

Fagligt bidrag vedrørende dyrkning af GM-afgrøder af raps, majs, kartofler, bederoer, hvede og byg.

Forfattere: Birte Boelt, Annie Enkegaard, Preben Bach Holm, Peter Kryger Jensen, Johannes Ravn Jørgensen og Karl Tolstrup.

RESUME

Fødevareministeriet har anmodet Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet (DJF) ved Aarhus Universitet om at levere anbefalinger til dyrkningsafstande og dyrkningsintervaller, som kan opfylde krav om såvel maksimalt 0,9% som 0,1% GM-indhold i naboafgrøder til marker med genmodificerede majs, kartofler, bederoer, raps, hvede og byg. I den udstrækning, det er videnskabeligt relevant, er yderligere virkemidler inddraget.

Udgangspunktet for arbejdet har været Udredningsgruppens rapporter fra henholdsvis 2003 og 2007, samt den nyeste internationale viden inden for området. Endvidere har DJF indhentet kommentarer fra de forskningsinstitutioner, som er repræsenteret i Udredningsgruppen.

I forhold til den version af rapporten, der blev fremsendt medio februar har DJF på opfordring fra den nedsatte "Følgegruppe for revision af reglerne for dyrkning af GMO-afgrøder i Danmark" udarbejdet afsnittet 'Konsekvenser af sameksistens virkemidler', som opsummerer sameksistens virkemidlernes konsekvenser 1-2 år efter omlægning fra GM-dyrkning til økologisk eller konventionel drift uden brug af GM-afgrøder.

Afgrænsning og forudsætninger

Efter forespørgsel hos Plantedirektoratet er det oplyst, at udgangspunktet vedrørende GM-indhold i udsæd skal være det samme som i Udredningen fra 2003 – det vil sige <0,1% for økologisk udsæd generelt og 0,3 eller 0,5% for konventionel udsæd afhængigt af afgrøde (0,3% for raps, 0,5% for majs, bederoe, kartoffel, byg og hvede). Disse tærskelværdier for utilsigtet GM-forekomst i udsæd fremkom oprindeligt som forslag i EU's Stående Komite for Frø og Vegetativt Formeringsmateriale. Spørgsmålet om fastsættelse af tærskelværdier blev i 2003 flyttet over i EU-kommissionens generaldirektorat for miljø. Der er på nuværende tidspunkt ikke konkrete forslag til tærskelværdier.

Ligeledes er det oplyst, at opgørelserne af de maksimale GM-indhold på 0,9 og 0,1% skal foretages ved første handelsled ("farm gate").

Udredningen fra 2003 opstiller specifikke virkemidler for sameksistens i udsædsproduktion i henhold til ovennævnte tærskelværdier. Da der for øjeblikket ikke foreligger konkrete forslag til tærskelværdier i udsæd er dette emne ikke særskilt behandlet, men de virkemidler, som er foreslået til opretholdelse af

maksimalt 0,1% utilsigtet GM-indhold i produktet (Tabel 1), kan anvendes i forbindelse med produktion af udsæd i henholdsvis økologisk og konventionel produktion. En undtagelse herfor er dog bederoer, hvor der i Udredningen fra 2003 er angivet særskilte afstandskrav (2000 m) i forbindelse med udsædsproduktion. For opretholdelse af maksimalt 0,3 eller 0,5% utilsigtet GM-indhold i konventionelt produceret udsæd henvises til Udredningen fra 2003.

KONKLUSIONER FOR DE ENKELTE AFGRØDER

For hver af de omtalte afgrøder er gennemgået den nyeste litteratur af relevans for sameksistens eksempelvis afgrødens dyrkningsareal og dets udvikling siden 2006, erfaringer med GMO i Danmark og i udlandet, kilder til pollen- og frøspredning samt dyrkningsteknik. På baggrund heraf er foreslået virkemidler til sikring af sameksistens mellem GM-, konventionelle og økologiske afgrøder med udgangspunkt i de ovenfor nævnte retningslinier for GM-indhold i udsæd og ved en gradvis introduktion af GM-afgrøder. I det omfang dyrkning af GM-afgrøder bliver udbredt, eksempelvis svarende til at GM-arealet inden for en given art udgør 50% eller mere, vil det være aktuelt at evaluere de nødvendige virkemidler til sikring af sameksistens (Tabel 1).

For alle afgrøder tages udgangspunkt i, at der ved GM-avl anvendes certificeret udsæd, samt at maskiner og transportudstyr rengøres grundigt.

Raps

I Danmark dyrkes to former af raps (*Brassica napus*), primært vinterraps (efterårssået raps) og i mindre omfang vårraps (forårssået raps). Afgrøden bruges til fødevarer, foder og til energiformål. Arealet med raps er steget med ca. 33% i forhold til 2006, og stigningen skyldes en øget dyrkning af vinterraps, mens vårraps-arealet er faldet. Der var i 2010 produktion af udsæd af vinterraps på 147 ha. Det er ikke tilstrækkeligt til at dække det danske behov, så der foregår en betydelig import af raps udsæd produceret i andre europæiske lande, fortrinsvis Tyskland og Frankrig. I 2010 var arealet med vårraps til udsæd 236 ha. Det økologiske areal med raps er faldet siden 2006 og udgjorde i 2010 ca. 0,3% af det samlede rapsareal. De økologiske rapsproducenter dyrker hovedsageligt vinterraps.

Der har ikke været forsøgsudsætninger af raps i Danmark siden 2003, og afgrøden er ikke omfattet af regler for GM-dyrkning. Der er p.t. ingen kommerciel produktion af GM-raps i EU. Der findes store arealer med GM-raps i USA og Canada; det drejer sig hovedsageligt om GM-raps med herbicidtolerance. Samtlige større stater i Australien har nu tilladt dyrkning af GM-raps med herbicidtolerance, og i 2009 udgjorde produktionen af GM-raps 1.1 mio. hektar svarende til 4% af rapsarealet i Australien (GMO Compass, 2009). Produktionen foregår i henhold til udarbejdede stewardship programs, som bl.a. indeholder retningslinier for isolationsafstand (AFAA, 2010).

For reduktion af GM-overførsel via pollenspredning foreslås en isolationsafstand på 150 m mellem GM-raps og konventionelle og økologiske rapsmarker for opnåelse af <0,9% utilsigtet GM-indblanding og 500 m mellem GM-raps og konventionelle og økologiske rapsmarker for opnåelse af <0,1% utilsigtet GM-indblanding.

Der foreslås et dyrkningsinterval på 8 år mellem GM-raps og anden raps-afgrøde i konventionel produktion for sikring af <0,9% utilsigtet GM-indblanding, og henholdsvis 8 år i konventionel og 12 år

i økologisk produktion for sikring af <0,1% utilsigtet GM-indblanding. Eventuelle spildplanter skal bekæmpes i de mellemliggende afgrøder (se Tabel 1).

På baggrund af nyere undersøgelser vurderes, at spildfrø er en væsentlig årsag til utilsigtet GM-indblanding i den konventionelle og økologiske produktion. Derfor foreslås som obligatorisk virkemiddel, at frø tabt før og under høstprocessen efterlades på jordoverfladen i efteråret og destrueres efter spiring (ved kemisk bekæmpelse eller pløjning), samt at transport af GM-raps foretages i frøtætte containere.

Majs

Arealet med majs er steget med 38% i forhold til 2006, og udgør nu 7% af det dyrkede areal. Arealet med majs til modenhed er i 2010 mere end 7-doblet i forhold til 2006, og der dyrkes majs til konsum (suktermajs) på 296 ha, hvoraf de 43 ha er i økologisk avl. Majsdyrkingen er især intensiv i Sønderjylland, Himmerland og Vestjylland og dækker lokalt mere end 15% af dyrkningsarealet.

Seksogetyve procent af den globale majsproduktion er genetisk modificeret (James, 2010) for henholdsvis herbicidtolerance og insektresistens. I 2007 blev der dyrket 110.000 ha af majssorter baseret på Bt resistenslinien Mon810 i EU, primært i Spanien (75.000 ha) men derudover også i Frankrig, Tjekkiet, Portugal, Tyskland, Slovakiet og Rumænien, se http://www.gmo-compass.org/eng/agri_biotechnology/gmo_planting/392.gm_maize_cultivation_europe_2009.html. I 2009 faldt GM-majs arealet til 95.000 ha på grund af nationale forbud i Frankrig og Tyskland.

Som beskrevet i Udredningen fra 2003 og Supplerende rapport fra 2007 er majs en vind- og fremmedbestøver, som er ekstremt dryssefast. Majs har ingen spirehvile, den høstes overvejende som hele planter til ensilering og har ikke danske slægtninge den kan krydse med. Den eneste form for spredning er derfor via vindbestøvning til nabomarker eller indblanding via utilstrækkelig rensning af høstmaskiner.

Problematikkerne omkring sameksistens i majs har været indgående efterforsket og diskuteret gennem en årrække. Udredningen fra 2003 og Supplerende rapport fra 2007 har givet udførlige faglige resuméer og behandlinger af denne viden.

De danske forslag fra Udredningen fra 2003 var som udgangspunkt et afstandskrav på 200 m fra en GM-majs mark til en konventionel majsmark samt anvendelse af certificeret frø og 300 m til en økologisk mark, hvor der var anvendt GM-fri udsæd (<0.1% GM) (se afsnit om majs). I den Supplerende rapport fra 2007 blev det foreslået, at afstandskravet på 200 m fra en GM-majsmark til en konventionel majsmark skulle reduceres til 150 m. Denne reduktion var begrundet i en generel vurdering af den omfattende europæiske forskning på området samt den vurdering, at der ved markstørrelser typiske for danske forhold kun sjældent vil være tale om indkrydsningsfrekvenser, der vil få markens samlede GM-indhold til at overstige 0,9% for såvel majs til ensilering som majs til modenhed. Der blev derfor ikke differentieret mellem majs til modenhed og majs til ensilering.

