogst van koolzaad gewoonlijk grote hoeveelheden zaad achterblijven, vaak oplopend tot 10.000 zaden per m². In drie experimenten ontkiemden de meeste zaden snel nadat ze in de grond waren ingebracht. De meeste zaailingen konden zich niet ontwikkelen en stierven af. Op deze manier wordt de overleving van het zaad binnen 6 maanden in het algemeen tot minder dan 1% gereduceerd. De reductie van de hoeveelheid zaad is sterk afhankelijk van het weer in de winterperiode (Bonthuis, 2001).

Een andere eigenschap van koolzaad is dat een gedeelte van het zaad persistent kan zijn gedurende vele jaren. In de eerste twee jaar is er een scherpe, min of meer exponentiële afname van de opslag. Het overgebleven zaad kan gedurende meer dan 10 jaar ontkiemen (Anonymus 2001). De Vries et al (1992) geven aan dat elk jaar ongeveer 20% van het zaad ontkiemt en dat om deze reden opslag na vele jaren volgend op de teelt optreedt. Factoren waarvan dit afhankelijk is, zijn: tijdelijke kiemrust van het zaad (afhankelijk per ras), secundaire kiemrust en het al dan niet onderwerken van het zaad (Anonymus 2001).

Tot slot kan koolzaad zich verspreiden buiten de akker. Koolzaad wordt in Nederland regelmatig buiten de akker aangetroffen, maar het is onduidelijk of koolzaad zich hier ook kan vestigen (De Vries et al, 1992). Koolzaad is geen inheemse plantensoort in Nederland maar wordt wel aangetroffen op ontgonnen grond, in perceelsranden, in wegbermen, op open hellingen (Abelevan, 1888; Weevers, 1920; Heukels, 1896), op vuilnisbelten (Weeda et al, 1987), en in rivier- en slootkanten (Franke et al, 1958) en in steden (Koningsdaal et al, 1956; Anonymus, 1959).

Simulaties met het model Genesys laten zien dat uitkruising over meerder jaren tussen velden groter is als in wegbermen of perceelranden koolzaad groeit (Colbach, 2000a & 2000b).

Conclusies uitkruising tussen GGO- en GGO-vrij koolzaad

Tussen naburige koolzaadvelden vindt uitkruising plaats. Tot enkele honderden meters buiten het veld met GGO-koolzaad vindt uitkruising plaats. Het aandeel uitkruisingen neemt snel af met de afstand tot het veld GGO-koolzaad.

Daarnaast neemt het percentage inkruising naar het GGO-vrije gewas, vanaf de rand naar het midden van het veld, sterk af.

Incidenteel kan koolzaad over afstanden van enkele kilometers uitkruisen via insecten die over grote afstanden stuifmeel van het koolzaad verplaatsen. Daarnaast kan uitkruising over grotere afstanden plaatsvinden doordat koolzaad zich buiten percelen vestigt. Door opslag van koolzaad kan uitkruising plaatsvinden tot jaren na de teelt van het koolzaad. Bij goed management wordt de hoeveelheid koolzaad dat vanuit de opslag ontkiemt, snel gereduceerd. Voor koolzaad buiten een akker is dergelijk management nauwelijks mogelijk.

Hogere percentages uitkruising kunnen verwacht worden als de door GGO-technieken ingebrachte genen permanent (in bepaalde mate) aanwezig zijn in de populatie van het gewas dat als GGO-vrij gewas geteeld wordt.

3.3 Aardappel

Karakteristieken van de teelt

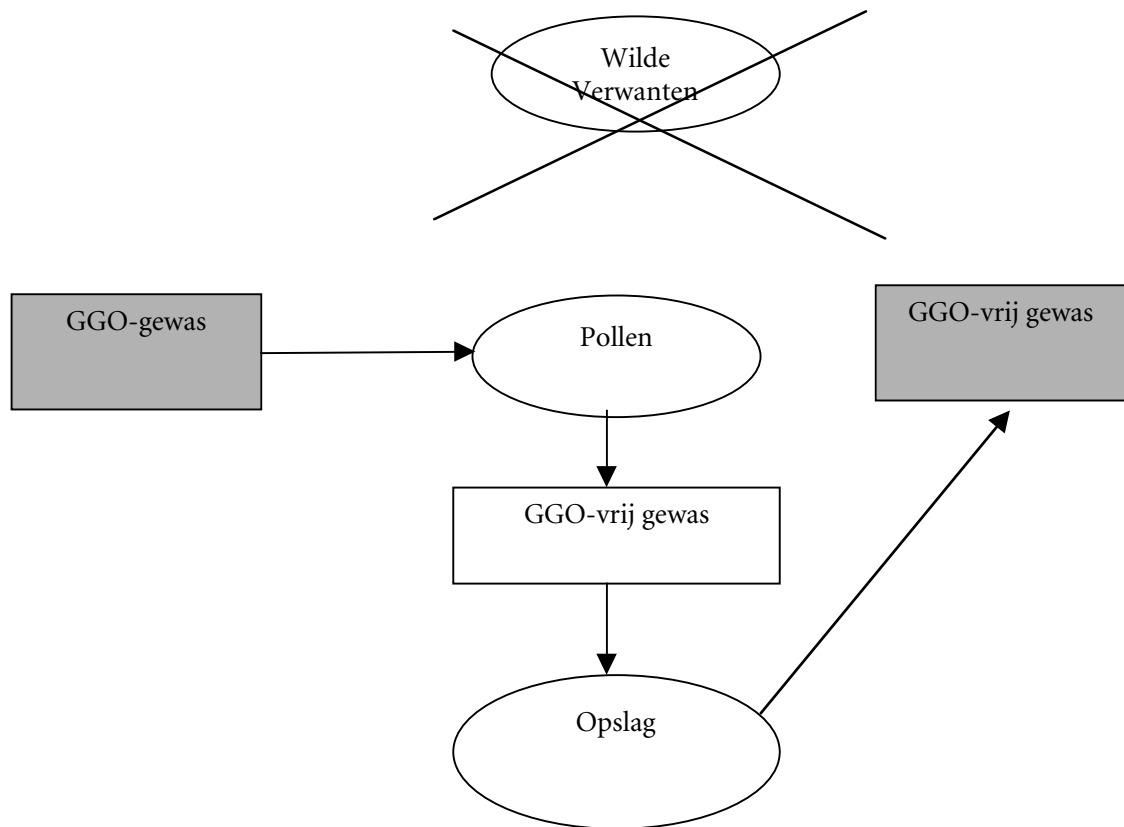
Aardappelen (*Solanum tuberosum*) is een van de belangrijkste teelten voor de akkerbouw in Nederland. In Nederland wordt 181.000 hectare aardappelen geteeld (Anonymus, 1999a). Voor het grootste deel zijn dit consumptieaardappelen (83.000 hectare) die in zijn geheel of verwerkt tot aardappelproducten afgezet wordt aan de consument. In Nederland wordt 40.000 hectare pootaardappelen geteeld. Meer dan de helft van de pootaardappelen wordt geëxporteerd.

Daarnaast wordt met name in noordoost Nederland een areaal van ongeveer 57.000 ha zetmeelaardappelen geteeld. Gewonnen zetmeel uit deze aardappelen wordt verwerkt in voedingsmiddelen en in non-food producten (zoals papier).

Aardappelen worden vegetatief vermeerderd. Een geselecteerde uitgangsplant leidt in tenminste acht veldvermeerderingen tot de klasse gebruikspootgoed. Dit pootgoed wordt rechtstreeks gebruikt of verder vermeerderd tot pootgoed voor de teelt van consumptie- en zetmeelaardappelen. De vermeerdering van de geselecteerde plant tot gebruikspootgoed kan worden versneld door technieken van in-vitroplantjes (laten uitgroeien van planttoppen of okselknoppen op een voedingsmedium) of mini- of microknollen (knollen van in-vitroplantjes). Alleen bij de veredeling van aardappelrassen worden aardappelplanten met bestuiving en zaadproductie voortgeplant. Op kleine schaal worden aardappelen vermeerderd doormiddel van zaad, zogenaamd True Potato Seed (TPS).

Verspreiding van pollen

Onder veldcondities wordt 80 tot 100% van het zaad van de aardappel gevormd door zelfbestuiving (Plaisted, 1980). Voor zowel zelfbestuiving als kruisbestuiving zijn insecten noodzakelijk. In het bijzonder zijn hommels goed in het bestuiven van aardappelen. In een veldexperiment met GGO-aardappelen in Zweden is aangetoond dat naast hommels ook kevers GGO-aardappelstuifmeel over afstanden van tenminste 1.000 meter kunnen verspreiden (Skogmyr, 1994). Normale honingbijen (*Apis mellifera*) zijn geen bestuivers van aardappelen omdat de bloemen geen nectar produceren (Sanford et al, 1981). In proeven kon windbestuiving niet worden aangetoond (White, 1983).



Figuur 4. Uitkruisingsroute aardappel

McPartlan et al (1994) vonden uitkruisingspercentages van 24% van aardappelen die in rijen naast elkaar geteeld worden en de bladeren elkaar raken, 2% op een afstand van 3 meter, 0,017% op een afstand van 10 meter en 20 meter afstand werden geen uitkruisingen meer geobserveerd. Ook in veldexperimenten met GGO-aardappelen in Nieuw-Zeeland, het Verenigd Koninkrijk en Zweden was uitkruising tot 0% gereduceerd op een afstand van 20 meter (Conner et al., 1996). Schittenhelm et al (1995) vonden wel dat de uitkruising snel afnam in de eerste 20 meter maar konden wel terugvinden tot op 80 meter. In theorie kunnen pollen van aardappelen verder verspreid worden. Hommels kunnen ruim drie kilometer vliegen (Reheul, 1987).

De uitkruising van aardappels wordt verder beperkt door een gereduceerde vruchtbaarheid van veel aardappelrassen (Ross, 1986). Veel rassen, waaronder Bintje en King Edward, hebben een gereduceerde pollenfertiliteit of zijn zelf mannelijk steriel. Een gereduceerde vrouwelijke fertiliteit komt niet zoveel voor. Wel is de bloei van veel aardappelrassen minder overvloedig dan de bloei van wilde verwanten van de aardappel (Anonymus, 1997b). Daarnaast wordt de mate van bloei beïnvloed door klimaatomstandigheden. De omstandigheden voor bloei in Nederland zijn gunstig. In de eerste plaats wordt de bloei gestimuleerd door een lange daglengte. Ook rassen die normaal gesproken geen bloemen vormen, kunnen dan uitbundig gaan bloeien. Daarnaast speelt temperatuur een rol: met name wanneer bij hoge temperaturen doorwas optreedt, gaat dit vaak gepaard met een meer dan normale bloei. Naast invloed op het optreden van bloei kan temperatuur een sterke invloed uitoefenen op het afvallen van de bloemen. Een hoge temperatuur ($>25^{\circ}\text{C}$) gedurende enkele dagen tijdens de bloei kan bij een aantal rassen aanleiding zijn tot het uitvallen van een groot deel van de bloemen, waardoor zich dan geen of weinig bessen meer kunnen ontwikkelen

(Anonymus, 1999b). Tot slot kan een groot aantal rassen, vanwege incompatibiliteit, niet met elkaar kruisen.

Uitkruising met wilde verwanten

Onder natuurlijk omstandigheden is nooit uitkruising gevonden van de aardappel met in Nederland voorkomende wilde verwanten zoals Zwarte Nachtschade (*Solanum nigrum*) en Bitterzoet (*Solanum dulcamara*) (Kirch et al, 1989). Onder geforceerde, laboratorium, omstandigheden (embryo rescue) vinden lage frequenties van uitkruising plaats met Zwarte Nachtschade (Eijlander et al, 1994). Deze kruisingen zijn minder vitaal, mannelijk steriel, vormen geen knollen en de vrouwelijke fertiliteit is verlaagd.

Opslag

Opslag van aardappelen kan zowel gevormd worden vanuit de vegetatieve delen die na de oogst in de grond achterblijven (knollen) als door zaad.

Bij de oogst van aardappelen blijven vaak tussen de 20.000 en 400.000 knollen per hectare op het veld achter. Dit zijn grotendeels ondermaatse knollen. Als de achtergebleven knollen in staat zijn te overwinteren kunnen in volgende gewassen grote aantallen opslagplanten voorkomen (Anonymus, 1999b).

Deze opslagplanten vormen een lastig hardnekkig onkruid dat met het eigenlijke gewas concurreert en vanuit fytosanitaire oogpunt grote problemen kan geven omdat aardappelziekten zich kunnen handhaven. Ten onrechte wordt vaak gedacht dat aardappelopslag alleen een probleem is in het eerste jaar na de teelt van een aardappelgewas. Ook de opslagplanten vormen echter knollen waardoor het probleem in volgende jaren soms minstens zo groot is.

Opslag wordt afgedood door vorst: knollen sterven af bij temperaturen van -3°C of lager. Het loof sterft af bij temperaturen van -4°C of lager (Van Swaaij et al, 1987; Vayda, 1994). Dale (1992) rapporteert dat knollen van de aardappel afgedood worden bij een vorstperiode van 25 uur bij -2°C of een vorstperiode van vijf uur bij -10°C . Daarnaast sterven de knollen af bij droogte en de standaard agrarische bewerkingen in het vervolggewas (Anonymus, 1998c). Het Wetenschappelijke Comité Planten van de Europese Unie concludeert dat de meeste knollen snel afsterven maar levende plantenresten persistent kunnen zijn gedurende meerdere jaren.

Daarnaast kunnen sommige rassen veel bessen vormen. Hiermee worden enorme hoeveelheden kiemkrachtig zaad gevormd, meer dan 400 per plant (Askew, 1993) en resulteert in 100 tot 200 miljoen zaden per hectare. Zaden van aardappelen zijn persistent. Love et al (1994) rapporteren dat aardappelzaden meer dan zeven jaar kunnen overleven. Lawson (1983) heeft aangetoond dat zaden van aardappelen in de grond kunnen worden opgeslagen tot 10 jaar lang zonder verlies van fertiliteit. Problemen met grootschalige opslag zijn echter veelal alleen in het seizoen na de teelt van aardappelen (Bonthuis, 2001).

Het Wetenschappelijk Comité Planten adviseert onder de conditie dat weinig zaad is gevormd en geen vegetatief materiaal in staat is zich te vermenigvuldigen een periode van 5 jaar tussen de teelt van GGO-aardappelen en de teelt van non-GGO aardappelen. Om andere redenen kunnen telers kiezen voor een langere periode (nematoden) (Anonymus 2001). Onduidelijk is op welke data dit advies is gebaseerd. Daarnaast is het advies niet gespecificeerd voor de verschillende regio's binnen de Europese Unie.