Som ligeledes beskrevet i detailafsnittet om majs er der i regi af European Coexistence Bureau (EcoB) udført et større udredningsarbejde med det formål at fremskaffe al relevant viden af relevans for sameksistens i majs. Anbefalingerne er opnået ved konsensus indenfor den Tekniske Arbejdsgruppe for Majs. Denne udredning har til formål at støtte national lovgivning, men er ikke et forsøg på at etablere fælles EU retningslinier (Czarnak-Klos and Rodriguez-Cerezo, 2010)

Det fremgår af dette udredningsarbejde, at afstandskravene mellem GM-majs og ikke-GM-majs marker kan reduceres til i størrelsesorden 0-50 m såfremt der anvendes GM-fri udsæd (<0,1% GM) og det maksimale niveau for utilsigtet indblanding er 0,9%. Såfremt dette niveau ansættes til 0,1% vil der under scenariet med GM-fri udsæd kræves en afstand mellem GM-majs og ikke-GM-majs på op mod 500 m. De danske anbefalinger fra de to Udredningsrapporter er således i god overensstemmelse med disse anbefalinger (se Tabel 1).

Kartofler

Kartofflen (*Solanum tuberosum*) har evnen til formering såvel vegetativt via knolde som gennem frø. I størstedelen af verden dyrkes og opformeres kartofflen som en enårig afgrøde ved brug af udsæd i form af læggekartofler (klonavl). Lokalt har kartoffeldyrkningen stor intensitet og er størst i Midt- og Vestjylland. Kartofflerne anvendes til stivelsesproduktion, til spisebrug og til forarbejdning (chips, pommes frites m.v.).

Kartofler udgør ca. 1,5% af landbrugsarealet, og den økologiske avl udgør 3,6% af det samlede kartoffelareal. Det samlede areal med kartofler er stort set uændret i forhold til 2006, men det økologiske areal var i 2010 42% højere end i 2006. Der er en betydelig og stigende produktion af læggekartofler i Danmark bl.a. til eksport, mens der importeres læggekartofler af særlige sorter.

Der er ikke siden 2003 udført nye forsøg med GM-kartofler i Danmark. Der har ikke været danske ansøgninger om markedsføring af GM-kartofler. Der har i perioden 2007-2010 været 39 udsætningsforsøg i EU - flest i Tyskland, England, Holland og Sverige. De har overvejende omfattet kartofler med forbedret resistens mod kartoffelskimmel samt særlig stivelsessammensætning. Desuden er der forsøg med kartofler med resistens mod cystenematoder, med stresstolerance og øget stivelsesindhold samt kartofler til medicinsk og teknisk brug (EU JRC, 2011). En tidligere kommerciel dyrkning i USA, Canada og Østeuropa af insektresistente GM-kartofler er ophørt.

GM-kartoffelsorten Amflora er godkendt til dyrkning i EU til brug for stivelsesindustri. Sorten er dyrkningsmæssigt egnet til dyrkning i DK, men den ventes ikke dyrket i Danmark. Der er forsøgsudsætninger med skimmelresistente GM-sorter, der forventes at have fremtidig interesse i Danmark.

DJF forfattergruppen finder ikke, at der er fremkommet ny viden, der berettiger ændring af anbefalingerne fra Udredningen fra 2003 og Supplerende rapport 2007 (se Tabel 1).

Bederoer

Bederoer (*Beta vulgaris*) til sukkerproduktion dyrkes primært på Lolland-Falster, Fyn og Sjælland. Arealet med sukkerroer er faldet yderligere siden 2006, og der dyrkes ikke længere økologiske sukkerroer i Danmark. I 2010 udgjorde bederoer 1,6% af det dyrkede areal. Der er en beskedent produktion af roefrø i Danmark (basisfrø og multigermt frø), men langt hovedparten af den anvendte udsæd er produceret i det sydøstlige Frankrig eller nordvestlige Italien.

I alt tre herbicidresistente GM-sukkerroer blev i 2005 godkendt til dyrkning og anvendelse til foder og fødevarer i USA og til import i enkelte andre lande, og i 2009 anslås 95% af de dyrkede sukkerroer i USA at være GM. Godkendelsen til dyrkning blev trukket tilbage i 2010, hvor USDA er blevet bedt om at udarbejde en Environmental Impact Statement. I februar 2011 er der imidlertid givet tilladelse til dyrkning af GM-sukkerroer efter særlige forholdsregler indtil dette arbejde er udført.

Den største potentielle risiko for GM-spredning er via pollenspredning fra stokløbere, som ved bestøvning med andre stokløbende planter kan producere frø, som kan overleve i jorden og give ophav til ukrudtsroer. Derfor anbefales som obligatorisk virkemiddel at fjerne stokløbere.

Isolationsafstand foreslås opretholdt på 10 m mellem GM-marker og såvel konventionelle som økologiske marker, og dyrkningsinterval på tre år, hvor der skal foretages en effektiv bekæmpelse af eventuelle overvintrende roer og ukrudtsroer i de mellemliggende afgrøder.

Byg og hvede

Hvede udgør med ca. 29% og byg med 22% af landbrugsarealet de to største landbrugsafgrøder. Den hvede, der dyrkes i Danmark, er primært vinterhvede, mens arealet med vårhvede er begrænset i det konventionelle landbrug. Det økologiske areal med vår- og vinterhvede er hver på ca. 0,15% af landbrugsarealet.

Vårbyg er næst efter vinterhvede den mest udbredte afgrøde i Danmark med et dyrkningsareal svarende til 16% af landbrugsarealet i konventionel produktion og ca. 0,4% i økologisk produktion. Arealet med vinterbyg udgør ca. 5%, medens økologisk vinterbyg dyrkes marginalt. Ud af det samlede kornareal dyrkes ca. 1,9% økologisk.

Både byg og hvede er stærke selvbestøvere med begrænset spirehvile, manglende evne til at opbygge en frøpulje i jorden og manglende evne til at etablere sig som ukrudt. Det vigtigste tiltag for at muliggøre og sikre sameksistens for hvede og byg er at sikre adgang til certificeret udsæd med lavt GM. Dette kan gøres ved at holde tydelige markgrænser på 3 m mellem fremavlsareal og marker med GM-sorter af samme art, og en isolationsafstand på 1 m mellem produktionsmarker. Endvidere anbefales et dyrkningsinterval på mindst 1 år.

Table 1. Oversigt over afgrødespecifikke virkemidler, der foreslås for at sikre sameksistens for produktionsafgrøder

Afgrøde	Produktionsform	Max. Utilsigtet GM-indhold	Afstandskrav (til afgrøde af same art)	Dyrkningsinterval	Obligatoriske virkemidler (GM-avl)	Yderligere virkemidler
Raps	Konventionel	0,9	150 m	8 år	Anvendelse af certificeret udsæd (med maksimalt 0,3% utilsigtet GM-indhold i konventionel produktion (0,9% tærskelværdi) og <0,1% i forbindelse med 0,1% tærskelværdi) Rengøring af maskiner og transportudstyr efter GM-avl og ved maskinfællesskab Jordbearbejdning efter høst af raps tidligst 20. september + bekæmpelse af raps spildplanter Transport af GM-raps i frøtætte containere	Bekæmpelse af beslægtet ukrudt på marken og omkringliggende arealer Hensyntagen til markstørrelse og -form Valg af sædskifte som reducerer indhold af GM-frø i jordens frøbank
	Konventionel	0,1	500 m	8 år		
	Økologisk	0,1	500 m	12 år		
Majs	Konventionel	0,9	150 m	0 år	Anvendelse af certificeret udsæd (med maksimalt 0,5% utilsigtet GM-indhold i konventionel produktion (0,9% tærskelværdi) og <0,1% i forbindelse med 0,1% tærskelværdi) Værnebælte som alternativ til eller i kombination med afstandskrav Rengøring af maskiner og transportudstyr efter GM-avl og ved maskinfællesskab	
	Konventionel	0,1	300 m	0 år		
	Økologisk	0,1	300 m	0 år		
Kartofler	Konventionel	0,9	2 m* 10 m	3 år	Anvendelse af certificeret udsæd (med maksimalt 0,5% utilsigtet GM-indhold i konventionel produktion (0,9% tærskelværdi) og <0,1% i forbindelse med 0,1% tærskelværdi) Overvågning og bekæmpelse af spildplanter og gengroninger Rengøring af maskiner og transportudstyr efter GM-avl og inden ikke-GM-avl ved maskinfællesskab	
	Konventionel	0,1	20 m	4 år		
	Økologisk	0,1	20 m	4 år		
Bederøer	Konventionel	0,9	10 m	3 år	Anvendelse af certificeret udsæd (med maksimalt 0,5% utilsigtet GM-indhold i konventionel produktion (0,9% tærskelværdi)	Hensyntagen til markstørrelse og -form Valg af sædskifte som
	Konventionel	0,1	10 m	3 år		
	Økologisk	0,1	10 m	3 år		

					og <0,1% i forbindelse med (0,1% tærskelværdi) Fjernelse af stokløbere og bekæmpelse af ukrudtsroer og overliggere Rengøring af maskiner og transportudstyr efter GM-avl og ved maskinfællesskab	reducerer indhold af GM-frø i jordens frøbank
Byg og hvede	Konventionel	0,9	1 m	1 år	Anvendelse af certificeret udsæd (med maksimalt 0,5% utilsigtet GM-indhold i konventionel produktion (0,9% tærskelværdi) og <0,1% i forbindelse med 0,1% tærskelværdi) Rengøring af maskiner og transportudstyr efter GM-avl og ved maskinfællesskab	
	Konventionel	0,1	1 m	1 år		
	Økologisk	0,1	1 m	1 år		

* Såfremt GM-kartoffelsorten er karakteriseret ved ikke at danne blomster eller har hansterile blomster, foreslås det uændret at mindsteafstanden fra en mark med GM-kartofler til en mark med konventionelle produktionskartofler sættes til 2 m.

KONSEKVENSER AF SAMEKSISTENS VIRKEMIDLER

Virkemidlet 'isolationsafstand' har alene konsekvens i selve dyrkningsåret, og i den foreliggende danske lovgivning er det GM-avleren, som er ansvarlig for overholdelse af afstandskrav.

Virkemidlet dyrkningsinterval med tilhørende krav om bekæmpelse af spildplanter har konsekvenser i en tidshorisont, som varierer fra et år for byg og hvede op til 12 år for raps. Hvis et areal overgår til konventionel produktion uden brug af GM eller til økologisk drift skal dyrkningsintervallet fuldføres for at opnå den fornødne sanering af markarealet efter en GM-afgrøde.

Konventionel produktion

Som sameksistens virkemiddel ved vinterrapsdyrkning foreslås, at arealet efter høst ligger urørt i en periode, hvor frø spildt før og under høst vil spire i stubben. Derved mindskes potentialet betydeligt for at indarbejde spiredygtige frø i jordens frøbank ved de efterfølgende jordbearbejdnings. Vinterraps vil sædvanligvis blive efterfulgt af vinterhvede, og i konventionel produktion kan man enten bekæmpe spildplanterne ved en kemisk bekæmpelse eller ved en grundig jordbearbejdning (pløjning eller flere stubharvninger) forud for etablering af vinterhvede. Den almindelige bekæmpelse af tokimbladet ukrudt i hveden vil være effektiv over for eventuelle nyfremspirede rapsspildplanter.

Efter optagning af kartofler udføres mekanisk jordbearbejdning om efteråret til bekæmpelse af gengroninger. Normalt efterfølges kartofler af en vårsædsafgrøde, og den almindelige bekæmpelse af tokimbladet ukrudt vil være effektiv til bekæmpelse af frø-fremspirede spildkartofler. Gengroede kartofler, der ikke er blevet ødelagt af frost, vil ikke blive fuldt bekæmpet ved den generelle ukrudtsbekæmpelse i vårsæd. Der er selektive midler til rådighed, og endvidere kan man udføre en

glyphosat sprøjtning før høst i kornet. Hvis gengroede kartofler har udviklet nye knolde vil hovedparten af disse miste spireevne ved glyphosat behandlingen. Midlerne er dog ikke fuldt effektive ligesom fuld effekt af glyphosat behandlingen forudsætter, at spildkartoflernes bladmasse er intakt på behandlingstidspunktet.

Optagning af roer strækker sig gennem hele efteråret, og i år med store nedbørsmængder i optagningsperioden kan den fortsætte helt frem til begyndelsen af januar på grund af problemer med færdes i marken. Af denne årsag, og fordi roer fortrinsvis dyrkes på lerjorde, er det ikke muligt at foretage mekanisk bekæmpelse af overliggere. I stedet foreslås en dyb nedpløjning for at forhindre, at overliggende roer bliver et problem i den efterfølgende afgrøde. Normalt efterfølges roer af en vårsæd, og den almindelige bekæmpelse af tokimbladet ukrudt vil være effektiv til bekæmpelse af frøfremspirede ukrudsroer. Den vil tilsvarende have effekt på de nedpløjede roer, som måtte være i stand til at spire. Eventuelle overvintrende roer, som ikke har været nedpløjet i tilstrækkelig dybde, kan medføre et behov for en mekanisk destruktion eventuelt i kombination med en kemisk bekæmpelse forud for etablering af vårsædsafgrøden.

Spildplanter af raps anerkendes ikke som en mellemafgrøde, men hvis de udgør et ensartet plantedække forventes deres evne til opsamling af kvælstof at være på niveau med de godkendte mellemafgrøder gul sennep og olieræddike. Kartoffler (stivelse) og bederoer har kvælstofoptagelse i efteråret og indgår ikke i efterafgrødegrundarealet, dvs. der er ikke noget krav om efterafgrøder i efteråret efter disse to afgrøder. De foreslåede tiltag til sikring af sameksistens forventes derfor ikke at medføre øget kvælstofudvaskning i efteråret.

Økologisk produktion

Omlægning af et areal, hvor der tidligere har været dyrket GM-raps, til økologisk drift kræver en flerårig strategi, hvor afgrødevalget i sædskiftet tilrettelægges i henhold til mulighederne for reduktion af frøpuljen.

Det er vanskeligt at bekæmpe spildraps i bredsåede afgrøder som korn og bælgssæd, hvor ukrudtsharvning erfaringsmæssigt har ringe effekt mod korsblomstrede arter. Rækkedyrkning og radrensning af korn, majs og bælgssæd giver heller ikke en tilstrækkelig bekæmpelse, da spildraps kan etablere sig i rækken og dermed ikke bliver bekæmpet. Der er bedre muligheder for bekæmpelse i rækkeafgrøder som f.eks. grønsager og roer, hvor ukrudt mellem rækkerne kan bekæmpes ved radrensning, og hvor ukrudt i rækken om nødvendigt kan bekæmpes ved håndlugning.

Kløvergræsmarker og grøngødningsafgrøder med mulighed for afhugning af bladmassen, inden rapsens frø er spiredygtige, er en anden løsning til udtømmning af jordens pulje af rapsfrø. Endvidere vil braklægning med jordbearbejdning samt ukrudtsharvninger (falsk såbed) mellem to afgrøder også kunne nedbringe frøpuljen.

Bekæmpelse af gengroinger af kartofler og overliggere af roer vil som i konventionel produktion udføres som mekanisk jordbearbejdning og pløjning om efteråret i selve dyrkningsåret. I den efterfølgende afgrøde vil frøfremspirede kartofler eller ukrudtsroer blive bekæmpet på lige fod med tokimbladet ukrudt ved den mekaniske bekæmpelse (ukrudtsharvning eller radrensning). Gengroinger af

eventuelle overvintrende kartofler og roer vil dog ikke blive bekæmpet ved en ukrudtsharvning, men kan bekæmpes ved radrensning i rækkeafgrøder.

Som det fremgår af ovenstående kan kravet om spildplantebekæmpelse efter dyrkning af GM-raps medføre restriktioner i afgrødevalget i økologisk produktion. Det har dog stor betydning for valg af strategi, på hvilket tidspunkt omlægningen påbegyndes eksempelvis om den startes umiddelbart efter dyrkningen af GM-raps, eller om GM-raps dyrkningen fandt sted for 8 år siden, hvor der i den mellemliggende periode er bekæmpet spildplanter.

Dyrkning af økologisk raps er beskeden, og den udgør ca. 0,3% af det økologiske areal. En væsentlig årsag hertil er vanskeligheder med bekæmpelse af rapsspildplanter i de efterfølgende afgrøder. Derfor har man i økologiske sædskifter 4-6 års interval mellem to afgrøder af raps, hvor sameksistens virkemidlerne foreslår et krav på 12 år efter dyrkning af GM-raps.

Omlægning til økologisk produktion efter dyrkning af GM-kartofler eller GM-roer forventes ikke at medføre restriktioner i afgrødevalget i forhold til normal praksis i økologiske sædskifter.

Samlet konklusion

Der er over en årrække udført meget omfattende udredningsarbejder i dansk og EU regi vedrørende sameksistens af GM-, konventionelle og økologiske afgrøder. Der er opnået detaljerede data for en række parametre af betydning for utilsigtet indblanding under dyrkning og håndtering af afgrøderne og angivet virkemidler til reduktion af utilsigtet indblanding.

Det fremgår imidlertid også klart, at der stadigvæk er uklarhed over den måske vigtigste parameter, nemlig GM-indholdet i udsæden, som er udgangspunkt for planteproduktionen. Niveaue for GM-indhold i udsæd har betydning for valg af de virkemidler, som er nødvendige til sikring og opretholdelse af sameksistens. Såfremt det er teknisk muligt at fremstille GM-fri udsæd (<0,1% GM) uden væsentlige merudgifter vil eksempelvis afstandskrav kunne reduceres betragteligt. Det er imidlertid vanskeligt at forestille sig, at udsæd af denne kvalitet ikke vil være dyrere end den konventionelle udsæd. Der er altså et helt klart behov for en afklaring af de tekniske muligheder og økonomiske aspekter i forbindelse med fremstilling af GM-fri udsæd (<0,1% GM).

INDLEDNING

Fødevareministeriet har anmodet Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet (DJF) ved Aarhus Universitet om at levere anbefalinger til dyrkningsafstande og dyrkningsintervaller, som kan opfylde krav om såvel maksimalt 0,9% som 0,1% GM-indhold i naboafgrøder til marker med genmodificerede majs, kartofler, bederoer, raps, hvede og byg. I den udstrækning, det er videnskabeligt relevant, er yderligere virkemidler inddraget.