Opslag van aardappelen kan zich op kleine schaal verspreiden. Vegetatief door uitlopers (stolonen) die de aardappelplant vormen. Uitlopers van gecultiveerde aardappelrassen zijn in het algemeen niet erg lang (Hawkes, 1990). Zaden van aardappelplanten

kunnen niet worden verspreid door vogels maar wel door kleine zoogdieren (Hawkes, 1988). In het algemeen is de aardappel niet bekend als een plant die natuurlijke ecosystemen koloniseert. De aardappel kan niet concurreren met planten zoals grassen, bomen en heesters (Anonymus, 1996).

Conclusies uitkruising tussen GGO- en GGO-vrije aardappelen

De kans op uitkruising tussen GGO- en GGO-vrije aardappelen is miniem, maar niet helemaal uitgesloten. Aardappelen worden vegetatief vermeerderd en ook het product wat geconsumeerd wordt, de knollen, zijn niet het resultaat van kruising. De enige theoretische kans op uitkruising is dat een zaailing als opslag overleeft en dat knollen van deze zaailing terechtkomen in een volgende teelt van aardappelen. De kans hierop is uiterst gering. De kans dat een zaailing het product is van een kruising van een GGO-aardappel en een GGO-vrije aardappel is klein. Aardappel is een hoofdzakelijk zelfbestuivend gewas. Het kleine aandeel zaad dat het product is van kruisbestuiving is bestoven door naburige planten. Op een afstand van 20 meter is nooit uitkruising aangetoond. Omdat de aardappel een insectenbestuiver is, is het wel mogelijk dat binnen de reikwijdte van insecten (enkele kilometers) uitkruising plaatsvindt.

Contaminatie van GGO-vrije aardappelen met kruisingen van GGO-aardappelen is mogelijk als producten van zaailingen, die zijn ontstaan uit een kruising met een GGO-aardappel, in de volgende teelt van aardappelen terechtkomen. Tussen de twee teelten van aardappelen op één perceel zitten meerdere jaren. Zaad van de aardappel is persistent en kan meerdere jaren overleven. Dit is dus niet uitgesloten. Door de grondbewerking zal echter het grootste deel van het zaad eerder tot ontkieming komen. Daarnaast zijn knollen van zaailingen kleiner dan knollen van een plant die uitgroeit vanuit een pootaardappel. De kleine knollen van de zaailing zullen om deze reden bij de oogst worden uitgesorteerd. Om daadwerkelijk in de oogst van de GGO-vrije aardappel terecht te komen is het dus noodzakelijk dat het zaad in het jaar voorafgaand aan de teelt tot ontkieming komt, de knollen als opslag in het perceel achterblijven en het volgend jaar uitgroeien tot grotere knollen. Een zachte winter is noodzakelijk om aardappelknollen te laten overleven.

3.4 Suikerbiet

Karakteristieken van de teelt

Suikerbieten (*Beta vulgaris L.*) worden, zoals de naam al aangeeft, geteeld voor de productie van kristalsuiker. Daarnaast worden bij de verwerking van suikerbieten bietenpulp, betacal en melasse als bijproducten geproduceerd. Bietenpulp is uitstekend voer voor zowel koeien als varkens. Betacal is een kalkmeststof. Melasse wordt voornamelijk gebruikt voor de alcoholbereiding en als grondstof voor de productie van mengvoer. Daarnaast wordt melasse soms toegevoegd aan grassilage. Kop en loof van de suikerbiet, die voor de oogst worden verwijderd, zijn andere bijproducten. Kop en loof kunnen worden gebruikt als veevoer of worden ondergeploegd voor groenbemesting.

In Nederland wordt 113.000 hectare suikerbieten verbouwd. De suikerbietenteelt is in Nederland het sterkst geconcentreerd in Zeeland en de IJsselmeerpolders. Andere belangrijke teeltgebieden zijn de akkerbouwgebieden in de noordelijke Provincies, Limburg en West-Brabant. Naast suikerbieten worden in Nederland 1200 hectare voederbieten en een klein areaal rode bieten en snijbieten geteeld.

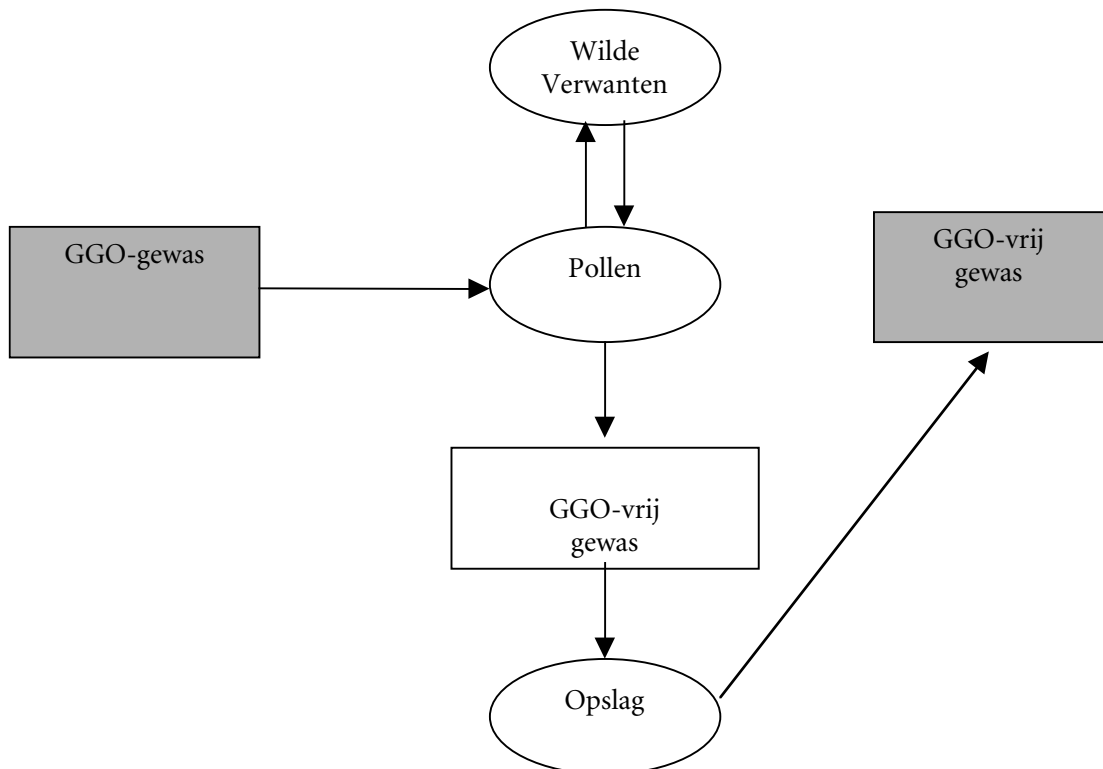
Suikerbieten worden in Nederland als eenjarig gewas geteeld. De suikerbiet is een tweejarige plant, die in het eerste jaar een penwortel maakt om het volgend jaar te

schieten, dat wil zeggen een bloeistengel te vormen. Een klein gedeelte van de planten schiet al in het eerste jaar (zogenaamde schieters: zie paragraaf Verspreiden van pollen).

In Nederland wordt geen suikerbietenzaad vermeerderd. Zaadproductie vindt, vanwege de gunstige teeltomstandigheden, voornamelijk plaats in Zuid-Frankrijk en Italië (Noome, 2001). In grote delen van Nederland (Flevoland, Zeeland, Noord-Brabant en Groningen) is het vanwege de bestrijding van Vergelingsziekte zelfs verboden suikerbieten voor zaadwinning te telen (Anonymus, 1997c).

Een aantal veredelaars heeft een ontheffing van het verbod op productie van bietenzaad. Deze ontheffing wordt gebruikt voor het kruisen en de eerste selectie voor het ontwikkelen van nieuwe rassen. Dit gebeurt in Nederland omdat stappen in het verdelingsproces veel specialistische arbeid vergt. Deze zeer kleinschalige zaadproductie vindt plaats op een beperkt aantal plaatsen (Noome, 2001).

In Nederland worden rode bieten wel voor de zaadvermeerdering geteeld. In 2001 worden in Noord-Holland verspreid in kleine perceeltjes 1,5 hectare rode bieten voor de zaadproductie verbouwd. Een perceel van 1,5 are (0,015 hectare) wordt verbouwd in Groningen. Snijbieten worden slechts sporadisch voor de zaadproductie geteeld: in 2001 0,4 are (0,004 hectare; bron Naktuinbouw).



Figuur 5. Uitkruisingsroutes suikerbiet

Verspreiding pollen

Suikerbieten worden voornamelijk via de wind bestoven en in veel mindere mate door insecten (Lotz et al, 2000). Toch heeft een aantal studies laten zien dat sommige insecten bietenpollen kunnen verspreiden en kunnen bijdragen aan de bevruchting (Free, 1975). Wellicht is het effect van insectenbestuiving belangrijker in velden voor bietenproductie omdat hier de pollendruk van donoren laag is (Vigouroux, 1999). Een klein deel van de kruisbestuiving wordt veroorzaakt door trips en zweefvliegen.

In velden met bloeiende tweejarige bieten vond Bateman (1947b) dat de uitkruising verminderde tot 4% op een afstand van 4,6 meter. Bateman kon uitkruising aantonen tot een afstand van 20,8 meter. Van Raamsdonk et al (1997) vonden dat de pollenconcentratie over 250 meter tot 17% afnam in vergelijking tot de pollenconcentratie aan de rand van het veld en 2% op 1000 meter.

Veel bietenrassen zijn hybriden waarbij mannelijk steriele lijnen worden gebruikt bij de zaadproductie. In velden met mannelijk steriele lijnen is vanwege de lagere pollendruk een extra risico voor inkruising (Anonymus 2001).

In Nederland worden pollen van suikerbieten alleen geproduceerd door schieters. Factoren die van invloed zijn op het in het eerste jaar schieten van suikerbieten zijn koudegevoeligheid, langedagevoeligheid en eenjarigheid (Anonymous, 1994).

- Koudegevoeligheid:** Bieten kunnen bij temperaturen tussen 2 en 12°C gevernaliseerd (aanzetten tot overgaan naar generatieve fase) worden. De mate waarin dat gebeurt, is afhankelijk van het groeistadium van de plant. Tot ongeveer het 2-4 bladstadium is de biet iets minder gevoelig voor vernalisatie. Er is ook sprake van rasverschillen. Groeivertragende factoren zoals een nat zaaibed kunnen eveneens schieten in de hand werken. Schieten door koudegevoeligheid wordt veelal veroorzaakt door het vroeg zaaien van bieten (Bonthuis, 2001). Warm weer in mei of juni kan de schietneiging weer onderdrukken (de-vernalisatie).
- Langedagevoeligheid:** Bieten zijn lange-dag-planten. Dat wil zeggen dat na vernalisatie lange dagen nodig zijn om te schieten.
- Eénjarigheid:** Eénjarigheid is een eigenschap van onder andere de strandbiet (*Beta maritima*). Ongewilde inkruising van deze eigenschap in het zaad leidt tot eenjarige bieten in de suikerbietengewassen (Santoni et al, 1992; Boudry et al, 1993). Bestrijding van de strandbiet in de zaadteeltgebieden en strenge controle van het zaad is noodzakelijk. Een strenge selectie op schieters bij de zaaizaadproductie vind plaats (Anonymus, 1994).

Een laatste factor die voor uitkruising van belang is dat veel rassen die in Nederland geteeld worden triploïde rassen zijn. Deze rassen zijn mindergoed tot bestuiving in staat als diploïde rassen (Bonthuis, 2001).

Uitkruising met wilde verwanten

Suikerbieten kunnen goed uitkruisen met cultuurbieten, verwilderde bieten, wilde bieten, strandbieten, snijbieten, voederbieten en rode bieten. Ook de uitkruising tussen transgene suikerbieten en strandbieten (*Beta maritima*) zijn gevonden in studies onder veldcondities (Vigouroux et al, 1999). Tussen gecultiveerde bieten en strandbieten zijn geen genetische barrières (Boudry et al, 1993; Bartsch, et al 1996).

De strandbiet komt voor langs de Mediterrane en Noord-Atlantische kust. Kruising tussen de cultuurbiet en de strandbiet geeft de onkruidbiet. In Nederland worden strandbiet en de onkruidbiet slechts op zeer kleine schaal aangetroffen (Lange et al, 1999). De onkruidbiet geeft wel, ondanks strenge controle, grote problemen voor de hybridenzaadproductie in Frankrijk en Italië. De uitkruising van suikerbieten naar wilde bieten vindt voor het overgrote deel plaats in de akker en in de randen van de akker. Vigouroux et al (1999) vonden een uitkruising van suikerbieten in wilde bieten van 10% op een afstand van 3 meter van de rand van het veld. Dit nam af tot 1% op 15 meter.

Boundry et al (1994) hebben met moleculaire technieken het niveau van de genetische variatie van de strandbietpopulatie vergeleken met suikerbieten en concludeerde dat de uitwisseling van genen periodiek gebeurt. Dit suggereert dat de introductie van (GGO) herbicide tolerante bieten in Europa op korte termijn zal leiden tot herbicide resistente onkruidbiet. De Laat et al (1994) en Schouten (1997) verwachten dat, als het zich voordoet, herbicide resistente strandbieten pas na lange tijd (minimaal enkele decennia) vergelijkbare probleem van uitkruising naar suikerbieten voor de zaadproductie geven geven als de huidige strandbiet. Deze auteurs redeneren echter dat de kans op uitkruising klein is als de herbicide resistentie alleen in de mannelijk steriele lijn wordt ingebracht en dat de strandbiet van de herbicide tolerantie geen selectievoordeel heeft in de natuur. In praktijk wordt de herbicide resistentie ook bij de bestuivende lijn ingebracht (Noome, 2001) en gaat de stelling van De Laat et al en Schouten derhalve niet op.

Opslag

Opslag van bieten kan ontstaan door zowel uitkruising met strandbieten, de vegetatieve ontwikkeling van bietenkronen of de kieming van zaad. De overwintering van vegetatieve delen is niet noemenswaardig (Anonymus, 1994). Schieters kunnen zaad vormen dat in een volgend gewas opslag kan veroorzaken. Op deze wijze kan het optreden van bietenmoehed in de hand gewerkt worden en ontstaat een onkruidprobleem. Om deze reden wordt aanbevolen schieters vóór 1 augustus te verwijderen. Het zaad van bieten kan erg persistent zijn. Het kan tot 10 jaar kiemkracht behouden. Het Wetenschappelijk Comité planten van de Europese Unie adviseert een periode van 5 jaar tussen de teelt GGO-suikerbieten en de teelt van non-GGO bieten voor zaadproductie om het percentage GGO-suikerbieten uit opslag ten opzicht van het totaal aantal suikerbietenplanten te verlagen tot minder dan 0,1% (Anonymus 2001). Het Comité maakt in haar advies geen onderscheid tussen verschillende regio's binnen de Europese Unie en geeft niet aan op basis waarvan dit advies is gebaseerd.