Udgangspunkt for arbejdet har været Udredningsgruppens rapporter fra henholdsvis 2003 og 2007, samt den nyeste internationale viden inden for området. Endvidere har DJF indhentet kommentarer fra de forskningsinstitutioner, som er repræsenteret i Udredningsgruppen.

Plantedirektoratet (PD) har nedsat en ”Følgegruppe for revision af reglerne for dyrkning af GMO-afgrøder i Danmark”. Gruppen blev ved møde den 22. februar indbudt til at fremkomme med kommentarer ud fra en faglig og praktisk synsvinkel til den rapport, DJF havde fremsendt til PD medio februar. Jævnfør referat fra mødet foreslog følgegruppen blandt andet, ”at der blev indarbejdet et generelt afsnit, der opsummerede konsekvenserne af sameksistens for økologisk drift, herunder mulighederne for bekæmpelse af spildplanter samt eventuelle konsekvenser for afgrødevalget i sædskiftet for de jordbrugere, der ønsker at omlægge til økologisk produktion efter, at der f.eks. har været dyrket GM-raps på arealet”. Følgegruppen foreslog samtidig, at det generelle afsnit kom til at indeholde oplysninger om eventuelle vanskeligheder, som de foreslåede virkemidler giver i forhold til anden lovgivning.

DJF har efterfølgende udarbejdet afsnittet ’Konsekvenser af sameksistens virkemidler’, som primært tager udgangspunkt i virkemidlernes effekt 1-2 år efter omlægning fra GM-dyrkning til økologisk eller konventionel drift uden brug af GM-afgrøder. Vi har udformet afsnittet, så det for de respektive afgrøder tager fat i de væsentligste punkter, men på grund af den korte tidsfrist for besvarelse har vi ikke kunnet behandle de enkelte punkter i dybden og for hele den foreslåede periode for sanering efter GM-afgrøden.

Den danske lov om sameksistens

Verdens første lov om sameksistens - Lov om dyrkning m.v. af genetisk modificerede afgrøder¹ - blev vedtaget af Folketinget den 9. juni 2004. Den blev efterfulgt af Bekendtgørelse om dyrkning m.v. af genetisk modificerede afgrøder², som trådte i kraft den 9. april 2005 samt af Bekendtgørelse om kompensationsordning³, som trådte i kraft den 17. december 2005. Afgrøderne majs, kartofler og bederoer er omfattet af bekendtgørelsen nr. 220. Efter aftale med de politiske partier bag loven blev sameksistensloven evalueret to år efter dens ikrafttræden.

Udredningsgruppen blev i juli 2002 nedsat under: ”Kommissorium for arbejdet med sameksistensstrategien” og havde til opgave at:

- foretage en faglig udredning af kilder til spredning fra genetisk modificerede produktionsformer til konventionelle og økologiske produktionsformer
- vurdere omfanget af spredning samt behovet for virkemidler
- identificere samt vurdere mulige virkemidler til at sikre sameksistens mellem genetisk modificerede, konventionelle og økologiske produktionsformer.

Arbejdet blev afsluttet med ”Rapport fra Udredningsgruppen vedrørende sameksistens mellem genetisk modificerede, konventionelle og økologiske afgrøder” (Tolstrup *et al.*, 2003), som herefter kaldes Udredningen fra 2003. Efterfølgende udarbejdedes ”Supplerende rapport fra Udredningsgruppen vedrørende Sameksistens mellem genetisk modificerede, konventionelle og økologiske afgrøder” (Tolstrup *et al.*, 2007) herefter kaldet Supplerende rapport fra 2007.

Udredningsgruppen består af Sven Bode Andersen og Morten Gylling, KU-LIFE; Gösta Kjellsson, DMU AU; Svend Pedersen, Plantedirektoratet; Hanne Østergård/Rikke Bagger Jørgensen, Risø DTU; samt Birte Boelt, Preben Bach Holm og Karl Tolstrup DJF AU. Desværre mistede gruppen i 2010 sin formand Søren A. Mikkelsen, tidligere vicedirektør i Danmarks JordbrugsForskning, efter længerevarende sygdom. Søren A. Mikkelsen var en meget betydelig inspirator og drivkraft i det danske udredningsarbejde.

Det Europæiske Sameksistens Bureau

Det Europæiske Sameksistens Bureau (The European Coexistence Bureau (EcoB)) blev etableret i 2008 af Generaldirektoratet for Landbrug og Udvikling af Landdistrikter (DG AGRI) og Det Fælles Forskningscenter (Joint Research Centre (JRC)). Hensigten med Bureauet er en implementering af EU's Landbrugsråd's (EU Agriculture Council) beslutning af 22 maj 2006, hvor Kommissionen anmodes om, i et tæt samarbejde med medlemsstaterne og interesseorganisationerne, at tage initiativer vedrørende sameksistens mellem dyrkning af genetisk modificerede og ikke-modificerede afgrøder. Landbrugsrådet anmodede Kommissionen om at identificere de bedste procedurer for adskillelse og at udvikle afgrøde-specifikke vejledninger for regulering af sameksistens, hvor medlemsstaterne samtidig gives den nødvendige fleksibilitet til at tilpasse anbefalingerne til deres specifikke klimatiske og landbrugsmæssige betingelser.

¹ Lov nr. 436 af 9. juni 2004 om dyrkning m.v. af genetisk modificerede afgrøder

² Bekendtgørelse nr. 220 af 31. marts 2005 om dyrkning m.v. af genetisk modificerede afgrøder

³ Bekendtgørelse nr. 1170 af 7. december 2005 om kompensation for tab på grund af visse forekomster af genetisk modificeret materiale

EcoB er geografisk placeret i JRC's Institute for Prospective Technological Studies (IPTS) i Sevilla, Spanien og består af et videnskabeligt sekretariat (permanent JRC stab og udstationerede nationale eksperter) samt afgrøde-specifikke tekniske arbejdsgrupper (TGWs), der udgøres af tekniske eksperter udpeget af medlemsstaterne. For nærværende er der etableret én arbejdsgruppe med deltagelse af eksperter fra 20 medlemsstater.

Det første resultat af sekretariatets og arbejdsgruppens arbejde er et såkaldt Best Practice Document (BPD, Czarnak-Klos & Rodriguez-Cerezo, 2010) indenfor sameksistens i majs, der ud fra den til rådighed værende videnskabelige litteratur giver en række anbefalinger til håndtering af sameksistens for dyrkning af GM- og ikke-GM majs. Det er intentionen med dokumentet at hjælpe medlemsstaterne i udviklingen af deres nationale sameksistenslovgivning. Rapportens anbefalinger er et resultat af behandling i arbejdsgruppen baseret på sekretariatets og arbejdsgruppens skriftlige oplæg og er at betragte som et konsensusdokument.

Afgrænsning og forudsætninger

Efter forespørgsel hos Plantedirektoratet er det oplyst, at udgangspunkt vedrørende GM-indhold i udsæd skal være det samme som i Udredningen fra 2003 – det vil sige <0,1% for økologisk udsæd generelt og 0,3 eller 0,5% for konventionel udsæd afhængigt af afgrøde (0,3% for raps, 0,5% for majs, bederoe, kartoffel, byg og hvede). Disse tærskelværdier for utilsigtet GM-forekomst i udsæd fremkom oprindeligt som forslag i EU's Stående Komite for Frø og Vegetativt Formeringsmateriale. Spørgsmålet om fastsættelse af tærskelværdier blev i 2003 flyttet over i EU-kommissionens generaldirektorat for miljø. Der er på nuværende tidspunkt ikke konkrete forslag til tærskelværdier.

Ligeledes er det oplyst, at opgørelserne af de maksimale GM-indhold på 0,9 og 0,1% skal foretages ved første handelsled ("farm gate").

Udredningen fra 2003 opstillede specifikke virkemidler for sameksistens i udsædsproduktion i henhold til ovennævnte tærskelværdier. Da der for øjeblikket ikke foreligger konkrete forslag til tærskelværdier i udsæd er dette emne ikke særskilt behandlet, men de virkemidler, som er foreslået til opretholdelse af maksimalt 0,1% utilsigtet GM-indhold i produktet (Tabel 1), kan anvendes i forbindelse med udsæd i henholdsvis økologisk og konventionel produktion. En undtagelse herfor er dog bederoer, hvor der i Udredningen fra 2003 er angivet særskilte afstandskrav (2000 m) i forbindelse med udsædsproduktion. For opretholdelse af maksimalt 0,3 eller 0,5% utilsigtet GM-indhold i konventionelt produceret udsæd henvises til Udredningen fra 2003.

Kvantifikationsgrænse på 0,1% for høstede afgrøder

Udarbejdet af Lotte Hougs, Plantedirektoratet

De metoder, der i dag er tilgængelige til at identificere og kvantificere GMO, er som regel udviklet af de firmaer, der ejer den enkelte GMO. Disse metoder er udviklet på baggrund af et ønske om at få GMO'en godkendt til salg i f.eks. EU. Metoderne benyttes i stort omfang af offentlige kontrollaboratorier eksempelvis for at kunne håndhæve EU-lovgivningen.

EU-lovgivningen har en mærkningstærskelværdi på 0,9% for utilsigtet og teknisk uundgåelig indblanding inden et foder- eller fødevarerprodukt skal mærkes for indhold af GMO. Metoderne er valideret i multilaboratoriestudier og kravene for godkendelse af metoden i EU er tilpasset denne tærskelværdi. Således skal metoden kunne kvantificere materiale med et GM-indhold på 10 gange mere eller mindre end tærskelværdien samt have en detektionsgrænse på 20 gange højere eller lavere end tærskelværdien. Det betyder, at metoden forventes at kunne kvantificere GM-indholdet ned til 0,09% og detektere ned til 0,045%.

Der er flere faktorer, der påvirker en metodes kvantifikationsgrænse. DNA oprensningmetoden, der benyttes til en lang række forskellige afgrøder, kan være mere eller mindre effektiv for den enkelte afgrøde. F.eks. er det lettere at oprense DNA fra sojabønner end fra majskeer.

Afgrødens genomstørrelse har indflydelse på, hvor meget DNA der som udgangspunkt skal bruges for at opnå samme analysefølsomhed. Genomstørrelsen for majs er ca. 2,5 mia. basepar/haploid-genom, medens den for hvede er ca. 16 mia. basepar/haploid-genom. Desuden kan der bare være 1 af de 2 nedarvede genomer, der bærer genmodificeringen i en majske, medens det for hveden kan være bare 1 af de 6 nedarvede genomer, der bærer genmodificeringen. Dette giver potentielt en forskel på ca. 20 gange i den mængde DNA fra majs eller hvede, der skal bruges til kontrol for at opnå den samme følsomhed.

Det nedarvede genom kan bidrage med forskelligt antal kopier i et frø. Det genom, der kommer fra pollen, udgør f.eks. kun 34-36% af den samlede DNA-mængde i en majske.

Fordelingen af GM-materiale, der stammer fra pollenspredning, vil ikke være ligeligt fordelt over hele marken, hvilket har betydning for prøvetagningsstrategien. I laboratoriet pulveriseres prøven og efterfølgende må man antage, at GM-fordelingen er homogen.

Med det nuværende eksperimentelle kendskab til metoderne vil det i nogle tilfælde ikke være muligt at nå 0,1% i en kvantifikation eller bare i en påvisning af en GMO. For f.eks. ris- og sojaafgrøder vil en lavere kvantifikation end 0,1% være mulig, men for majs er 0,1% på grænsen for, hvad rutineundersøgelserne kan kvantificere. Grænsen på 0,1% for kvantifikation vil sandsynligvis ikke kunne opnås for f.eks. hvede.

GENSPREDNING

Pollenspredning

Hos nogle afgrøder kan planten bestøves med pollen fra sine egne blomster (selvbestøvning), mens de fleste afgrøder skal eller kan bestøves med fremmed pollen (fremmedbestøvning). Velkendte selvbestøvede afgrøder inkluderer byg og hvede, mens raps er eksempel på en plante, der både kan selv- og fremmedbestøves.

Pollenspredning og bestøvning af vore dyrkede afgrøder foregår normalt ved hjælp af vinden eller med nektar- og pollensamlende insekter. Nogle planter er primært tilpasset vindbestøvning (f.eks. majs og de fleste græsser), mens andre (f.eks. kløver og lucerne) overvejende bestøves af insekter. Nogle planter, f.eks. raps, bliver dog både bestøvet af insekter og med vinden.

Vindbestøvning

Forskning i pollenspredning ved hjælp af vinden fik stort fokus på et tidligt tidspunkt i debatten omkring genspredning fra GM-afgrøder. Emnet er indgående behandlet i Udredningen fra 2003 for afgrøderne raps og græsser, samt i Supplerende rapport fra 2007 i forbindelse med afsnittet om majs. Mange undersøgelser har taget sigte på at undersøge, hvor langt pollen kan spredes fra kilden bl.a. ved at udplante pollensterile han-planter, der typisk anvendes i forsøg, hvor målet er at bestemme den potentielle afstand for pollenspredning. Pollen kan spredes flere kilometer væk fra kilden, men pollentætheden aftager meget stærkt ved stigende afstand fra kilden. For afgrøderne raps, majs og bederoer er udarbejdet modeller for genspredning, som simulerer pollenspredning (se de respektive afgrøde-afsnit). Siden Supplerende rapport 2007 er udarbejdet flere review artikler vedrørende pollenspredning bl.a. Giesecke *et al.* (2010); Mallory-Smith & Zapiola (2008) samt Marceau *et al.* (2011). Sidstnævnte refererer et modelstudie i majs, hvor den daglige og sæsonbestemte pollenfrigørelse og klimafaktorenes indvirkning på disse indgår i modellen.

Insektbestøvning med honningbier

Bestøveres rolle i forbindelse med genspredning fra GM-afgrøder er langt mindre undersøgt end vindspredning. Det gælder også for Udredningen fra 2003 og Supplerende rapport fra 2007. Derfor gives i det følgende en mere uddybende beskrivelse af emnet.

Mere end 70% af samtlige blomstrende kulturplantearter har behov for insektbestøvning (Klein *et al.*, 2007). Honningbierne er de vigtigste bestøvere under danske forhold, men også vilde bier og forskellige andre insekter udøver en del bestøvning.

Honningbier har et stort nektar- og pollenforbrug – omkring 200 kg nektar og 35 kg pollen pr. år pr. bifamilie (Svendsen, 1991; Seeley, 1985). Nektar og pollen kan samles fra et meget stort område – den største aktivitet foregår inden for en radius på under 6-800 m omkring bistadet (Waddington *et al.*, 1994), men arbejderbier kan med lethed flyve så langt væk som 6-9,5 km fra stadet (Beekman & Ratnieks, 2000).

Størstedelen af en bifamilies bier vil samle nektar eller pollen fra en bestemt planteart (blomsterfasthed), så længe de finder den attraktiv i forhold til andre plantearter, der blomstrer på samme tid (Maurizio, 1953). Dette udelukker dog ikke, at én gruppe fra bifamilien trækker på en sort af en planteart, mens en anden gruppe trækker på en anden sort (Free, 1993), f.eks. en GM-sort af samme planteart. Endvidere er trækbier ofte enten nektarsamlere eller pollensamlere, hvilket betyder, at en bifamilies individer på et givent tidspunkt af året kan være i kontakt med flere plantearter. Dette forstærkes af bifamiliens store arbejdsstyrke – er der kun trækgrundlag til et begrænset antal af samlerne på ét sted, vil de resterende samle føde fra planter af ringere kvalitet eller søge længere væk. Pollen kan overføres ved nærkontakt mellem individerne i stadet (Free, 1993), og selv om pollen på en bis krop ret hurtigt mister spireevne (Free, 1993), så er der potentielt mulighed for, at denne nærkontakt i stadet kan medvirke til pollenspredning mellem plantearter og sorter. Denne mulighed eksisterer også i kraft af, at bierne skifter til nye arter af trækplanter, når de(n) hidtidige art(er) ikke længere er attraktiv(e) (Free, 1993). Endelig kan det forekomme, at pollen fra en planteart, som ikke besøges af honningbier, med vinden føres til andre, honningbi-besøgte plantearter (GMO Compass, 2007), hvor bierne uden aktiv medvirken kan få dette pollen på kroppen.

Biavlere udfører såkaldt vandringsbiavl, dvs. flytter deres bifamilier rundt i landet gennem sæsonen, heraf en del til bestøvningsformål (Hansen *et al.*, 2006). Bifamilierne vil efter flytningen normalt have et forråd af pollen indsamlet på den oprindelige lokalitet i tavlerne. Antagelig går størstedelen af det indsamlede pollen til fodring af larver, men der er mulighed for, at pollen kan passere mellem bierne i stedet og således havne på trækbier (Ramsay *et al.*, 1999). Imidlertid synes risikoen for, at der med vandring kan ske en spredning af transgener over afstande, som bierne ikke kan tilbagelægge uden biavlerens hjælp, at være forsvindende lille, idet pollen på en bis krop som nævnt hurtigt mister vitalitet.

Honningbiernes pollenspredning formodes at være størst fra GM-afgrøder, som hyppigt besøges med henblik på pollenindsamling (f.eks. raps (McGregor, 1976)). I mindre omfang kan spredning formodentlig også ske fra GM-afgrøder, som primært benyttes til nektarindsamling, idet bierne får pollen på sig under deres fødesøgning. Pollen fra GM-afgrøder, som hverken er pollen- eller nektarmæssigt interessante (f.eks. kartoffel (Free, 1993)), antages derimod kun at spredes med honningbier i meget begrænset omfang.

Frøspredning

Under væksten og i forbindelse med høst af korn og frø sker der et tab af frø/kerner. Majs, hvede og byg har en meget begrænset spirehvile og overlevelsen af frø i jord er meget begrænset. Frø af raps har en lav spirehvile, men kan udvikle sekundær spirehvile og opbygge en persistent frøbank. Denne egenskab betyder, at der kan foregå en spredning i tid. Ved dyrkning af økologisk eller konventionel raps på et areal hvor der tidligere har været dyrket GM-raps må der forventes fremspiring og indblanding fra den tidligere dyrkede GM-sort. Ved konventionel dyrkning vil det være muligt at reducere indblanding til meget lave niveauer ved at kombinere metoder, der sikrer en hurtig omsætning af spildfrø i kombination med en effektiv bekæmpelse af fremspirede spildplanter. I økologisk dyrkning må det forventes, at der er behov for længere tid for at nå ned på et tilsvarende niveau, da det ikke er muligt at bekæmpe spildplanter med samme høje effektniveau.

På den måde kan dyrkning af GM-afgrøder, hvis frø kan opretholde spireevnen i lang tid, få betydning for et areals fremtidige anvendelse til økologisk og konventionel avl.

FAGLIG GENNEMGANG, AFGRØDER

RAPS

Dyrkningspraksis og anvendelse i Danmark

I Danmark dyrkes to former af raps (*Brassica napus*), primært vinterraps (efterårssået raps) og i mindre omfang vårraps (forårssået raps) (Tabel 2). Afgrøden bruges til fødevarer, foder og til energiformål.