Conclusie uitkruising van GGO- naar GGO-vrije suikerbieten

De kans op uitkruising tussen GGO-bieten en GGO-vrije suikerbieten is in Nederland miniem, maar is niet helemaal uitgesloten. Bij de teelt van de suikerbiet in Nederland vindt alleen de vegetatieve ontwikkeling van de plant plaats. Bij de productie van bietenzaad is er wel een reële kans op uitkruising tussen GGO- en GGO-vrije suikerbietenrassen. Suikerbietenzaad wordt niet in Nederland vermeerderd. Wel wordt in Nederland zaad vermeerderd voor rode en snijbieten waarmee suikerbiet goed kan uitkruisen. Inkruising in deze gewassen vanuit de productieteelt van GGO-suikerbieten is zeer reëel maar vanuit kwantitatief oogpunt marginaal omdat de hoeveelheid pollen die schieters produceren beperkt is. In Nederland is er slechts een theoretische kans op uitkruising tussen suikerbieten op basis van het volgende scenario. Een schieter in het GGO-vrije gewas wordt bevrucht door een schieter uit het GGO-gewas. Het zaad dat ontstaat blijft als opslag in de grond en ontkiemt in de volgende teelt van suikerbieten. In het kustgebied is het daarnaast mogelijk dat schieters van GGO-suikerbieten uitkruisen met de strandbiet. Als de genen die met

GGO-technieken zijn ingebracht permanent in het genoom van de strandbiet worden geïncorporeerd, bestaat er ook een kans op uitkruising door bestuiving van een schietter in het GGO-vrije gewas door de strandbiet. De kans op uitkruising blijft minimaal omdat de strandbiet slechts zeer beperkt in Nederland voorkomt.

4 Maatregelen om uitkruising te beperken _____

Om uitkruising tussen GGO- en GGO-vrije gewassen te beperken kunnen verschillende maatregelen worden getroffen:

- Isolatieafstanden;
- Pollencompetitie;
- Fysieke barrières;
- Bloeitijdstippen;
- Fertiliteit beperkende maatregelen
- Bestrijding van opslag.

In dit hoofdstuk worden deze maatregelen beschreven. Daarnaast is een eerste beoordeling gemaakt van effectiviteit van de maatregelen, de ruimtelijke en economische aspecten.

4.1 Isolatieafstanden

De concentratie van pollen neemt af als de afstand tot een veld bloeiende planten toeneemt. Zoals in het vorige hoofdstuk beschreven is de afstand waarover pollen zich verspreiden sterk afhankelijk van het type gewas en de karakteristieken van de teelt. Met isolatieafstanden kan de uitkruising tussen GGO- en GGO-vrije gewassen beperkt worden. Met isolatieafstanden kan uitkruising niet worden voorkomen (Anonymus, 2001).

Effectiviteit

Bij isolatieafstanden moet rekening gehouden worden met lokale omstandigheden, zoals windsnelheid en -richting (Anonymus, 2001). De windrichting is echter lastig te voorspellen omdat de piek van het verspreiden van pollen verspreid is over slechts één of twee dagen. In deze korte periode kan de windrichting afwijken van de gangbare windrichting. Bovendien zijn er voor een specifiek veld weinig accurate gegevens aanwezig over windrichting.

De isolatieafstanden worden hoofdzakelijk beschreven op basis van kennis vanuit non-GGO gewassen. Waar pollen van GGO-gewassen en pollen van non-GGO gewassen van dezelfde plantensoort zijn vergeleken, zijn geen verschillen in hun verspreiding aangetoond.

Ook bij de productie van zaaizaden zijn isolatieafstanden de belangrijkste maatregel om uitkruising te voorkomen. In Nederland zijn hiervoor isolatieafstanden vastgesteld in het keuringsreglement van de Nederlandse Algemene Keuringsdienst (NAK). De isolatieafstanden verschillen per gewas en het type zaad. Voor de productie van prebasis en basiszaad worden hogere eisen gesteld aan het voorkomen van uitkruising dan bij de productie van gecertificeerd zaad. Om deze reden worden hiervoor grotere isolatieafstanden voorgeschreven. In tabel 6 zijn door de NAK voorgeschreven afstanden voor koolzaad, maïs en suikerbieten voor verschillende typen zaad vermeld. Voor aardappelen zijn geen isolatieafstanden vastgelegd omdat aardappelen vegetatief vermeerderd worden.

Tabel 6. Voorgeschreven isolatieafstanden (in meters) door de NAK (Anonymus, 2000b) en andere bronnen

	Prebasis / basiszaad	Gecertificeerd zaad	Andere bronnen
Maïs	200	200	9654 m (6 mijl) ² , 3000m ³ , >185 m ⁴ , 420 m ⁵ , 1000 m ⁶ , 600 m ⁷ , 200 m ⁸
Suikerbieten	1000	600/300 ¹	1609 m (1 mijl) ² , 1000/3000m ³ , 600 m ⁸
Koolzaad	200	100	9654 m (6 mijl) ² , 100 m ⁵ , 600 m ⁷ , 200 m ⁸
Aardappel			1609 m (1 mijl) ² , 500m ⁸

¹ 600 meter bij een ongelijk plooidie- en 300 meter bij een gelijk plooidniveau

² Soil Association (Holden, 1999)

³ Treau en Emberlin (2001) voor 'zeer lage risico afstanden' berekent voor Groot-Brittannië. Suikerbieten: 1000 voor gebieden waar geen strandbieten aanwezig zijn en 3000 meter voor gebieden waar wel strandbieten voorkomen. Bovendien moet de isolatieafstand van 3000 meter in acht worden genomen voor populaties van strandbieten en onkruidbieten waarvan verwacht wordt dat GGO-eigenschappen geïncorporeerd zijn.

Koolzaad: Bovendien moet deze isolatieafstand in acht worden genomen voor wilde verwanten of kruisingen met wilde verwanten waarvan verwacht wordt dat GGO-eigenschappen geïncorporeerd zijn.

⁴ Gracia et al, 1998

⁵ Ingram, 2000 op basis van een uitkruisingspercentage van max. 0,1% en percelen van 2 hectare

⁶ Organización Internacional Agropecuaria (2001)

⁷ Organic Crop Producers & Processors Inc/Pro-Cert Canada Inc (OCPRO) (2000)

⁸ SCIMAC (2000)

De door de NAK vastgelegde isolatieafstanden zijn in overeenstemming met de richtlijnen van de EU (Soepboer, 2001). Door veel lidstaten en zaadproducenten worden, afhankelijk van lokale omstandigheden, grotere isolatieafstanden gehanteerd (Anonymus, 2001).

Veel bietenrassen zijn hybriden waarbij mannelijk steriele lijnen worden gebruikt voor zaadproductie. Dit is een extra risico voor inkruising. Om deze reden adviseert het Wetenschappelijk Comité Planten van de Europese Unie de isolatieafstanden bij zaadproductie te herzien (Anonymus 2001). Sommige onderzoekers geven aan dat de isolatieafstand bij de productie van bietenzaad tenminste 3200 meter dient te bedragen.

Het Wetenschappelijk Comité Planten van de Europese Commissie zegt dat voor een uitkruisingsniveau van 0,3% bij:

- Koolzaad: huidige isolatieafstand (100 meter) voldoende is voor teelten waar alle planten mannelijk fertiel zijn. Voor teelten waar een groot gedeelte van de planten mannelijk steriel zijn (voor de productie van hybridezaden) lijkt het verdubbelen van de isolatieafstand (200 meter) zelfs nog onvoldoende al is er weinig informatie over inkruising in velden voor hybridenzaadproductie. De huidige EU-norm voor raszuiverheid voor de categorie gecertificeerd zaad is 90%. Op basis hiervan lijkt de 0,3% zelfs niet te realiseren met stringente aanvullende maatregelen. Volgens het simulatiemodel Genesys is bij 6 ha koolzaad 100 meter onvoldoende (met pollen barrières) om een uitkruisings niveau van minder dan 0,3% te realiseren.
- Maïs: als ook andere maatregelen voor het beperken van uitkruising worden geïmplementeerd is de isolatieafstand voor zaadproductie (300 meter) voldoende.

- Suikerbieten: er onvoldoende informatie is om de isolatieafstand in te schatten. Het Comité maakt echter geen onderscheid tussen verschillende regio's binnen de Europese Unie.

Ruimtelijke consequentie

Met isolatieafstanden kunnen in een gebied rondom GGO-gewassen geen GGO-vrije gewassen geteeld worden en vice versa. De isolatiezone (het gebied dat rondom GGO-vrije gewassen waarin geen GGO-gewassen geteeld mogen worden) neemt sterk toe als de isolatieafstand toeneemt. Bij de teelt van één hectare van een GGO-vrij gewas (vierkant veld) is bij een isolatieafstand van 20 meter de oppervlakte van het isolatiezone 0,9 hectare. Bij een isolatieafstand van 1000 meter loopt de oppervlakte van de isolatiezone op tot 354 hectare.

Andere factoren die van invloed zijn op oppervlak van de isolatiezone:

- Omvang percelen: Bij grotere percelen neemt de oppervlakte die in beslag wordt genomen door de isolatieafstand af in verhouding tot de oppervlakte van het perceel. Bij een perceel van 25 hectare en isolatieafstand van 1000 m is de oppervlakte waarin geen GGO-gewassen geteeld kunnen worden 514 hectare oftewel 21 maal de oppervlakte van het perceel (i.p.v. 354 maal bij 1 ha.)
- Vorm percelen. Uitkruising kan gemakkelijk worden verdubbeld bij langwerpige in plaats van vierkanten percelen (Anonymus, 2001). Op de oppervlakte van de isolatiezone is het effect van de vorm minder groot. Op een perceel dat 3 maal zo lang is als breed is de isolatiezone maximaal 15% groter dan bij een vierkant veld van dezelfde grootte.

In de praktijk kan ingeval van beperkte isolatieafstanden de isolatiezone gedeeltelijk samenvallen met zones die in de huidige praktijk ook niet beteeld worden, zoals sloten en teeltvrije zones die zijn voorgeschreven door de regelgeving voor het gebruik van bestrijdingsmiddelen (25 cm vanuit de sloot voor maïs, 50 cm voor suikerbieten en koolzaad en 150 cm voor aardappelen. In de toekomst zullen de teeltvrije zones naar verwachting worden verbreed). Bij een slootbreedte van 4 meter is de scheiding tussen gewassen op verschillende percelen in de huidige praktijk dus tussen de 4,5 en 7 meter.

Isolatieafstanden tot ongeveer 100 meter kunnen alleen gehandhaafd worden als telers van GGO-gewassen en telers van GGO-vrije gewassen met percelen die aan elkaar grenzen rekening houden met elkaars bouwplan. In het gebied dat binnen de isolatieafstand valt kunnen wel non-GGO gewassen geteeld worden die niet bestemd zijn voor een GGO-vrije keten. Bij gewassen waarbij met behulp van GGO-technieken resistenties zijn ingebouwd tegen bepaalde ziekten of plagen (zoals de Bt-maïs die resistent is voor de maïsstengelboorder) is vanuit resistentiemanagement de teelt van niet-resistente gewassen (veelal non-GGO) in combinatie met de resistente gewassen een belangrijke optie. De niet-resistente variëteit kan dan in de isolatiezone geteeld worden.

Het instellen van grote isolatieafstanden (1000 m) betekent dat rondom een perceel met een GGO-vrij gewas van honderden hectaren (in de Nederlandse situatie betekent dit meerdere bedrijven) geen GGO-gewassen kunnen worden geteeld (en vice versa).

Voor het realiseren van isolatieafstanden is het noodzakelijk dat alle percelen met GGO-gewassen en GGO-vrije gewassen in kaart gebracht zijn. Bovendien moeten deze gegevens al bekend zijn als de telers hun bouwplan opstellen. Alleen bij kleine isolatieafstanden kan een akkerbouwer tot het laatste moment inspelen op een isolatiezone door op een strook niets te verbouwen.

Bij de productie van suikerbietenzaad in Frankrijk en Italië worden afspraken gemaakt over afstanden tussen verschillende velden om uitkruising tussen verschillende rassen te voorkomen. Deze afspraken worden vastgelegd in een herenakkoord tussen zaadleveranciers. Hierbij is een beperkt aantal partijen betrokken. Boeren die vanwege isolatiezones geen suikerbietenzaad kunnen telen worden door de zaadbedrijven gecompenseerd. Dat dergelijke afspraken gemaakt worden tussen een groot aantal akkerbouwers is moeilijk voor te stellen (Noome, 2001).

Een andere optie is om in plaats van isolatiezones op perceelniveau, isolatieniveaus rondom bedrijven met GGO- of GGO-vrije gewassen in te stellen. Dit levert echter veel grotere beperkingen op voor de teelt van GGO- of GGO-vrije gewassen.

Tweede Kamerlid Stellingwerf (2001) heeft geopperd GGO-vrije gebieden, waarbij op zijn minst moet worden gedacht aan grote delen van provincies, aan te wijzen. Nadeel van dit systeem is dat telers geen vrije keuze hebben voor de teelt van GGO- dan wel GGO-vrije gewassen.

Economische consequenties

Bij een vierkant perceel van vier hectare is elke meter isolatiezone aan één zijde van het perceel een half procent van het oppervlak. Dit aandeel is sterk afhankelijk van de grootte van het perceel. Bij een vierkant perceel van één hectare is het 1% en bij een vierkant perceel van 10 hectare is het 0,3%.

De saldi per hectare van de modelgewassen zijn (voor het zuidwestelijk kleigebied) (Anonymus, 2000c):

- Aardappelen: f 2.100,- (zetmeelaardappelen in het noordoosten); f 6.680,- (consumptieaardappelen); f 8.566,- (pootaardappelen)
- Koolzaad: f 1.306,-
- Suikerbieten: f 4.724,-
- Maïs: f 1.250,-

Op basis van dit saldo kost op een vierkant veld van vier hectare elke meter isolatiezone aan een zijde van een veld tussen f 6,25 ($f 1.250,- \cdot 0,5\%$) en f 42,83 ($f 8.566,- \cdot 0,5\%$) per hectare. Zoals bij de ruimtelijke consequenties aangegeven zullen de eerste meters van de isolatiezones (tussen de 4,5 en 7 meter) tussen GGO- en GGO-vrije gewassen veelal samenvallen met sloten en teeltvrije zones. Daarnaast kunnen deze kosten worden voorkomen als door afspraken met de omringende akkerbouwers kan worden voorkomen dat GGO- en GGO-vrije gewassen in aangrenzende percelen worden verbouwd.

Bij grotere isolatieafstanden moeten akkerbouwers met aan elkaar grenzende percelen sowieso rekening houden met elkaars bouwplan. Dit levert beperkingen op in het bouwplan van de teler van GGO en/of GGO-vrije gewassen. Hieraan kunnen kosten verbonden zijn omdat het bouwplan ten aanzien van factoren zoals rotatie, ziektedruk en opbrengst niet optimaal is.