Tabel 2. Dyrkningsareal med raps i Danmark i 2002, 2006 og 2010.

Dyrkningsår	2002	2006	2010
Konventionelt dyrket vinterraps(produktion)	75.000 ha	122.400 ha	164.395 ha
Konventionelt dyrket vårraps(produktion)	6.000 ha	2.100 ha	1.123 ha
Konventionel dyrket vinterraps (udsæd)	600 ha	300 ha	147 ha
Konventionel dyrket vårraps (udsæd)			236 ha
Konventionelt dyrket raps i alt (afrundet)	81.600 ha	124.800 ha	165.901ha
Økologisk dyrket vinterraps (produktion)	800 ha	790 ha	500 ha
Økologisk dyrket vårraps (produktion)	80 ha	10 ha	22 ha
Økologisk dyrket raps (udsæd)	10 ha	0 ha	0 ha
Økologisk dyrket raps i alt (afrundet)	890 ha	800 ha	522 ha
I alt raps (afrundet)	82.500 ha	125.600 ha	166.423 ha

Kilde: Udtræk af oplysninger om markplan fra ansøgning om enkeltbetaling 2010 pr. 1. januar 2011. Udtrækket er bearbejdet af Inge T. Kristensen (DJF AU).

Arealet med raps er steget med ca. 33% i forhold til 2006, og stigningen skyldes en øget dyrkning af vinterraps, mens vårraps-arealet er faldet. På grund af sædskiftesygdomme forventes det samlede rapsareal dog ikke at kunne øges til mere end ca. 250.000 ha svarende til ca. 10% af det dyrkede areal.

Der var i 2010 produktion af udsæd af vinterraps på 147 ha, og det er ikke tilstrækkeligt til at dække det danske behov. I bedste fald kan det dække 40-50% af behovet, så der foregår en betydelig import af raps udsæd produceret i andre europæiske lande, fortrinsvis Tyskland og Frankrig. I 2010 var arealet med vårraps til udsæd 236 ha. I 2002 var arealet tilsvarende 84 ha (Udredningen fra 2003) og i 2006 på 78 ha (Supplerende rapport fra 2007).

Det økologiske areal med raps er faldet siden 2006 og udgjorde i 2010 ca. 0,3% af det samlede rapsareal. De økologiske rapsproducenter dyrker også hovedsageligt vinterraps.

Erfaringer med GM-raps i Danmark

Der har ikke været forsøgsudsætninger af raps i Danmark siden 2003, og afgrøden er ikke omfattet af regler for GM-dyrkning.

Erfaringer med GM-raps uden for Danmark

Der er p.t. ingen kommerciel produktion af GM-raps i EU. Der findes store arealer med GM-raps i USA og Canada; det drejer sig hovedsageligt om GM-raps med herbicidtolerance. Samtlige større stater i Australien har nu tilladt dyrkning af GM-raps med herbicidtolerance, og i 2009 udgjorde produktionen af GM-raps 1.1 mio. hektar svarende til 4% af rapsarealet i Australien (GMO Compass, 2009).

Produktionen foregår i henhold til udarbejdede stewardship programs, som bl.a. indeholder retningslinier for isolationsafstand (AFAA, 2010).

Kilder til spredning

Rapsplanter kan både selvbestøves og fremmedbestøves via vind og insekter. Graden af selvbestøvning varierer mellem sorter, i relation til miljøforhold og i forhold til de forsøgsdesign, hvor det er målt. Den generelle grad af selvbestøvning i raps skønnes at være 70%. Raps har flere vildtvoksende slægtninge og en række beslægtede afgrøder, hvormed den naturligt kan danne krydsningsafkom. De dyrkede typer er kålroe, turnips, ryps og sareptasennep. Det dyrkede areal med disse afgrøder udgør stadig langt mindre end 0,1% af det samlede danske areal i omdrift. Også havekål kan i sjældne tilfælde danne spontant krydsningsafkom med raps.

Ny viden

Pollenspredning foregår hovedsagelig mellem rapsmarker, men pollen kan også spredes fra spildplanter af raps i marker eller fra naturaliserede populationer langs veje, i grøftekanter, på byggepladser m.m. Siden opdatering af den Supplerende rapport fra 2007 er der udført flere omfattende undersøgelser af pollenspredning i raps. I et review af Beckie og Hall (2008) diskuteres de forskellige typer af modellering af pollenspredning, og deres egnethed i forskellige scenarier vurderes.

Rapspollen kan spredes med vinden eller bestøvende insekter. Honningbier kan medvirke ved spredning af pollen over kortere afstande (under 11 m) (Funk *et al.*, 2006), men de kan også i visse tilfælde medvirke ved spredning af rapspollen over længere afstande (under 800 m) (Ramsay *et al.*, 1999). Rapspollen kan spredes i flere kilometers afstand fra marken, men der er modstridende opfattelser af hvilken faktor, der er mest betydende for denne langdistance-pollenspredning. Nogle tillægger bestøvere (primært humlebier og honningbier) størst vægt (Rieger *et al.*, 2002; Cresswell *et al.*, 2002, 2004; Ramsay *et al.*, 2003), mens andre mener, at vindspredning er mest betydende (Timmons *et al.*, 1996; Wilkinson *et al.*, 2003). En modelanalyse baseret på litteratur og eksperimentelle data omkring betydningen af henholdsvis vind- og insektbestøvning af raps synes imidlertid at indikere, at det er vindbestøvning og ikke honningbi- og humlebibestøvning, som er mest betydende for genspredning mellem marker (Hoyle *et al.*, 2007). Forskelle i rapssorters nektarmængde og -kvalitet kan detekteres af bier, og det kan være af betydning for andelen af insektbestøvning.

Hüsken & Dietz-Pfeilstetter (2007) har sammenstillet en lang række pollenspredningsforsøg og finder, at i 10-20 m afstand fra pollenkilden vil krydsbestøvning være mellem 0,33 – 0,40%. Ved 50-100 m er krydsbestøvningen reduceret til 0,04 – 0,11%. Det skal dog påpeges, at hovedparten af de refererede undersøgelser er udført i forsøgsplot eller små marker bortset fra de engelske Farm Scale Evaluations i marker på 10 ha og fra australske undersøgelser i marker på 25 – 100 ha (Rieger, 2002), som begge indgår i reviewet. Endvidere påpeges, at hovedparten af krydsbestøvning sker inden for de første 10 m af modtage-marken. Forfattere foreslår derfor, at en bufferzone i ikke-GM-afgrøden vil være mere effektiv til reduktion af GM-spredning end en isolationsafstand mellem marker.

Der er gennemført en række danske undersøgelser omkring frekvensen for dannelse af ukrudtshybrider mellem raps og agerkål samt andre beslægtede arter (Jørgensen *et al.*, 2009). Frekvensen varierer betydeligt i relation til genetiske og miljømæssige forhold, plantetæthed af de respektive arter, dyrkningspraksis og forældreplanternes genotype. Tilsvarende varierer hybridernes overlevelsessevne (fitness). Potentielle GM-egenskaber som øget tolerance over for abiotisk stress vil sandsynligvis øge ukrudtshybridernes overlevelsessevne (Warwick *et al.*, 2009).

Ukrudtshybrider kan etableres uden for det dyrkede areal. Undersøgelser omkring herbicidresistente ukrudtshybriders overlevelse i Canada viste, at hybridernes antal faldt væsentligt over en tre-årig periode (Warwick *et al.*, 2008), men overlevelsesniveauet vil variere med GM-egenskaben og de vækstforhold, som planten udsættes for uden for det dyrkede areal, som eksempelvis konkurrence fra andre ukrudtsarter, afslåning etc.

Reduktion af pollenspredning mellem sorter af vårraps som følge af forskudt såning er testet i Canada med nogen succes (Simard *et al.*, 2009), men det er usikkert, hvorvidt der kan opnås tilsvarende resultater under danske dyrkningsforhold.

Frøspredning

Raps har et stort frøspild ved modenhed og høst, da skulperne kan springe op ved modenhed eller som følge af forudgående insektangreb. Næsten uanset om afgrøden holdes fri for insektskade og høstes rettidig er frøspild i forbindelse med høst umuligt at undgå. I litteraturen angives frøspild i størrelsesordenen 10.000 frø pr. m², men det kan variere betydeligt.

Raps frø har normalt ikke spirehvile ved modenhed (Lutman, 1993; Pekrun *et al.*, 1998). Frøene kan imidlertid udvikle sekundær spirehvile, såfremt de udsættes for eksempelvis mørke i kombination med osmotisk stress (Momoh *et al.*, 2002; Pekrun *et al.*, 1997). Den største omsætning af spildfrø efter høst opnås derfor såfremt frøene efterlades på jordoverfladen uden jordbearbejdning så længe som muligt (Pekrun & Lutman, 1998, Hall *et al.*, 2009), og i hvert fald indtil der har været en fugtig periode med spiringsbetingelser (Rasmussen, 2004). Hvis frøene derimod indarbejdes straks efter høst kan der opbygges en persistent frøbank, som kan give anledning til fremspiring og etablering af en bestand af spildplanter i en årrække efter dyrkningen. Persistensen af indarbejdede frø varierer afhængig af en række faktorer.