Isolatieafstanden van 1000 meter hebben tot gevolg dat meerdere akkerbouwers rondom een teler van GGO-vrije gewassen geen GGO-gewassen kunnen telen en vice versa. De consequentie van het economische rendement is afhankelijk van het hogere saldo dat gerealiseerd kan worden door de teelt van respectievelijk GGO of GGO-vrije gewassen. Hierover zijn geen gegevens bekend.

Conclusie isolatieafstanden

De isolatieafstanden tussen GGO- en GGO-vrije gewassen voor het beperken van uitkruising verschillen sterk per type gewas: van een tiental meter tot meer dan een kilometer. Wanneer in GGO-vrije gewassen slechts zeer lage percentages van uitkruising met GGO-gewassen worden getolereerd zullen de isolatieafstanden sterk oplopen tot meerdere kilometers. Maar ook bij dergelijke isolatieafstanden kan uitkruising niet worden uitgesloten.

De ruimtelijke en economische consequenties van uitkruising zijn sterk afhankelijk van de isolatieafstand. Bij kleine isolatieafstanden (tientallen meters) kan er eenvoudiger rekening worden gehouden in het teeltplan. Wanneer er bij een isolatiezone gekozen wordt om een gedeelte van het perceel niet te betelen, variëren de kosten van gulden tot tientallen gulden per meter isolatiezone afhankelijk van het saldo van het gewas.

Grotere isolatieafstanden kunnen alleen ingepast worden als akkerbouwers rekening houden met elkaars teeltplan. Noodzakelijk hiervoor is dat voorafgaand aan het teeltseizoen bekend moet zijn waar GGO- en respectievelijk GGO-vrije gewassen geteeld worden. Een oplossing hiervoor is gebieden aan te wijzen waar GGO- of GGO-vrije gewassen geteeld mogen worden. Nadeel van dit systeem is dat dit akkerbouwers in hun keuzevrijheid beperkt.

4.2 Pollencompetitie

Vreemde pollen boven een gewas worden snel verdund door de eigen pollen van het gewas. Daarom neemt de bevruchting van 'vreemde' pollen snel af met de afstand in het gewas (Morris et al., 1994). Om deze reden omringen zaadproducenten zaadgewassen vaak met barrières van mannelijk fertiele bestuivende planten of gebruiken de buitenste rijen niet voor zaadproductie (Anonymus, 2001).

Voor de productie van hybridenmaïszaad is het in het reglement van de NAK (Anonymus, 2000b) toegestaan de isolatieafstand van 200 meter naar 150 meter terug te brengen als aan de zijde van het potentieel inkruisende gewas 5 rijen mannelijk fertiele maïsplanten in te zaaien. De zaden uit deze rijen zijn niet hybride en worden niet als zaaizaad geoogst. Voorwaarde is wel dat deze mannelijk fertiele planten stuifmeel leveren als de mannelijk steriele moederplanten ontvankelijk zijn.

Het belangrijkste knelpunt voor pollenbarrières in de biologisch teelt is dat het vanuit de regelgeving voor biologische productie niet is toegestaan op één perceel zowel biologische als gangbare gewassen te telen. Wanneer de rand om het perceel (de pollenbarrière) zich dus niet kwalificeert voor de biologische productie kan het andere deel van het perceel ook niet als biologisch product verkocht worden.

Effectiviteit

Fouellassar (1999) vond in een proef met aan elkaar grenzende percelen (geen isolatieafstand) maïs op 5 meter een uitkruisingspercentage van 2,6%, op 10 meter van 1% en minder dan 1% op een afstand verder dan 10 meter. In de heersende windrichting was de uitkruising van pollen groter. In de andere richting was de uitkruising lager.

Staniland et al (2000) vonden een uitkruisingspercentage in twee aan elkaar grenzende koolzaadvelden van 0,7% op 0 meter en 0,03% op 10 meter.

Downey (1999) geeft uitkruisingspercentages van 1,5% op 20 meter, 0,4% op 50 meter afstand van GGO-koolzaad (grote percelen koolzaad: > 16 hectare).

Ruimtelijke consequenties

Pollenbarrières hebben geen ruimtelijke consequenties. De pollenbarrière is identiek aan het op het perceel geteelde gewas.

Economische consequenties

De hoogste kosten worden met dit systeem gemaakt als planten in de pollenbarrière niet worden geoogst. Bij een vierkant veld van vier hectare betekent dit dat elke niet geoogste meter een verminderde opbrengst heeft van 0,5%. De gederfde inkomsten zijn dan, afhankelijk van het gewas, f 18,59 (snijsmaïs, kleigebieden) tot f 73,76 (poot-aardappelen zuidwestelijk kleigebied) per hectare. Dat isolatiezones niet geoogst worden is voor suikerbieten, aardappelen en koolzaad vanuit fytosanitaire overwegingen niet gewenst. Bedrijven met GGO-vrije gewassen met isolatiezones zullen deze gewassen waarschijnlijk willen/moeten afvoeren omdat de gewassen gedeeltelijk zijn uitgekruist met GGO-gewassen.

Conclusie pollencompetitie

Van pollencompetitie kan gebruik worden gemaakt door de randen (enkele meters) van een perceel van GGO-vrij gewas niet of separaat (niet als GGO-vrij gewas) te oogsten. Omdat uitkruising voor het grootste deel plaatsvindt in de buitenste rijen kan met deze maatregel het uitkruisingspercentage sterk worden gereduceerd. Met pollencompetitie kan uitkruising niet worden voorkomen.

De kosten die hieraan verbonden zijn, bedragen tientallen guldens per meter afhankelijk van het gewas. Knelpunt is dat controle van maatregelen alleen tijdens de oogst en dus tijdens een korte periode mogelijk is. Daarnaast is het vanuit de regelgeving voor biologische productie niet toegestaan op één perceel zowel biologische als niet biologische producten te telen.

4.3 Fysieke barrières

Hennep (*Cannabis sativa*) wordt in de productie van zaaizaad van suikerbieten gebruikt tussen velden bieten voor de productie van zaad om de uitkruising van pollen tussen de velden te voorkomen. Hennep is veelal effectief om uitkruising van windbestuivende planten te voorkomen. Hennep kan een hoogte van zo'n 4 meter bereiken en de bladeren hebben een kleverig oppervlak. Nadeel van hennep is dat niet gegarandeerd kan worden dat de planten tijdig de benodigde hoogte bereiken. Om deze reden maakt bijvoorbeeld het zaadveredelingsbedrijf Advanta gebruik van schermen gemaakt van katoen om uitkruising tussen velden te voorkomen. Overigens worden bij de gangbare zaadvermeerdering de schermen niet gebruikt om pollen 'af te stoppen'. De hennep of katoenen schermen worden geplaatst om de wind te 'sturen' om te bevorderen dat de juiste rassen elkaar bestuiven (Noome, 2001).

De isolatieafstanden van de NAK voor de productie van zaaizaden mogen worden verkleind als er tussen percelen naar oordeel van de NAK voldoende bescherming tegen ongewenste kruisbestuiving aanwezig is. Voorbeeld van een dergelijke bescherming is een goed gesloten haag. Een rij populieren voldoet duidelijk niet aan de criteria om voldoende te beschermen. Tussen de stammen van de populieren kan het stuifmeel zich eenvoudig verplaatsen. Een vergaande vorm van een fysieke barrières is teelt van

gewassen in kassen. Via insecten, bijen en hommels kan vreemd stuifmeel in de kas komen (Anonymus, 1998a).

Effectiviteit

Kittridge (1948) heeft de effectiviteit van fysieke barrières geëvalueerd. Hij concludeerde dat een maximaal effect bereikt kan worden wanneer de barrière drie- tot vijfmaal zo hoog is als het gewas en minder dan 30% open is.

Jones et al (1952) vonden bij een fysieke barrière van iepen met daaronder struiken dat het percentage uitkruising bij maïs in de eerste tien rijen direct achter de barrière 50% afnam in vergelijking met een situatie zonder fysieke barrière. Over grotere afstand nam de effectiviteit van de barrière af, maar hier is het uitkruisingspercentage lager.

Seaglitz et al (2001) hebben in een proef met GGO-suikerbieten en zogenaamde 'bait plants' (mannelijk steriele planten) de effectiviteit van hennepplanten als hindernis voor de pollen getest. Omdat 'bait plants' zelf geen pollen produceren is de inkruising vanuit andere planten hoger dan in gewassen die zelf wel pollen produceren. Op basis van de resultaten kan dus geen kwantitatieve inschatting gemaakt worden voor de uitkruising in de praktijk.

In de proef bleek 80% van 'bait plants' in het oosten van het veld bevrucht met pollen van GGO-suikerbieten. Op 200 meter afstand van het veld (buiten het hennepscherm) varieerde uitkruising met GGO-pollen van 0,5% aan de westkant van het veld tot 40% aan de oostkant van het veld. Opvallend was dat niet alle 'bait plants' binnen het scherm van hennep bevrucht waren met GGO-pollen.

Dit indiceert dat deze planten bevrucht zijn met pollen van suikerbieten die buiten het scherm van hennepplanten geteeld zijn. Op basis van deze gegevens kan worden geconcludeerd dat hennep als scherm om GGO- of non-GGO gewassen niet volledig effectief is om uitkruising te voorkomen. Met welk percentage uitkruising wordt gereduceerd kan niet worden gekwantificeerd.

Voor de gewassen maïs, koolzaad en aardappelen zijn geen gegevens bekend over de reductie van uitkruising door fysieke barrières.

Ruimtelijke consequentie

Het grootschalig plaatsen van fysieke barrières heeft kan effect hebben op het landschap.

Economische consequenties

Naast de kosten voor het zaad van hennep kost het hennepscherm een deel van de grond (1 meter) en arbeid. Daarnaast kunnen fysieke barrières een hogere kans op ziekten geven (Noome, 2001).

Conclusie fysieke barrières

De mogelijkheden van fysieke barrières zijn beperkt. Met behulp van fysieke barrières kunnen maatregelen zoals isolatieafstanden of pollencompetitie gedeeltelijk vervangen worden. Met fysieke barrières kan uitkruising niet worden voorkomen. Het gebruik van gewassen als natuurlijke barrière zoals hennep, heeft het risico dat dit gewas onvoldoende ontwikkeld kan zijn op het moment dat de bevruchting van GGO-vrije gewassen plaatsvindt.

Het plaatsen van fysieke barrières is eenvoudig te controleren. Grootschalig plaatsen van fysieke barrières heeft grote consequenties voor het landschap.

4.4 Bloeitijdstippen

De bloeitijdstippen van verschillende rassen binnen een gewas kunnen uiteenlopen. Daarnaast kan het tijdstip van zaaien van invloed zijn op het tijdstip van bloei. Bloei op een verschillend tijdstip kan uitkruising tussen rassen beperken of voorkomen.

Effectiviteit

Alleen bij de teelt van graszaden wordt soms gebruik gemaakt van verschillende bloeitijdstippen van rassen om isolatieafstanden te beperken (Soepboer, 2001). Er moet hiervoor een zeer duidelijk verschil in bloeitijdstip zitten tussen verschillende graszaadrassen. Volgens het NAK-reglement is bij de productie van zaaizaad voor hybride maïs nadrukkelijk niet toegestaan door middel van een verschil in zaaitijd en/of verschillen in bloeitijd tussen rassen de isolatieafstand tussen percelen te verkleinen. De verwachting is dat verschillen in het tijdstip van bloei, al dan niet veroorzaakt door het tijdstip van zaaien, nauwelijks een rol kunnen spelen om uitkruising tussen GGO- en GGO-vrije gewassen te kunnen voorkomen (Brandenburg, 2001).

Ruimtelijke consequenties

Verschillen in tijdstip van bloei hebben geen ruimtelijke consequenties.

Economische consequenties

Selectie zaaizaden op bloeitijdstip geeft grote beperkingen in de rassenkeuze. Daarnaast is voor gewassen als maïs en koolzaad het bloeitijdstip van invloed op de opbrengst.

Op een later tijdstip zaaien/poten van gewassen heeft grote consequenties voor de opbrengst van gewassen. Daarnaast kunnen weersomstandigheden veroorzaken dat er slechts een korte periode is om gewassen onder goede omstandigheden te zaaien/poten.

Conclusie verschillen in bloeitijdstippen

De verwachting is dat verschillen in het tijdstip van bloei nauwelijks een rol kunnen spelen om uitkruising te voorkomen of te beperken. Daarom is het noodzakelijk dat de eigenschappen van bloei tussen GGO- en GGO-vrije rassen sterk verschillen. Deze verschillen zijn er alleen bij grassen.

4.5 Fertiliteit beperkende maatregelen

Bij het gewas maïs kunnen planten handmatig of mechanisch mannelijk steriel worden gemaakt. Suikerbiet is van nature het eerste jaar mannelijk steriel. Schieters in suikerbieten kunnen eenvoudig herkend en verwijderd worden. De meest effectieve methode is om schieters met wortel en al uit te trekken en de wortel van de stengel te scheiden om zo te voorkomen dat toch afrijping optreedt met reservevoedsel dat in de wortel is opgeslagen.

Daarnaast is het met GGO-technieken mogelijk planten mannelijk steriel te maken. In de Europese Unie is reeds een mannelijk steriele koolzaadvariëteit toegelaten. Mannelijk steriele planten produceren geen pollen en kunnen dus niet uitkruisen. Bij gewassen waarbij bestuiving noodzakelijk is voor de productie kan mannelijke steriliteit niet worden toegepast. Het mannelijk steriele koolzaad dat is toegelaten is zo geconstrueerd dat de mannelijke steriliteit alleen in de generatie waarin het zaad geproduceerd wordt optreedt. In het hybridezaad is de mannelijke steriliteit weer opgeheven. Wel is het mogelijk dat een gedeelte van de planten van het gewas manlijk steriel zijn, zodat de

hoeveelheid pollen die het gewas produceert afneemt. Door deze lagere pollendruk de uitkruising naar GGO-vrije gewassen ook af.

Genetic Use Restriction Technology (GURT's), zoals de zogenaamde terminator technologie, kan geen bijdrage leveren aan het beperken van uitkruising tussen GGO- en GGO-vrije gewassen. In planten waarin GURT's zijn ingebouwd bezit het zaad geen kiemkracht. De planten zijn echter wel in staat andere planten te bestuiven. Het enige waar GURT's met betrekking tot uitkruising toegevoegde waarde hebben is dat planten niet kunnen verwilderen. Overigens zijn GURT's niet 100% betrouwbaar (Van der Graaf, 2001).

Wel een mogelijkheid om uitkruising te voorkomen is het transgen in het genoom van een chloroplast inbouwen in plaats van het inbouwen van het gen in de celkern. Bij de bevruchting door mannelijke pollen wordt in de regel alleen de celkern overgedragen en het genetisch materiaal uit de Chloroplasten buiten de bevruchting (Hütter et al, 1999). Er kan geen volledige zekerheid worden gegeven dat transgeen DNA bij het toepassen van deze methode niet wordt overgedragen (Gray et al, 1998). Bij tabak is het mogelijk gebleken een stabiele chloroplastentransformatie te maken (Daniel et al, 1998).

Effectiviteit

Met GGO-technieken planten mannelijk steriel maken of het transgen in het genoom van chloroplasten inbouwen zijn beide zeer effectieve manieren om uitkruising van GGO- naar GGO-vrije gewassen te voorkomen. Uitkruising kan bij het toepassen van deze methoden niet voor 100% worden uitgesloten. Het handmatig of mechanisch verwijderen van de bloeiwijze is effectief als het overgrote deel van de bloemen daadwerkelijk verwijderd wordt.

Economische aspecten

Het verwijderen van de bloeiwijze is zeer arbeidsintensief en daarom zeer duur. Suikerbieten vormen hierbij een uitzondering: schieters kunnen op een eenvoudige manier verwijderd worden.

Het inbouwen van mannelijke steriliteit in GGO-gewassen maakt de ontwikkeling van deze gewassen complexer en duurder.

Conclusie bloeitijdstippen

Met de teelt van mannelijk steriele gewassen kan uitkruising effectief voorkomen worden. Mannelijke steriliteit kan alleen worden toegepast bij gewassen waarbij bestuiving voor de productie niet noodzakelijk is zoals aardappelen en suikerbieten. Met GGO-technieken is het mogelijk mannelijke steriliteit als eigenschap in te bouwen. Het inbouwen van deze eigenschap gezamenlijk met andere eigenschappen maakt het proces van genetische modificatie complexer.

Genetic Use Restriction Technology (GURT's), zoals de zogenaamde Terminator technologie kan geen bijdrage leveren aan het beperken van uitkruising tussen GGO- en GGO-vrije gewassen.

De optie om het transgen in de chloroplast in te bouwen, zodat dit transgen niet in stuifmeel wordt opgenomen, lijkt een optie voor de toekomst. Onderzoek moet uitwijzen in hoeverre dit praktisch toepasbaar is.

4.6 Bestrijding opslag

Planten die uit zaden van opslag van GGO-gewassen ontkiemen, kunnen in potentie uitkruisen met GGO-vrije gewassen. Dit kan worden voorkomen door opslag te beperken en te voorkomen dat planten die uit opslag ontkiemen kunnen bloeien. De hoeveelheid zaad in de bodem vermindert na verloop van tijd, ondanks dat een kleine hoeveelheid persistent kan zijn voor een lange periode. Dit geldt zelfs voor gewassen waarvan de bulk slechts een korte tijd overleeft (Anonymus, 2001).

De belangrijkste maatregelen om opslag te voorkomen zijn tijdig oogsten, het minimaliseren van zaad verliezen, na de oogst verloren zaad laten ontkiemen. Opslag kan in het volggewas worden geëlimineerd door rotatie van gewassen, grondbewerking (on-diepe grondbewerking waardoor opslag aangezet worden tot ontkieming) en het gebruik van herbiciden (Anonymus, 2001; Lutman, 1993). In de biologische landbouw kan geen gebruik worden gemaakt van herbiciden.

Hierbij is het belangrijk dat naast de opslag in het veld ook het onkruid in de randen om het veld bestreden wordt. Bij de productie van graszaad schrijft de NAK expliciet voor dat sloot- en walkanten en scheiding van percelen vrij moeten zijn van bloeiende grassen en onkruiden tijdens de bloei van het graszaad. Simulaties met Genesys laten ook een duidelijk effect zien van opslag in de kanten en wegbermen op de omvang de uitkruising bij koolzaad (Colback, 2000b).

Daarnaast is bij koolzaad het beheer van braakliggend land belangrijk. Simulaties met Genesys laten zien dat bij het braak laten liggen van land, zelfs een paar jaar na de teelt van koolzaad, het aantal zaden per hectare van koolzaad sterk oploopt tot zelfs een hoger niveau dan direct na de oogst van het koolzaad aanwezig was. Dit kan worden beperkt door herhaalde grondbewerking of het inzaaien van een groenbemester.

Effectiviteit

Bij een goede agrarische praktijk kan opslag sterk worden teruggedrongen. Opslag van koolzaad kan worden gereduceerd tot 1 op de 1000 planten (1 plant op 100 m²) na vijf jaar goede landbouwpraktijk (Anonymus, 2001). Grondbewerking staat bekend als een effectieve methode om opslag van vegetatieve delen van de aardappel te vernietigen (Anonymus, 2001). Deze methode is niet altijd volledig effectief zoals bleek bij de opslag van de GGO-aardappelen van Avebe. Kwantitatieve gegevens over de effectiviteit van goed management op de opslag van bieten- en aardappelzaad zijn niet beschikbaar.

Ruimtelijke consequenties

Goede bestrijding van opslag heeft geen ruimtelijke consequenties.

Economische consequenties

Voor een goede bestrijding van opslag moeten middelen en arbeid worden ingezet. Deze worden (gedeeltelijk) terugverdiend doordat de opslag minder schade veroorzaakt in het volggewas.

Conclusie bestrijden opslag

Voor gewassen waarvan het gewas of zaad kan overwinteren, zoals aardappelen, suikerbieten en koolzaad, is het voorkomen van uitkruising cruciaal in de jaren die volgen op de teelt.

Een het toepassen van een goede agrarische praktijk kan opslag grotendeels worden voorkomen. Voor het handhaven van de goede agrarische praktijk is het nodig dat voor de verschillende teelten de goede agrarische praktijk wordt vastgelegd.

5 Discussie

In dit hoofdstuk wordt het model uit hoofdstuk 2 aan de hand van de inventarisatie van de modelgewassen uit hoofdstuk 3 besproken. Daarnaast wordt er relatie gelegd tussen deze kenmerken van een gewas en de mogelijkheden van de maatregelen om uitkruising te beperken zoals beschreven in hoofdstuk 4.

Kans op uitkruising tussen GGO-gewassen en GGO-vrije-gewassen

Karakteristieken van de teelt

Criteria die in het model voor de karakteristieken van de teelt zijn opgenomen zijn:

- Bevat het geogste product zaden of alleen vegetatieve delen (zoals knollen)?
- Komt het gewas tijdens de teelt tot bloei?
- Wordt het gewas vegetatief of generatief vermeerderd?
- Welke productiefase van de teelt komen voor in Nederland? Hierbij worden onderscheiden:

Bevat het geogste product zaden of alleen vegetatieve delen (zoals knollen, bollen of wortels)?

Bij gewassen die geteeld worden voor de zaden (zoals koolzaad) of bij gewassen waarbij het geogste product gedeeltelijk uit zaden bestaat (zoals bij snijmaïs) heeft uitkruising van GGO-gewassen naar GGO-vrije gewassen rechtstreeks invloed op het geogste product. Zaden van een GGO-vrij gewas die het resultaat zijn van bestuiving vanuit een GGO-gewas bevatten het genconstruct dat in het GGO-gewas met behulp genetische modificatie is ingebracht. Mogelijk bevat dit zaad ook voor het gewas vreemde eiwitten die door het genconstruct aangemaakt worden. Dit is afhankelijk van de waar in de plant en op welk tijdstip het genconstruct tot expressie komt (indien het genconstruct in het zaad tot expressie komt bevat het zaad ook de voor het gewas vreemde eiwitten).

Bij gewassen waarvan alleen de vegetatieve delen van de plant worden geogst, en het geogste product derhalve geen zaden bevat, heeft uitkruising van het GGO-gewassen naar GGO-vrije gewassen geen direct effect op geogste producten van het GGO-vrije gewas.

Bij de gewassen waarvan alleen de vegetatieve delen van de plant worden geogst heeft uitkruising alleen effect op het geogste product als zaden van het GGO-vrije gewas, die het resultaat zijn van een kruising met een GGO-gewas, op het perceel achterblijven en in de volgende teelt van het GGO-vrije gewas als opslag uitgroeien. Het effect van de uitkruising via deze route is, in verhouding tot rechtstreekse uitkruising, sterk gereduceerd mede doordat bij de meeste gewassen meerdere jaren zitten tussen twee teelten van het zelfde gewas. Opslag van gewassen wordt in de loop van de jaren sterk gereduceerd.

Komt het gewas tijdens de teelt tot bloei?

Een aantal gewassen waarvan de oogst alleen vegetatieve delen bevat worden geogst voordat de planten tot bloei komen. Een voorbeeld van een dergelijk gewas zijn suikerbieten, een gewas dat in het tweede jaar bloeit maar al in het eerste jaar wordt geogst. Bij deze gewassen is de route voor contaminatie van de oogst van het GGO-vrije gewas via opslag in principe ook uitgesloten. Omdat de planten niet tot bloei komen kunnen ze niet uitkruisen en is opslag van gecontamineerde zaailingen in het perceel

van het GGO-vrije gewas niet mogelijk. Uitgezonderd zijn planten die vervroegd in bloei komen. Een voorbeeld hiervan zijn schieters bij suikerbieten. Omdat slechts een beperkt aantal planten tot bloei komt is de omvang van de uitkruising nog verder gereduceerd dan de dan gewassen waarvan het geoogste product geen zaden bevat maar waarvan wel alle planten tot bloei komen.

Wordt het gewas vegetatief of generatief vermeerderd?

Bij gewassen die vegetatief worden vermeerderd kan geen rechtstreekse uitkruising plaatsvinden in de vermeerderingsfase. Bij vegetatieve vermeerdering bestaat het geoogste product in de vermeerderingsfase alleen uit vegetatieve delen van de plant. De routes van uitkruising en de kans daarop zijn om deze reden het zelfde als beschreven onder het kopje 'Bevat het geoogste product zaden of alleen vegetatieve delen?'. .

In de veredelingfase worden gewassen per definitie generatief vermeerderd en is uitkruising in principe dus altijd mogelijk.

Welke productiefase van de teelt komen voor in Nederland?

In de teelt van de gewassen wordt in deze studie drie fasen onderscheiden:

- de veredelingsfase: de fase waarin door middel van kruising en selectie nieuwe rassen worden ontwikkeld;
- de vermeerderingsfase: de fase waarin uitgangsmaterialen (zaad of pootgoed) wordt vermeerderd;
- de productiefase: de fase waarin de productie plaatsvindt (voeding, veevoer, non-food)

Uitkruising kan in elke fase plaatsvinden en via zaad of pootgoed worden doorgegeven aan de volgende fase. Slechts van een gedeelte van de gewassen waarvan in Nederland de productiefase plaatsvindt wordt ook in Nederland veredeld. Voor gewassen waarvan de vermeerdering in het buitenland plaatsvindt kunnen en kunnen in Nederland derhalve geen maatregelen getroffen worden om uitkruising in deze fase te voorkomen. Wel kunnen maatregelen die getroffen worden om uitkruising te beperken van invloed zijn op de kosten van zaaizaad. Een voorbeeld hiervan zijn suikerbieten. Om uitkruising van dit gewas in de vermeerderingsfase te beperken moeten waarschijnlijk aanzienlijke isolatieafstanden geïmplementeerd worden. Consequentie is dat de zaaizaadproductie niet meer beperkt kan blijven tot de gebieden in Frankrijk en Italië waar op dit moment de zaaizaad productie van suikerbieten is geconcentreerd. In andere gebieden kan zaaizaad van suikerbieten minder efficiënt worden geproduceerd (Noome, 2001).

In de vermeerderingsfase kan voor de meeste gewassen een onderscheid gemaakt worden in pre-basis zaad, basis zaad en gecertificeerd zaad. Het pre-basis zaad wordt vermeerderd vanuit het pre-basis zaad zelf. Door deze cyclus kan het aantal planten in het GGO-vrije gewas dat het genconstruct bevat dat met behulp van genetische modificatie in het GGO-vrije gewas is ingebracht in pre-basis in de loop der jaren oplopen en uiteindelijk in een groot deel van het gewas aanwezig zijn. Voorwaarde hiervoor is dat het genconstruct in het GGO-vrije gewas de planten een competitief voordeel oplevert. . Aangenomen wordt dat alleen genen die de overlevingskans van een plant vergroten blijvend in het genoom geïncorporeerd worden (Brandenburg, 2001). Op plaatsen waar pre-basis zaad wordt vermeerderd is het om deze reden aan te bevelen extra maatregelen te treffen om uitkruising te beperken.

In de biologische landbouw bestaat de voorkeur dat telers zelf zaad vermeerderen. Hiervoor wordt een gedeelte van de oogst uit de productiefase achtergehouden als zaaizaad voor het volgende seizoen. Bij deze wijze van zaadvermeerdering verplaatst het potentiële probleem van cumulatie zich naar de productiefase.

Type gewas

In de studie zijn de effecten van het type bestuiving, opslag en uitkruising met wilde verwanten van het gewas bestudeerd.

Op welke wijze vindt bestuiving van gewas plaats?

Het eerste onderscheid tussen gewassen in de wijze van bestuiving is of de gewassen zelf- en kruisbestuivend zijn. Bij zelfbestuivende gewassen kan uitkruising per definitie niet plaatsvinden. Gewassen zijn veelal echter zelden volledig zelfbestuivend. In deze studie is aardappel het gewas met het grootste aandeel zelfbestuiving. Literatuurbronnen lopen uiteen van 80 tot 100% zelfbestuiving bij de aardappel.

Binnen kruisbestuivende gewassen kan vervolgens een onderscheid gemaakt worden tussen insecten- en windbestuivende gewassen. De verspreiding van pollen bij insectenbestuivende gewassen is afhankelijk van het type insect dat de pollen verspreidt. Tussen gewassen bestaan verschillen tussen insecten die de bestuiving verzorgen. Bij insectenbestuivende gewassen is uitkruising afhankelijk van de beweeglijkheid van de insecten. Het vliegbereik van honingbijen (*Apis mellifera*) is meerdere kilometers.

Bij windbestuivende gewassen is verspreiding van pollen sterk afhankelijk van het type pollen dat het gewas produceert. Op basis van de literatuurgegevens is een duidelijk onderscheid te maken tussen grote, zware pollen, zoals bijvoorbeeld van maïs, die zich over een kleinere afstand verspreidt dan de kleine lichte pollen van suikerbieten.

Het is niet mogelijk om op basis van de literatuur de effecten van de bovenstaande factoren te kwantificeren omdat er onvoldoende empirische data beschikbaar zijn. Over het uitkruisen van de modelgewassen zijn voor maïs en koolzaad empirische data uit vier proeven beschikbaar en van aardappelen en suikerbieten respectievelijk twee en één. De data uit deze bronnen lopen bovendien sterk uit een. Dit is te verklaren omdat naast de eigenschappen van het gewas een groot aantal andere factoren een rol kan spelen bij het uitkruisen van gewassen. Gliddon (1999) en Wöhrmann (1996) waarschuwen dat de gegevens over uitkruising uit veldproeven niet eenvoudig met elkaar worden vergeleken omdat zowel de opzet van de veldproeven als de interpretatie van de gegevens aan een wetenschappelijke discussie onderhevig zijn. Belangrijke factoren die van invloed zijn:

- De uitkruising met pollen die door insecten worden verspreid zijn afhankelijk van de hoeveelheid pollen (grootte en dichtheid van de donorpopulatie), de grootte en de locatie van de ontvangende planten, de milieucondities en de insectenactiviteit (Leven et al, 1969; Ellstrand et al, 1989; Klinger et al, 1992).
- Bij windbestuivende gewassen zijn vergelijkbare factoren als bij insectenbestuivende gewassen van belang (met uitzondering van de insectenactiviteit) waarbij in de literatuur de windrichting, de windsnelheid en de hoeveelheid regen als belangrijkste milieucondities worden aangeduid.
- Incidentele gebeurtenissen. Een voorbeeld hiervan is het overvliegen van een groot aantal insecten met pollen over grote afstand. Dit wordt als belangrijke oorzaak gezien van de contaminatie van uit Canada geïmporteerd zaaizaad van koolzaad met in de Europese Unie niet toegelaten GGO-rassen die in 2000 is geconstateerd (Noome, 2001).