Undersøgelser har således vist:

- At levedygtigheden stiger jo dybere i pløjelaget frøet er begravet (Schlink, 1995).
- At der kan være forskelle i levedygtighed af frø af forskellige sorter (Lutman & Lopez-Granados, 1998; Pekrun *et al.*, 1997; Gruber *et al.*, 2004).
- At der er (meget) stor variation i levedygtigheden af frø af samme sort produceret i forskellige høstår (Lutman & Lopez-Granados, 1998).
- At jordtypen påvirker levedygtigheden (Lutman & Lopez-Granados, 1998).
- At der, formentlig som følge af mikroklima, kan forekomme store forskelle i levedygtighed af frø af samme oprindelse (Lutman, 1993).

Ud fra disse og en række andre undersøgelser konkluderes det, at levedygtighed af rapsfrø i jord kan være længere end 10 år. I Sverige fandt D'Hertefeldt *et al.* (2008) GM-spildplanter på arealer, hvor der 10 år tidligere havde været gennemført udsætningsforsøg med GM-raps. Efter høst var gennemført en overfladisk jordbearbejdning. I undersøgelser på tre danske arealer fandt Jørgensen *et al.* (2007) 6-32% spildplanter af sorter, som var dyrket på samme areal 4-17 år tidligere.

Messean *et al.* (2007) gennemførte en undersøgelse med 18 storskala forsøg, hvor konventionel raps blev dyrket på arealer, hvor der 3-8 år tidligere var dyrket GM-raps. I 6 af de 18 tilfælde var indholdet

af GM-frø i høstvaren over de 0,9%, og i et enkelt tilfælde udgjorde GM-frø 18% af høstvaren. I de 6 tilfælde, hvor grænseværdien på 0,9% indhold var overskredet, lå dyrkningen af GM-afgrøden mellem 5-6 år forud for den konventionelt dyrkede raps. Tilsvarende undersøgelser af forekomsten af planter af tidligere dyrkede sorter er foretaget af Andersen *et al.* (2010) i 9 økologisk dyrkede rapsmarker. I den sidstnævnte undersøgelse blev der analyseret for forekomst af sorter, der var dyrket 8-11 år tidligere på arealet. Resultatet fra denne undersøgelse indikerede, at indholdet af den tidligere dyrkede sort ville kunne overstige grænseværdien på 0,9%.

Raps kan etablere sig uden for de dyrkede arealer som følge af frøspild under transport, fra landbrugsredskaber mm. Undersøgelser fra Danmark, Storbritannien, Tyskland og Frankrig viser, at de findes i meget varierende omfang fra 0,37 – 15,4 planter pr. km² (Squire *et al.*, 2010). Frekvensen var højst i Frankrig (15,4 planter pr. km²), hvor andelen af raps i det dyrkede areal var 16,3% mod en frekvens på 0,70 planter pr. km² i Danmark (studieareal ved Bjerringbro), hvor raps udgjorde 6,7% af det dyrkede areal. Det angives i undersøgelsen, at i Danmark var 95% af populationerne påvirket af ukrudtsbekæmpelse mod 25% i Frankrig. Squire *et al.* (2010) konkluderer, at disse planter producerer frø svarende til <0,0001% af den høstede mængde frø i på et tilsvarende areal i en rapsmark. Frø fra spildraps uden for de dyrkede områder vil dermed ikke bidrage væsentligt til iblanding af genetiske urenheder i den høstede raps, men spildplanterne vil ligesom ukrudtshybrider være et reservoir for gener af tidligere dyrkede sorter inklusiv GM-egenskaber.

Tilsvarende har man i Canada, hvor GM-raps er blevet dyrket siden 1995 og nu omfatter 95% af det dyrkede areal med raps, undersøgt forekomsten af raps langs veje og markkanter (Knispel & McLachlan, 2010). På 93 – 100% af de undersøgte strækninger fandtes GM-raps, og inden for et areal af 110 m² fandt man mellem 0,7 og 60,6 planter langs veje og mellem 1,0 og 49,5 planter langs markkanter. Forfatterne foreslår, at personer og virksomheder, som transporterer og håndterer raps, inddrages i forhold til indførelse af retningslinjer for sameksistens. I et fransk studie undersøgte man, om rapsplanter langs veje kan fungere som spredningskilde for rapsfrø (Garnier *et al.*, 2008). Her blev frø anbragt i vejkanter, de fik lov at etablere sig, blomstre og tabe frø, hvis position og evne til at etablere nye planter blev undersøgt. Konklusionen var, at der kun forekom en meget begrænset spredning ud fra det sted frøene oprindeligt var anbragt, og at mange af de fremspirede planter ikke klarede konkurrencen med græs og andre ukrudtsplanter i vejkanter – særlig hvis vejkanter blev slået.

Der er udført en række franske undersøgelser omkring dyrkningssystemets indflydelse på forhold omkring sameksistens i raps, og hovedparten af disse indgår i et omfattende model- og simuleringsarbejde udført med GENESYS-modellen (Colbach, 2009). Modellen er beskrevet i udredningen fra 2003, hvor den daværende version blev anvendt for danske dyrkningsforhold. Modellen simulerer genspredning via pollen og frø mellem dyrket raps, spildplanter, og raps fra arealer uden for de dyrkede marker. Som variable i modellen inddrages den regionale fordeling af marker, dyrkningsteknik, sædskifte og informationer om de dyrkede sorter. Simuleringer med GENESYS-modellen viser, at forekomsten/dyrkningsintensiteten af GM-raps i et område, samt markstørrelse er af de væsentligste faktorer i relation til spredning af GM, som er størst i små modtage-marker. Endvidere viser modelkørslerne, at bekæmpelsesstrategi og –effekt over for spildplanter er helt afgørende for GM-spredningen, og efter det syvende dyrkningsår var isolationsafstande ikke tilstrækkeligt til at opretholde <0,9% GM-indhold i den høstede vare i medium- og høj-risiko dyrkningssystemer med mange spildplanter.

I et tidligere engelsk studie har (Begg *et al.*, 2006) simuleret forekomst af spildplanter af raps dyrket i et tre-årigt sædskifte med vinterhvede. Baseret på parametre som tab af frø ved høst, bekæmpelseeffekt i mellemafgrøder etc. blev indblanding af en tidligere dyrket sort beregnet. Modelkørsler viste, at det var muligt at reducere indholdet af en tidligere dyrket sort til 0,12% på 3 år, hvis der anvendes en kombination af de redskaber, der betinger en hurtig omsætning af spildfrø i kombination med en effektiv bekæmpelse af planter fra spildfrø så vedligeholdelse af frøbanken undgås. Såfremt kontrolforanstaltningerne blev anvendt enkeltvis, blev indholdet derimod først reduceret til under 1% efter et interval på 9 år. I økologisk dyrkning er der behov for et længere tidsinterval for at nå ned på et tilsvarende niveau, da det ikke er muligt at bekæmpe spildplanter med samme høje effektniveau.

Virkemidler

De vigtigste virkemidler til at reducere GM-spredningen er:

- en effektiv bekæmpelse af spildfrø efter høst
- anvendelse af certificeret udsæd
- bekæmpelse af spildplanter
- isolationsafstand
- dyrkningsinterval
- rensning af maskiner ved maskinfællesskab.

Konklusion

Rapsarealerne, der hovedsageligt består af vinterraps, er steget med 33% siden 2006, og raps dyrkes på ca. 10% af det dyrkede areal. De økologiske arealer udgør 0,3% af rapsarealet.

Den væsentligste faktor til GM-spredning i raps er spildplanter, og det anbefales derfor, at frø tabt før og under høstprocessen efterlades på jordoverfladen i efteråret og destrueres efter spiring (ved kemisk bekæmpelse eller pløjning). Endvidere skal anvendes certificeret udsæd i konventionel produktion, og certificeret udsæd med <0,1% utilsigtet GM-indhold i økologisk udsæd.

Til reduktion af pollenspredning foreslås en isolationsafstand på 150 m mellem GM-raps og konventionel ikke-GM og økologiske rapsmarker for opnåelse af <0,9% utilsigtet GM-indblanding og 500 m mellem GM-raps og konventionel ikke-GM og økologiske rapsmarker for opnåelse af <0,1% utilsigtet GM-indblanding.

Dyrkningsinterval mellem GM-raps og anden raps-afgrøde foreslås på 8 år i konventionel produktion for opnåelse af <0,9% utilsigtet GM-indblanding, og henholdsvis 8 år i konventionel og 12 år i økologisk produktion for opnåelse af <0,1% utilsigtet GM-indblanding. Eventuelle spildplanter skal bekæmpes i de mellemliggende afgrøder.

Da GM-indblanding i høj grad påvirkes af omfanget af anvendelsen af GM-raps, må fremtidige justeringer af virkemidler vurderes i takt med omfang af en fremtidig dyrkning af GM-raps.

MAJS

Dyrkningspraksis og anvendelse i Danmark

Majs (*Zea mays* L.) dyrkes primært til anvendelse som ensilage, hvor hele planten høstes. Dyrkningen er især udbredt i Jylland i forbindelse med de store kvægbrug. Der synes dog at være en stigende interesse for dyrkning af majs til modenhed og til konsum.