Van de in dit rapport aangehaalde proeven waarin uitkruising is gemeten is geen enkele meting uitgevoerd onder Nederlandse condities.

Kan het gewas in Nederland opslag veroorzaken?

Opslag speelt op twee manieren een rol bij de uitkruising van GGO-gewassen naar GGO-vrije gewassen. Ten eerste kan door opslag van het GGO-gewas uitkruising naar GGO-vrije gewassen ook in de jaren na de teelt van het GGO-gewassen plaatsvinden. Ten tweede kan opslag in het GGO-vrije gewas, van zaden die het product zijn van uitkruising met een GGO-gewas, de oogst van de volgende teelt van het GGO-vrije gewas contamineren. Door de extra tussenstap is contaminatie van de oogst door opslag in het GGO-vrije gewas in kwantitatieve zin onderschikt aan rechtstreekse uitkruising van GGO-gewassen naar GGO-vrije gewassen. Deze route is wel van belang bij gewassen waar rechtstreekse uitkruising geen issue is omdat zaden geen onderdeel uitmaken van het geoogste product.

Voor het kwantificeren van opslag zijn twee factoren van belang:

- de persistentie van zaden (of eventueel knollen of andere vegetatieve delen die als opslag kunnen uitgroeien);
- en omvang de opslag (het aantal planten).

De persistentie van opslag loopt tussen gewassen sterk uiteen. Zaden van maïs hebben een zeer geringe persistentie: opslag is onder Nederlandse condities om deze reden nagenoeg uitgesloten. Zaad van zowel koolzaad, aardappelen en suikerbieten kunnen tot tien jaar levensvatbaar blijven. Aardappelknollen en bietenkronen die op een akker achterblijven kunnen ook als opslag uitgroeien. Deze vegetatieve delen hebben een geringe persistentie: in het algemeen niet langer dan een jaar. Daarnaast sterven zowel aardappelknollen als bietenkronen af bij vorst in de winter.

Ook de omvang van de opslag verschilt sterk per gewas en is ook afhankelijk van het ras. Bij maïs is opslag dus nagenoeg uitgesloten. Bij suikerbieten is opslag alleen pleksgewijs mogelijk op plaatsen waar schieters hebben gestaan. Bij aardappelen is opslag vanuit zaad sterk rasafhankelijk maar ook van het weer. Een aantal aardappelrassen vormen geen levensvatbaar zaad. Andere aardappelrassen kunnen bij goede weersomstandigheden grote hoeveelheden zaad vormen. De hoeveelheid opslag vanuit aardappel zaad neemt in de loop der jaren sterk af maar een klein gedeelte van het zaad kan lange tijd (tot zeker 10 jaar) nog als opslag uitgroeien. Bij koolzaad blijft na de oogst, vanwege het kleine zaad, altijd substantiële hoeveelheid opslag op de akker achter. Opslag neemt in het algemeen in de tijd sterk (exponentieel) af. De hoeveelheid opslag, met name ook in het eerste jaar, is sterk afhankelijk van management (zorgvuldigheid van de oogst van het gewas en grondbewerking).

Bij de omvang en persistentie van opslag moet er daarnaast rekening mee gehouden worden dat opslag ook uit opslag kan ontstaan. Doordat aardappelopslag nieuwe knollen aanlegt kan aardappelopslag om deze reden meerdere jaren terug komen. Bij koolzaad kan de hoeveelheid opslag zelfs toenemen als op braakliggende percelen geen maatregelen worden getroffen om de bloei en zaadvorming van opslag te voorkomen.

Op basis van praktijkgegevens uit de teelt van gangbare gewassen moet voor de meeste gewassen een goede inschatting gemaakt kunnen worden voor de hoeveelheid opslag van de meeste gewassen onder verschillende omstandigheden.

Heeft het gewas wilde verwanten in Nederland waarmee het kan uitkruisen?

Wilde verwanten of planten van het gewas die zich buiten de gecultiveerde akkers handhaven kunnen als intermediair fungeren bij de uitkruising tussen GGO-gewassen en GGO-vrije gewassen. Dit is het geval als het GGO-gewas uitkruist met een wilde verwant (of planten van het gewas die zich buiten de akker handhaven) en deze kruising vervolgens uitkruist met het GGO-vrije gewas.

Dit heeft twee consequenties: uitkruising kan plaatsvinden over een langere afstand en uitkruising vindt plaats in de jaren na de teelt.

De invloed van deze route op uitkruising verschilt sterk per gewas. Van een groot aantal gewassen, zoals aardappelen en maïs, zijn in Nederland geen wilde verwanten bekend en kunnen planten zich buiten de akker ook niet handhaven. Bij deze gewassen speelt deze route dus geen rol in Nederland.

Voor de mate waarin deze route bijdraagt aan uitkruising is de frequentie van wilde verwanten / planten die zich buiten de akker handhaven van groot belang. Zo kan de suikerbiet goed uitkruisen met een in Nederland voorkomende wilde verwant: de strandbiet. De strandbiet komt in Nederland, in tegenstelling tot gebieden in Frankrijk en Italië waar zaadproductie voor suikerbieten plaats vindt, slechts in bepaalde streken (de kust) sporadisch voor. Buiten de akker worden suikerbieten ook slechts sporadisch aangetroffen. Om deze reden zal de bijdrage aan uitkruising via deze route bij suikerbieten in kwantitatieve zin zeer gering zijn, maar het kan niet worden uitgesloten. Van koolzaad groeit wel een groot aantal planten buiten de gecultiveerde akkers, zoals in wegbermen. Uit berekeningen met het model Genesys blijkt dat deze planten wel een kleine maar significante bijdrage kunnen leveren aan de uitkruising tussen GGO-gewassen naar GGO-vrije gewassen.

Een andere belangrijke factor is in welke *mate* een gewas met zijn wilde verwant kan uitkruisen. Van de in Nederland groeiende wilde verwanten van koolzaad kan niet worden uitgesloten dat in zeer beperkte mate uitkruising met koolzaad plaatsvindt. Omdat deze uitkruising dus hoogstens incidenteel plaatsvindt, is de bijdrage hiervan voor uitkruising van GGO-gewassen naar GGO-vrije gewassen dus minimaal.

Een andere factor die bij uitkruising een rol speelt is de mogelijkheid dat het genconstruct dat met genetische modificatie in het GGO-gewas is ingebracht uitkruist naar een wilde verwant en zich vervolgens permanent vestigt in het genoom van deze plantensoort. Voorwaarde hiervoor is dat het genconstruct een competitief voordeel levert aan de plantensoort. Consequentie van het permanent vestigen van het genconstruct in de wilde verwant is dat de wilde verwant in de tijd een permanente bron van uitkruising is van het genconstruct naar GGO-vrije gewassen. Daarnaast kan het aandeel van de planten van de wilde verwant waarin het genconstruct is opgenomen groter zijn dan bij kruisingen tussen GGO-gewassen en wilde verwanten alleen. Wel blijven bij deze permanente incorporatie de frequentie en mate waarin de wilde verwanten kunnen kruisen de twee beperkende factoren. Als de frequentie van de wilde verwant laag is of als inkruising vanuit de wilde verwant naar het GGO-vrije gewas slechts incidenteel plaatsvindt, blijft de bijdrage aan uitkruising van GGO-gewassen naar GGO-vrije gewassen minimaal. In uitzonderingsgevallen dat een wilde verwant in goed met het gewas uitkruisen (en feitelijk een soort zijn) en in grote hoeveelheden in de buurt van het GGO-vrije gewas voorkomen kan uitkruising vanuit wilde verwanten een significante rol spelen. Een voorbeeld waarbij serieus rekening gehouden moet worden met uitkruising vanuit wilde verwanten is de bietenzaadproductie in Zuid Frankrijk en Noord Italië.

Maatregelen om uitkruising te beperken

De maatregelen om uitkruising te beperken kunnen globaal ingedeeld worden in twee typen:

- Isolatieafstanden, pollencompetitie, fysieke barrières en het verminderen van de fertiliteit van GGO-gewassen hebben tot doel de verspreiding van pollen van het GGO-gewas naar GGO-vrije gewassen te beperken;

- Bestrijding en voorkomen van opslag. Bestrijding van opslag kan met het oog op twee verschillende doelen:
 - Opslag bestrijding op het akker waar het GGO-gewas is geteeld in jaren volgend op de teelt van het GGO-gewas. Dit heeft tot doel de productie van pollen vanuit bloeiende opslagplanten te beperken;
 - Opslag bestrijding in het GGO-vrije gewas. Dit heeft tot doel te voorkomen dat kruisingen van een GGO-gewas, die een voorgaande teelt van gewas door uitkruising zijn ontstaan, de oogst van het GGO-vrije gewas contamineren.

Daarnaast is de mogelijkheid besproken om door middel van verschil in bloeitijdstippen tussen GGO- en GGO-vrije gewassen uitkruising te voorkomen. Het doel van deze strategie is het voorkomen van bevruchting van pollen van GGO-gewassen in GGO-vrije gewassen. De verwachting is dat deze strategie nauwelijks een rol speelt om uitkruising te beperken, omdat bloeitijdstippen tussen rassen binnen een gewas onvoldoende verschillen.

Om verspreiding van pollen te beperken, zijn isolatieafstanden verreweg de belangrijkste optie. Bij de zaaizaadproductie van gangbare gewassen zijn isolatieafstanden de standaardmaatregel om uitkruising tussen verschillende rassen te voorkomen. Isolatieafstanden zijn voor de productie van zaaizaden effectief en zijn eenvoudig te implementeren. In vergelijking met de zaaizaadproductie kan de implementatie van isolatieafstanden tussen GGO-gewassen en GGO-vrije gewassen een stuk minder eenvoudig blijken. Bij de meeste gewassen zal naar verwachting een isolatieafstand van minimaal honderden meters in acht genomen moeten worden (afhankelijk van het gewas en van het niveau van uitkruising wat nog toelaatbaar wordt geacht). Dergelijke isolatieafstanden vergen een groot ruimtebeslag tussen de GGO- en GGO-vrije gewassen. Isolatieafstanden kunnen om deze reden een beperking zijn voor de omvang van de teelt van GGO-gewassen dan wel GGO-vrije gewassen.

Andere maatregelen om verspreiding van pollen te beperken (pollencompetitie, fysieke barrières en mannelijke steriliteit) zijn minder effectief dan isolatieafstanden en kunnen, evenals bij de vermeerdering van gangbare zaaizaden, bij windbestuivende gewassen naast isolatieafstanden een aanvullende rol spelen.

Voor insectenbestuivende gewassen zijn isolatieafstanden voor het beperken van de verspreiding van pollen de enige optie die in deze rapportage is besproken. Daarnaast kan gekeken worden of er maatregelen uitgewerkt kunnen worden om de verplaatsing van insecten tussen percelen te beperken. Amand (2001) suggereert hiervoor bijenkorven in het midden van het perceel te plaatsen in plaats van aan de randen zo als dat in de huidige praktijk gebeurt. Een andere optie is om de percelen met GGO-gewassen te omringen met bloeiende planten.

Voor de bestrijding van opslag in zowel GGO-gewassen als GGO-vrije gewassen is met name goed management van belang. Maatregelen die hiervoor in de literatuur worden genoemd zijn tijdig oogsten, het minimaliseren van zaadverliezen, het na de oogst laten ontkiemen van het zaad, de rotatie van gewassen, het type grondbewerking en het gebruik van herbiciden (in de biologische landbouw kan geen gebruik gemaakt worden van herbiciden). Een belangrijk aandachtspunt hierbij is de bestrijding van opslag op braakliggend land omdat op braakliggend land de hoeveelheid opslag in potentie kan vermeerderen.

6 Conclusies

- Rechtstreekse uitkruising van pollen vanuit GGO-gewassen naar GGO-vrije gewassen is de belangrijkste route voor uitkruising. Rechtstreekse uitkruising kan tot kilometers buiten het veld plaatsvinden. De omvang van rechtstreekse uitkruising plaatsvindt neemt sterk af met de afstand tot het GGO-gewas. Daarnaast is de omvang van de uitkruising sterk afhankelijk van het type gewas. De belangrijkste factoren voor de omvang van de uitkruising in relatie tot het type gewas zijn:
 - de omvang van kruisbestuiving in verhouding tot zelfbestuiving in het gewas
 - bij windbestuivende gewassen het type pollen (grote en gewicht) van het gewas
 - bij insectenbestuivende gewassen het type insect (of insecten) dat de bestuiving van het gewas verzorgt.
- Routes via opslag of wilde verwanten spelen in het algemeen een marginale rol. De reden hiervoor is dat bij opslag of uitkruising via wilde verwanten het aantal planten waaruit potentieel uitkruising kan plaatsvinden in vergelijking met een akker met een gecultiveerd gewas klein is. Een andere reden voor een marginale bijdrage bij uitkruising via wilde verwanten is dat wilde verwanten en in Nederland geteelde cultuurgewassen in het algemeen slechts in beperkte mate met elkaar uitkruisen. Uitzondering op deze regel zijn:
 - Grootschalige (een groot aantal planten) opslag van een gewas zoals op braakliggend land van sommige gewassen zoals koolzaad kan voorkomen;
 - Wilde verwanten die grootschalig in Nederland voorkomen en die goed met het gewas kunnen uitkruisen (de wilde verwant en het gewas zijn feitelijk één soort).
- Uitkruising via andere routes dan rechtstreekse uitkruising kan een rol van betekenis spelen als het aantal planten in het GGO-vrije gewas dat het genconstruct bevat dat met genetische modificatie in het gewas is ingebracht in loop van de jaren kan oplopen. Voorwaarden hiervoor zijn dat:
 - Een gedeelte van de oogst als zaad voor het volgende seizoen wordt gebruikt (bij vermeerdering van pre-basis zaad en systemen waar een gedeelte van de oogst van de productieteelt achtergehouden worden als zaad voor het volgende teeltseizoen);
 - Het genconstruct in het GGO-vrije gewas de planten een competitief voordeel oplevert.
- Bij gewassen waar bij in de vermeerdering, of in de productiefase alleen de vegetatieve delen van de plant geoogst worden, heeft rechtstreekse uitkruising in deze teeltfase geen invloed op het geoogste product. Producten van uitkruising kunnen wel via opslag in de volgende teelt van het GGO-vrije gewas terecht komen maar het betreft dan veelal (afhankelijk van de omvang van de opslag) marginale hoeveelheden.
- Isolatieafstanden zijn de meest effectieve maatregel om uitkruising te beperken. Aanvullend op isolatieafstanden kunnen pollencompetitie, fysische barrières en beperkte mannelijke fertiliteit als maatregelen geïmplementeerd worden. Opslag-

bestrijding is daarnaast een belangrijk aandachtspunt bij GGO-gewassen die potentieel een grote hoeveelheid opslag veroorzaken.

- Voor het kwantificeren van uitkruising en effectiviteit van maatregelen om uitkruising te beperken zijn onvoldoende empirische data beschikbaar. Het percentage uitkruising is afhankelijk van een groot aantal factoren. Naast het type gewas (mate van zelfbestuiving, insecten- en/of windbestuiver, type pollen) en het ras (mannelijke fertiliteit van zowel GGO- als GGO-vrije gewas) zijn de afstand tussen GGO-gewas en GGO-vrije gewas, de omvang van het GGO-gewas in verhouding tot de omvang van het GGO-vrije gewas, het klimaat en het weer (windsnelheid, windrichting en regen tijdens verspreiden stuifmeel) en de omgeving (onder andere barrières voor verspreiding van pollen via de wind en het aantal en type insecten) van invloed. Het kwantificeren van uitkruising in de Nederlandse situatie is alleen mogelijk met empirische data die onder Nederlandse, of vergelijkbare, omstandigheden zijn gegenereerd.

Bronnen

Abeleven, T.H.A.J., 1888. Flora van Nijmegen. Nederlands Kruiskundig Archief 10: 250-340.

Amand, P.S. 2001. Keeping transgenic pollen in its place. Agricultural Research. Oktober 2001. p. 7.

Anonymus, 1959. Plantengroei op de Utrechtse grachtmuren. Correspondentieblad 14 (1959): 145-147.

Anonymus, 1993. Teelt van maïs. Teelthandleiding nr. 58. Proefstation voor de Akkerbouw en Groenteteelt in de Vollegrond, Lelystad. Informatie en Kennis Centrum Veehouderij, Lelystad.

Anonymus, 1994. Teelt van suikerbieten. Teelthandleiding nr. 64. Proefstation voor de Akkerbouw en Groenteteelt in de Vollegrond, Lelystad, Instituut voor Rationele Suikerproductie, Berg op Zoom

Anonymus, 1997a. Consensus document on the biology of Brassica Napus L. (Oilseed rape. Series on Harmonization of Regulatory Oversight in Biotechnology No.7. Organisation for Economic Co-operation and Development, Parijs OCDE/GD(97)63.

Anonymus, 1997b. Consensus document on the biology of Solanum Tuberosum Subsp. Uberosum (potato). Organisation for Economic Co-operation and Development Series on Harmonization of Regulatory Oversight in Biotechnology No. 8. Paris OCDE/GD(97)143

Anonymus, 1997c. Verordening HPA bestrijding vergelingsziekte bij bieten 1997. Hoofdproduct-schap Akkerbouw, Den Haag.

Anonymus, 1998a. Genetisch gemodificeerde organismen en biologische landbouw Inventarisatie van overdrachtsroutes naar de biologische landbouw, als voorbeeld van een GGO-vrije keten. Informatie- en KennisCentrum Landbouw Intern rapport nr. 50 Ede, januari 1998

Anonymus, 1998b. Opinion of the Scientific Committee on Plants regarding submission the genetically modified, glufosinate-tolerant rape notified by Agrevo Company (Notification C/UK/95/M5/1) . Scientific Committee on Plants of the European Commission. Brussels.

Anonymus, 1998c. Opinion of the Scientific Committee on Plants regarding submission for placing on the market of genetically modified high Amylopectin potato cultivars apriori and apropos notified by Avebe (Notification C/NL/96/10). Scientific Committee on Plants of the European Commission. Brussels. SCP/GMO/044

Anonymus, 1999a. Land – en tuinbouwcijfers, 1999. Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO), Den Haag

Anonymus, 1999b. Zetmeelaardappen, Teelthandleiding. Nr. 88. Praktijkonderzoek voor de Akkerbouw en de Vollegrondsgroenteteelt. Lelystad.

Anonymus, 2000a. Integrale Nota Biotechnologie Ministerie van Economische Zaken, Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen, Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.

- Anonymus, 2000b. Keuringsreglement. Stichting Nederlandse Algemene keuringsdienst. Emme-loord.
- Anonymus, 2000c. Kwantitatieve informatie 2000/2001. Praktijkonderzoek voor de akkerbouw en de vollegronsgroenteteelt. Lelystad. Publicatie nr. 102.
- Anonymus, 2001 Opinion of the Scientific Committee on Plants concerning the adventitious presence of GM seeds in conventional seeds. Scientific Committee on Plants of the European Commission. Brussels. SCP/GMO-SEED-CONT/002-FINAL.
- Askew, M.F. (1993) Volunteer potatoes from tubers and true potato seed. *Aspects of Applied Biology*. 35. 9-15
- Baier, A., Vogel, B., Tappeser, B. 2001. Vorarbeiten/Fachgespräch: Grüne Gentechnik und ökologische Landwirtschaft. Berichtsnummer UBA-FB, Öko-Institut e.V. Freiburg.
- Bartsch, D., Pohl-Orf, M. 1996a. Ecological aspects of transgenic sugar beet: transfer and expression of herbicide resistance in hybrids with wild beet. *Euphytica*, 91, 55-58
- Bateman, A.J. (1947a) Contamination of seed crops I. Insect pollination. *Heredity*, 1, 258-275.
- Bateman, A.J. (1947b) Contamination of seed crops II. Wind pollination. *Heredity*, 1, 235-246.
- Bonthuis, H. 2001. Plant Research International. Persoonlijke medelingen.
- Brandenburg, W.A. 2001. Commissie Genetische Modificatie (Cogem). Persoonlijke mededeling.
- Boudry, P.; Morchen, M.; Saumitou-Laprade, P.; Vernet, P.; Dijk, H. van, 1993 The origin and evolution of weed beets: consequences for the breeding and release of herbicide-resistant transgenic sugar beets. *Theoretical and Applied Genetics* (1993) 87(4): 471-478.
- Chèvre, A. M.; Eber, F.; Baranger, A.; Renard, M. 1997. Gene flow from transgenic crops. *Nature* (London) vol. 389 (6654): p.924
- Chèvre, A.M., Eber, F., Baranger, A., Kerlan, M.C., Barret, P., Picault, H., Renard, M., 1998. Characterization of backcross generations obtained under field conditions from oilseed rape-wild radish F1 interspecific hybrids, an assessment of transgene dispersal. *Theoretical and Applied Genetics* 97, 90-98
- Chèvre, A.M., Eber, F., Renard, M. 1999 Gene flow from oilseed rape to weeds, In: 1999 BCPC Symposium Proceedings No. 72: Gene Flow and Agriculture: Relevance for Transgenic Crops;
- Coe, E. H. Jr., Neuffer, M. G., Hoisington, D. A. 1988. The Genetics of Corn. pp. 81-258. In Sprague, G. F., Dudley, J. W., Editors. *Corn and Corn Improvement*, Third Edition. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin. 986 pp.
- Colbach, N., Clermont-Dauphin, C. and Meynard, J.M. (2001a) GENESYS: A model of the influence of cropping system on gene escape from herbicide tolerant rapeseed crops to rape volunteers. I. Temporal evolution of a population of rapeseed volunteers in a field. *Agric. Ecosyst. Environ.* 83, 235-253

- Colbach, N., Clermont-Dauphin, C. and Meynard, J.M. (2001b) GENESYS: A model of the influence of cropping system on gene escape from herbicide tolerant rapeseed crops to rape volunteers. II. Genetic exchanges among volunteer and cropped populations in a small region. *Agric. Ecosyst. Environ.* 83, 255-270
- Conner, A.J. and Dale, P.J., 1996. Reconsideration of pollen dispersal data from field trials of transgenic potatoes. *Theor. Appl. Genet.* 92: 505-508.
- Dale, P., 1992. General presentation. In: Report on the seminar on scientific approaches for the assessment of research trials with genetically modified plants, 6-7 April 1992. OECD, Paris.
- Daniel, H., Datta, R., Varma, S. en Lee, S.B., 1998. Containment of herbicide resistance through genetic engineering of the chloroplast genome, *Nature Biotechnol.* 16: 345-348.
- Downey, R.K. 1999. Gene flow and rape – the Canadian experience. In: 1999 BCPC Symposium Proceedings No. 72: Gene Flow and Agriculture: Relevance for Transgenic Crops
- Eijlander, R.; Stiekema, W. J. 1994. Biological containment of potato (*Solanum tuberosum*): out-crossing to the related wild species black nightshade (*Solanum nigrum*) and bittersweet (*Solanum dulcamara*). *Sexual Plant Reproduction* vol. 7 (1): p.29-40
- Ellstrand, N.C., B. Devlin and D.L. Marshall (1989) Gene flow by pollen into small populations: data from experimental and natural stands of wild radish. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* 86: 9044-9047.
- Emberlin, J., Adems-Groom, B. Tidmarsh, J., 1999. The dispersal of maize (*Zea mays*) pollen. A report based on evidence available from publications and internet sites. A report commissioned by the Soil Association: National Pollen Research Unit, University College Worcester, Worcester, UK.
- Franke, D. D.T.E. van der Ploeg, 1958. Een adventief terrein in Friesland. *Correspondentieblad* 8: 86-87.
- Free, J.B., Williams I.H., Longdon, P.C., Johnson, M.G., 1975. Insect pollination of sugar-beet (*Beta vulgaris*) seed crop. *Annals of Applied Biology* 81, 127-134
- Gliddon, C.J. Gene flow and risk assessment, In: 1999 BCPC Symposium Proceedings No. 72: Gene Flow and Agriculture: Relevance for Transgenic Crops;
- Gray, A.J. en A.F. Rayboulds. 1998. Reducing transgene escape routes. *Nature* 392: 653-654.
- Hawkes, J.G., 1988. The evolution of cultivated potatoes and their tuber-bearing wild relatives. *Kulturpflanze* 36: 189-208.
- Hawkes, J.G., 1990. The potato: Evolution, biodiversity and genetic resources. Belhaven Press, London, 259 pp.
- Heukels, H., 1896. Bekende groeiplaatsen der tot de bijgenoemde familiën behoorende planten II. *De Levende Natuur* 1: 221-222.
- Holden, P. (1999). Policy Paper: Segregation of GM Foods - Written Evidence to the House of Common Select Committee on Agriculture. With Annex 1: Soil Association standards regarding Genetic Engineering. Annex 2: GMO risk evaluation matrix - to establish the need for a site visit. Annex 3: Criteria of assessing pollution risk of organic holdings lying within a six mile notification zone of intended GM trial plots.

- Hühner, M., G. Rakow (1979) Einige experimentelle Ergebnisse zur Fremdfertilisationsrate bei Winterweizen (*Triticum aestivum*) in Abhängigkeit von Sorte und Abstand. Z. Pflanzenzüchtg. 83: 289-307.
- Hütter, E., F. Bigler und P. M. Fried (1999). Verwendung transgener schädlingsresistenter Nutzpflanzen in der Schweiz. FAL, im Auftrag des BUWAL.
- Ingram, J. (2000). Report on the separation distances required to ensure cross-pollination is below specified limits in non-seed crops of sugar beet, maize and oilseed rape. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (Eds.).
- Jones, M.D. & Brooks, J.S. (1950) Effectiveness of distance and border rows in preventing outcrossing in corn. Oklahoma Agricultural Experimental Station. Bulletin no. T-38
- Jones, M.D. & Brooks, J.S. (1952) Effect of tree barriers on outcrossing in Corn. Oklahoma Agricultural Experimental Station. Bulletin no. T-45
- Jones, M.D. and Newell, L.C. (1948) Longevity of Pollen and Stigmas of Grasses: Buffalo-grass. *Buchloe dactyloides* (Nutt.) Engelm., and Corn *Zea mays* L. Journal of the American Society of Agronomy, 40 (3) 195-204
- Jorgensen, R.B. Gene flow from oilseed rape (*Brassica napus*) to related species, Proceeding Gene Flow and Agriculture, Relevance for Transgenic Crops 1999
- Kirch, H.H., Uhrig, H., Lottspeich, F., Salamini, F. and Thompson, R.D., 1989. Characterisation of proteins associated with self-incompatibility in *Solanum tuberosum*. Theor. Appl. Genet. (1989) 8: 581-588.
- Kittridge, J. (1948) Forest Influences. Chpt V111. New York McGraw-Hill Book Co
- Klinger, T., P.E. Arriola and N.C. Ellstrand (1992) Crop-weed hybridization in radish (*Raphanus sativus*): effects of distance and population size. Amer. J. Bot. 79: 1431-1435.
- Koningsdaal, C. van, J. Reijnders, 1956. Grachtkantenrapport 1956. Verslag van een botanische inventarisatie van de bakstenen grachtwalmuren in Amsterdam. Uitgevoerd door het plantensociologisch kader van de N.J.N. district Amsterdam. Nederlandse Jeugdbond voor Natuurstudie.
- Laat, A.M.M., De, Dun, C.P.M., van. 1994. Inbouw van herbicide-resistentiegenen in gewassen: overwegingen van een veredelingsbedrijf. Gewasbescherming 25: 179-183.
- Lammers Van Buren, E.T. 2001. Louis Bolkinstituut. Persoonlijke mededeling
- Lange, W., Brandenbur, W.A., Bock, Th.S.M., 1999. Taxonomy and cultonomy of beet (*Beta vulgaris* L.). Bot.J.Linn.Soc. 130: 81-96
- Lawson, H.M., 1983. True potato seeds as arable weeds. Potato research 26: 237-246.
- Lefol, E. Danielou, V. Darmency, H., 1996a. Predicting hybridization between transgenic oilseed rape and wild mustard. Field Crops Research 45, 153-161.
- Levin, D.A. and H.W. Kerster (1969) The dependence of bee-mediated pollen and gene dispersal upon plant density. Evolution 23: 560-571.

Linder, C.R., Schmitt, J., Assessing the risk of transgene escape through time and crop-wild hybrid persistence, *Molecular Ecology*, Vol. 3, 23-30, 1994

Lotz, L.A.P., Bussard, L., Gillissen, L.J.W.J., Gorissen, A., Kempenaar, C., Loon, J.J.A., van Noordam, M.Y., Temorshuizen, A.J., Vliet, P.C.J., van, 2000. Effecten van grootschalige toepassing van transgene herbicideresistente rassen. Ontwikkeling en verkenning van scenario's. Plant Research International. Wageningen. Rapport 2.

Love, S. and Pavek, J., 1994. Ecological risk of growing transgenic potatoes in the United States and Canada: potential for vegetative escape or gene introgression into indigenous species. *American Potato Journal* 71: 647-658.

Lutman, P. J. W. (1993) The occurrence and persistence of volunteer oilseed rape (*Brassica napus*). *Aspects of Applied Biology* 35, Volunteer crops as weeds, pp. 29-36.

Marquard, R. and K.C. Walker (1995) Environmental impact of rapeseed production. In: Brassica oilseeds - Production and utilization. D.S. Kimber and D.I. McGregor, eds. Centre for Agriculture and Biosciences, pp. 195-214.

McCartney, H.A. and M.E. Lacey (1991) Wind dispersal of pollen from crops of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *J. Aerosol Sci.* 22: 467-477.

McPartlan, H. C.; Dale, P. J. 1994. An assessment of gene transfer by pollen from field-grown transgenic potatoes to non-transgenic potatoes and related species. *Transgenic Research* vol. 3 (4): p.216-225

Miller, P.D. (1985) Maize Pollen: Collection and enzymology. Chapter 45, pp 279-282. In: Sheridan, W.F. (ed) Maize for biological research. A special publication of the Plant Molecular Biology Association, USA

Mesquida, J. and M. Renard (1982) Etude de la dispersion du pollen par le vent et de l'importance de la pollinisation anémophile chez le colza (*Brassica napus* L., var *oleifera* Metzger). *Apidologie* 13: 353-366.

Morris, W. F.; Kareiva, P. M.; Raymer, P. L. 1994. Do barren zones and pollen traps reduce gene escape from transgenic crops? *Ecological Applications* vol. 4 (1): p.157-165

Moyes, C.L., Dale, P.J., 1999. Organic farming and gene transfer from genetically modified crops. John Innes Centre, UK; MAFF Research Project OF0157 www.gmissues.org/orgreport.htm

Noome, C. 2001. Advanta. Persoonlijke mededeling.

Olsson, G. (1955) Vindpollinering hos korsblomstriga oljevaxter. *Sveriges Utsädesförenings Tidskrift* 65: 418-4122.

Organic Crop Producers & Processors Inc/Pro-Cert Canada Inc (OCPRO) (2000). Richtlinien für Kontrolle und Zertifizierung von Bioprodukten.

Organización Internacional Agropecuaria (OIA) Richtlijnen voor de controle en certificering van Biologische Producten in Argentinië.

Paterniani, E. & Stort, A. C. (1973) Effective maize pollen dispersal in the field. *Euphytica* 23: 129-134.

- Plaisted, R.L., 1980. Potato. In: Hybridisation of crop plants (Eds. Fehr, W.R. and Hadley, H.H.). American Society of Agronomy and Crop Science Society of America, publishers, Madison, Wisconsin, 483-494.
- Purseglove, J.W. (1972) Tropical Crops. Monocotyledons 1. Longman Group. London.
- Raamsdonk, L.W.D. van, Schouten, H.J. 1997. Gene flow and establishment of transgenes in natural plant populations. *Acta Botanica Neerlandica* vol. 46 (1): p.69-84
- Rakow, G., Woods, D.L., 1987. Outcrossing in rape and mustard under Saskatchewan prairie conditions. *Cn. J. Plants Sci.* 67: 147-151
- Ramsay, R., Thompson, C.E., Neilson, S., en Mackay, G.R. Honeybees as vectors of GM oilseed rape pollen. In: 1999 BCPC Symposium Proceedings No. 72: Gene Flow and Agriculture: Relevance for Transgenic Crops;
- Raynor, G. S., E. C. Ogden and Hayes J. V. (1974) Enhancement of particle concentrations downwind of vegetative barriers. *Agric. Meteorol.* 13: 181-188
- Reheul, D., 1987. Ruimtelijke isolatie in de plantenveredeling. 2. Ruimtelijke isolatie bij insectenbestuivers. *Landbouwtijdschrift* 40: 15-23.
- Ross, H., 1986. Potato breeding – Problems and perspectives. *Advances in Plant breeding. Supplement 13 to the Journal of Plant Breeding*, 132 pp.
- Sanford, J.C. and Hanneman, R.E., 1981. The use of bees for the purpose of inter-mating in potato. *American Potato Journal* 58: 481-485.
- Santoni, S.; Berville, A. 1992. Evidence for gene exchanges between sugar beet (*Beta vulgaris* L) and wild beets: consequences for transgenic sugar beets. *Plant Molecular Biology* (1992) 20(4): 578-580.
- Scheffler, J.A., R. Parkinson and P.J. Dale (1993) Frequency and distance of pollen dispersal from transgenic oilseed rape (*Brassica napus*). *Transgenic Research* 2: 356-364.
- Scheffler, J.A., R. Parkinson and P.J. Dale (1995) Evaluating the effectiveness of isolation distances for field plots of oilseed rape (*Brassica napus*) using a herbicide-resistance transgene as a selectable marker. *Plant Breeding* 114: 317-321.
- Schnittenhelm, S., Hoekstra, R., 1995. Recinnbedded usikatuib dustaces fir the field multiplication of diploid tuber bearing *Solanum* species. *Plant Breeding* 114, 369-371.
- Schouten, H.J., 1997. Modeling the effect of a transgene on plant density in a wild vegetation. CPRO-DLO, Wageningen.
- SCIMAC (Supply Chain Initiative on Modified Agricultural Crops) (1999). Code of practice on the introduction of genetically modified crops, Guidelines for growing newly developed herbicide tolerant crops and The genetically modified crop management guide. Cambs. p.
- Seaglitz, C., Bartsch, D., 2001. Transgenic pollen escape – Need for consequence assessment instead op containment . ISB News Report – June 2001. Aachen, Germany
- Simpson, E.C., Gene flow in genetically modified herbicide tolerant oilseed rape (*Brassica napus*) in the UK. In: 1999 BCPC Symposium Proceedings No. 72: Gene Flow and Agriculture: Relevance for Transgenic Crops;

- Skogmyr, I., Gene dispersal from transgenic potatoes to conspecifics: a field trial, *Theoret. Appl. Genet.*, 88:362-368, 1994
- Soepboer, M. 2001. Nederlandse Algemene Keuringsdienst (NAK). Persoonlijke mededeling.
- Stace, C.A., 1975. *Hybridization and the flora of the British isles* in collaboration with the botanical society of the British Isles. Academic Press, London, New York, San Francisco.
- Staniland, B.K., McVetty, P.B.E., Friesen, L.F., Yarrow, S., Freyssinet, G., Freyssinet, M. 2000. Effectiveness of border areas in confining the spread of transgenic *Brassica napus* pollen. *Canadian Journal of Plant Science* vol. 80 (3) p. 521-526
- Stellingwerf, D. 2001. Gentechvrije gebieden instellen. Persbericht Christenunie dd. 17 januari 2001.
- Stringham, G.R. & Downey, R.K., 1982. Effectiveness of isolation distance in seed production of rapeseed (*Brassica napus*). *Agronomy Abstracts*, 136-137.
- Timmons, A. M., O'Brien, E. T., Charters, Y. M., Dubbels, S. J. & Wilkinson, M. J. (1995) Assessing the risks of wind pollination from fields of genetically modified *Brassica napus* ssp. *oleifera*. *Euphytica* 85: 417-423.
- Treau, R., Emberlin, J. 2000. Pollen dispersal in the crops Maize (*Zea mays*), Oil seed rape (*Brassica napus* ssp. *Oleifera*), Potatoes (*Solanum tuberosum*), Sugar beet (*Beta vulgaris* ssp. *vulgaris*) and Wheat (*Triticum aestivum*) – Evidence publications. Soil Association.
- Van der Graaf, R. 2001. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu. Persoonlijke mededeling.
- Van Swaaij, A.C., Nijdam, H., Jacobsen, E. and Feenstra, W.J., 1987. Increased frost tolerance and amino acid content in leaves, tubers and leaf callus of regenerated hydroxyproline resistant potato clones. *Euphytica* 36: 369-380.
- Van Vliet, C.M.E. 2001. Skal. Persoonlijke mededeling.
- Vayda, M.E., 1994. Environmental stress and its impact on potato yield. In: *Potato genetics* (Ed. Bradshaw, J.E and Mackay, G.R.), CAB International, Wallingford: 239-262.
- Vigouroux, Y., Darmency, H. Gene flow between sugar beet and wheat beet, engels proceedings White, J.W., 1983. Pollination of potatoes under natural conditions. CIP Circular 11: 1-2.
- Vries, F.T., de Meijden, R., van der, Brandenburg, W.A., 1992. A study of the real changes for spontaneous gene flow from cultivated plants to the wild flora of the Netherlands. *Gorteria Supplement* 1 (1992): 1-100
- Weeda, E.J., R. Westra, Ch. Westra, T. Westra, 1988. *Nederlandse Oecologische Flora, wilde planten en hun relaties* 3. IVN, VARA, VEWIN.
- Weevers, T., 1920. De plantengroei van het eiland Goeree in verband met zijn bodem en geschiedenis. *Nedlands Kruiskundig Archief* 30: 80-139.
- White, J.W., 1983. Pollination of potatoes under natural conditions. CIP Circular 11: 1-2.

Williams, I.H. (1984) The concentrations of air-borne rape pollen over a crop of oil-seed rape (*Brassica napus* L.). J. Agric. Sci. Camb. 103: 353-357.

Wöhrmann, K., J. Tomiuk und P. Braun (1996). Die Problematik der Freisetzung transgener Organismen aus der Sicht der Populationsbiologie. Universität Hamburg. Hamburg. Arbeitsmaterialien zur Technologiefolgendabschätzung und -bewertung der modernen Biotechnologie

Bijlage 1 Definitie genetisch gemodificeerd gewas

Definitie genetisch gemodificeerd organisme Richtlijn 2001/18/EG (inzake de doelbewuste introductie van genetisch gemodificeerde organismen in het milieu en tot intrekking van Richtlijn 90/220/EEG van de Raad):

Artikel 2: definities

In deze richtlijn wordt verstaan onder:

- 1) "organisme": een biologische entiteit met het vermogen tot replicatie of tot overdracht van genetisch materiaal;
- 2) "genetisch gemodificeerd organisme (GGO)": een organisme, met uitzondering van menselijke wezens, waarvan het genetische materiaal veranderd is op een wijze welke van nature door voortplanting en/of natuurlijke recombinitie niet mogelijk is.

Volgens deze definitie:

- a) vindt in elk geval genetische modificatie plaats indien één van de in bijlage I A, deel 1, genoemde technieken wordt toegepast;
- b) worden de in de bijlage I A, deel 2, genoemde technieken niet beschouwd als technieken die tot genetische modificatie leiden;

Artikel 3: vrijstellingen

- 1) Deze richtlijn is niet van toepassing op organismen die zijn verkregen door middel van de in bijlage I B vermelde genetische modificatietechnieken.

BIJLAGE I A

IN ARTIKEL 2, LID 2, BEDOELDE TECHNIEKEN

DEEL 1

De in artikel 2, lid 2, onder a), bedoelde genetische modificatietechnieken zijn onder andere:

- recombinant-nucleïnezuurtechnieken waarbij nieuwe combinaties van genetisch materiaal worden gevormd door de invoeging van ongeacht op welke wijze buiten een organisme vervaardigde nucleïnezuurmoleculen in een virus, bacterieel plasmide of ander vectorsysteem en de opneming daarvan in een gastheerorganisme waarin ze van nature niet voorkomen maar waarin ze blijvend vermenigvuldigd kunnen worden;
- technieken waarbij erfelijk materiaal dat buiten het organisme vervaardigd is rechtstreeks in organisme wordt ingebracht, waaronder micro-injectie, macro-injectie en micro-inkapseling;
- celfusie (met inbegrip van protoplastfusie) of hybridisatietechnieken waarbij levende cellen met nieuwe combinaties van erfelijk genetisch materiaal worden gevormd door de fusie van twee of meer cellen met gebruikmaking van methoden die van nature niet voorkomen.

DEEL 2

In artikel 2, punt 2, onder b), bedoelde technieken die niet worden geacht tot genetische modificatie te leiden, mits daarbij geen recombinantnucleïnezuurmoleculen of genetisch gemodificeerde organismen worden gebruikt die zijn vervaardigd met behulp van andere technieken/methoden dan in bijlage I B worden uitgesloten:

- in-vitrofertilisatie;
- natuurlijke processen als conjugatie, transductie of transformatie;
- polyploidie-inductie.

BIJLAGE 1B

IN ARTIKEL 3 BEDOELDE TECHNIEKEN

Genetische modificatietechnieken/methoden waarbij organismen worden verkregen die van de richtlijn worden uitgesloten, mits daarbij geen andere recombinant-nucleïnezuurmoleculen of genetisch gemodificeerde organismen worden gebruikt dan met behulp van een of meer van de volgende technieken/methoden zijn vervaardigd, zijn:

- 1) mutagenese;
- 2) celfusie (met inbegrip van protoplastfusie) van plantencellen van organismen die genetisch materiaal kunnen uitwisselen met behulp van traditionele kweekmethoden.

Bijlage 2 Leden projectgroep en deskundigen

Leden Projectgroep Landbouwkundige risico's van uitkruising van GGO-gewassen

- A. van der Neut, Ministerie van LNV (voorzitter)
- J.B.F.C. van den Assum, Ministerie van LNV
- H. Bonthuis, Plant Research International-WUR
- B. Burggraaf, Ministerie van LNV
- S. Ciere, Ministerie van LNV
- F. van Dijken, Ministerie van LNV
- R. van der Graaf, Ministerie van VROM
- P.M. den Hartog, Ministerie van LNV
- L.W.M. Lutikholt, Platform Biologica
- C.M.A.. Van Vliet, Skal
- J.A.F. van de Wijnboom, Ministerie van LNV
- A.J.M. van Winden, Expertise Centrum LNV

Geraadpleegde deskundigen

- W.A. Brandenburg, Cogem
- R. van der Graaf, Ministerie van VROM
- E.T. Lammerts van Bueren, Louis Bolk Instituut
- L.W.M. Lutikholt, Platform Biologica
- C. Noome, Advanta
- T. van der Salm, Bureau GGO
- P. Schenkelaars, Schenkelaar Biotechnology Consultancy
- M. Soepboer, NAK

© Centrum voor Landbouw en Milieu
Overname van delen van de tekst van deze publicatie
voor informatiedoeleinden is toegestaan, mits voorzien
van een duidelijke bronvermelding.

**Onafhankelijk onderzoek,
advies en bemiddeling voor
een duurzame land- en tuinbouw**

Postbus 10015
3505 AA Utrecht
Amsterdamsstraatweg 877
3555 HL Utrecht

T 030 244 13 01
F 030 244 13 18
E clm@clm.nl
I www.clm.nl

Lay-out: Francien de Groot
Druk- / kopieerwerk: MultiCopy, Utrecht Centrum