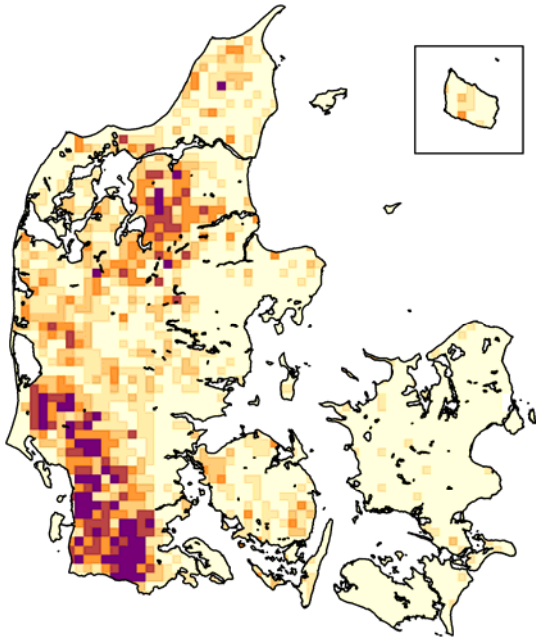
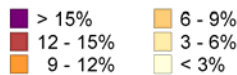
Tabel 3. Dyrkningsareal med majs i Danmark i 2002, 2006 og 2010.

Dyrkningsår	2002	2006	2010
Konventionelt dyrket majs til ensilering	93.000 ha	130.400 ha	166.978 ha
Konventionelt dyrket majs til modenhed	-	1.300 ha	9.456 ha
Konventionelt dyrket majs til konsum	-	300 ha	253 ha
Konventionelt dyrket majs i alt (afrundet)	93.000 ha	132.000 ha	176.687 ha
Økologisk dyrket majs til ensilering	3.300 ha	5.600 ha	6.729 ha
Økologisk dyrket majs til modenhed	-	15 ha	87 ha
Økologisk dyrket majs til konsum	-	25 ha	43 ha
Økologisk dyrket majs i alt (afrundet)	3.300 ha	5.600 ha	6.859 ha
I alt majs (afrundet)	96.300 ha	137.600 ha	183.546 ha

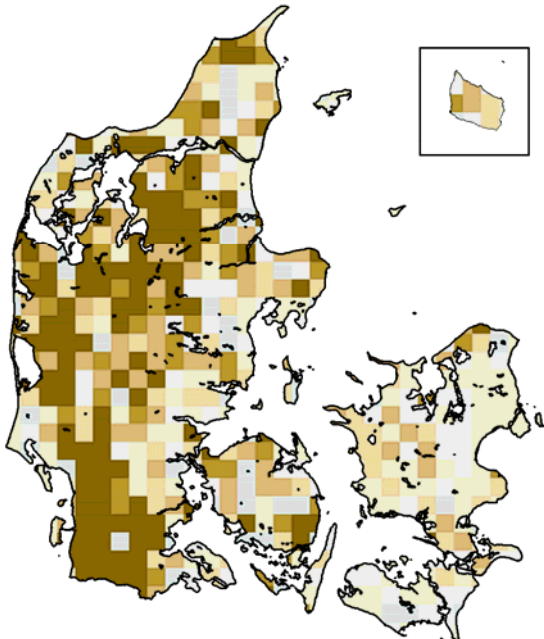
Kilde: Udtræk af oplysninger om markplan fra ansøgning om enkeltbetaling 2010 pr. 1. januar 2011. Udtrækket er bearbejdet af Inge T. Kristensen (DJF AU).

Arealet med majs er steget med 38% i forhold til 2006, og det udgør nu 7% af det dyrkede areal (Tabel 3). Arealet med majs til modenhed er i 2010 mere end 7-doblet i forhold til 2006, og der dyrkes majs til konsum (sukkermais) på 296 ha, hvoraf de 43 ha er i økologisk avl. Figur 1 viser den regionale fordeling af majs-arealet i 2009, samt ændringer i arealet 2007-2009.

Silomajs 2009 Procent af landareal



Silomajs 2007-2009 Ændring i ha pr 10.000 ha.



Figur 1. Dyrkningsareal med silomajs i 2009 samt ændringer siden 2007-2009.

Erfaringer med GM-majs i Danmark

Som beskrevet i Udredningen fra 2003 og Supplerende rapport fra 2007 har der været udført en række dyrkningsforsøg i Danmark med primært herbicidresistent majs. I den efterfølgende periode har der været enkelte forsøgsudsætninger med herbicidresistent majs. Afgrøden er omfattet af regler for GM-dyrkning. Der har ikke været udført sameksistensforsøg med GM-majs i Danmark.

Erfaringer med GM-majs uden for Danmark

I 2007 blev der dyrket 110.000 ha af majssorter baseret på Bt resistenslinien Mon810 i EU, primært i Spanien (75.000 ha) men derudover også i Frankrig, Tjekkiet, Portugal, Tyskland, Slovakiet og Rumænien. I 2009 faldt GM-majs arealet til 95.000 ha på grund af nationale forbud i Frankrig og Tyskland (GM-Compas 2009). Seksogtyve procent af den globale majsproduktion er genetisk modificeret for henholdsvis herbicidtolerance og insektresistens (Clive James 2009). Der anvendes i stigende grad linier, der har tolerance overfor flere herbicider og resistens mod en række skadevoldere, såkaldt pyramidisering. Der har i perioden 2007-2010 været 250 udsætningsforsøg i EU.

Kilder til spredning

Som beskrevet i Udredningen fra 2003 og Supplerende rapport fra 2007 er majs en vind- og fremmedbestøver, som er ekstremt dryssefast. Majs har ingen spirehvile, den høstes overvejende som

hele planter til ensilering og har ikke danske slægtninge den kan krydse med. Majs besøges jævnligt af honningbier for pollenindsamling (McGregor, 1976; Free, 1993), men da honningbier imidlertid praktisk taget ikke besøger majsens hunblomster (som ikke producerer nektar), er biernes bidrag til majsens bestøvning meget begrænset. Den eneste form for spredning er derfor via pollen til nabomarker eller indblanding via utilstrækkelig rensning af høstmaskiner.

Ny viden

Problematikkerne omkring sameksistens i majs har været indgående efterforsket og diskuteret gennem en årrække. Udredningen fra 2003 og Supplerende rapport fra 2007 har givet udførlige faglige resumeer og behandlinger af denne viden. I den Supplerende rapport fra 2007 blev det konkluderet:

De danske forslag fra Udredningen fra 2003 var som udgangspunkt et afstandskrav på 200 m fra en GM-majs mark til en konventionel majsmark samt 300 m til en økologisk mark. Denne anbefaling var baseret på følgende argumentation:

- At tærskelværdien for utilsigtet forekomst af GM-majs i udsæd var 0,5%
- At mange års erfaring med fremavl af certificeret udsæd af hybridmajs har vist, at man i de fleste tilfælde kan opnå en renhedsgrad på 99,8% ved et afstandskrav på 200 m
- At majsens høstes som helplanter til direkte fodring eller til ensilering hvor majskerne udgør ca. 50% af det færdige ensilageprodukt
- At der er tale om GM-hybridmajs, hvor kun det ene genom og dermed kun halvdelen af pollenkernelene indeholder transgener
- At der for økologisk majsproduktion anvendes udsæd med en GM-forekomst på under 0,1%.

Den samlede vurdering var således, at der ved anvendelse af udsæd i den konventionelle produktion med en utilsigtet GM-forekomst på maksimalt 0,5% samt et bidrag på 0,2% via krydsbestøvning fra GM-nabomarker ville være en rimelig sikkerhedsmargen til EU's mærkningstærskelværdi for utilsigtet og teknisk uundgåelig indblanding på 0,9% GM-DNA i konventionel majs.

Den danske anbefaling understregede imidlertid også, at der udover afstandskrav og GM-indhold i udsæden er en række andre parametre, der vil have afgørende indflydelse på det endelige GM-indhold i konventionelle og økologiske nabomarker til GM-majs marker. Den vigtigste faktor vurderes her at være markstørrelse og -form af såvel GM-donor som GM-acceptor marker samt de to marktypers indbyrdes placering i forhold til den fremherskende vindretning.

I den Supplerende rapport fra 2007 blev det foreslået, at afstandskravet på 200 m fra en GM-majsmark til en konventionel majsmark skulle reduceres til 150 m. Denne reduktion var begrundet i følgende:

- At en generel vurdering af den omfattende europæiske forskning på området sandsynliggør, at der ved afstande på 150 m mellem GM-majsmarker og konventionelle marker, og ved markstørrelser typiske for danske forhold kun sjældent vil være tale om indkrydsningsfrekvenser, der vil få markens samlede GM-indhold til at overstige 0,9%. Dette gælder for såvel majs til ensilering som majs til modenhed, og der bør derfor ikke differentieres mellem de to typer.

Som nævnt i indledningen er der i regi af European Coexistence Bureau (EcoB) udført et større udredningsarbejde med det formål at fremskaffe al viden af relevans for sameksistens i majs. Anbefalingerne er opnået ved konsensus indenfor den Tekniske Arbejdsgruppe for Majs. Denne vidensyntese har til formål at kunne bruges som støtte til national lovgivning, men er ikke et forsøg på at etablere fælles EU retningslinier.

Rapporten gennemgår og resumerer tilgængelig viden indenfor dyrkning af majs i EU, såsom dyrkningsarealer og alle de potentielle kilder til GM-majs indblanding i ikke-GM-majs omfattende renhed af udsæd, krydsbestøvning og rengøring af landbrugsmaskinerne. Hvad angår krydsbestøvning gennemgås viden om spildplanter, afstande mellem GM- og ikke-GM-majs marker, anvendelse af sorter med forskelligt blomstringstidspunkt og effekten af værnebælter. I dansk sammenhæng er anvendelse af sorter med forskelligt blomstringstidspunkt ikke relevant, idet vækstsæsonen er for kort, ligesom spildplanter heller ikke er noget problem i dansk landbrug.

Den Tekniske Arbejdsgruppe gjorde som Udredningen fra 2003 og den Supplerende rapport fra 2007 opmærksom på, at indholdet af GM-frø i udsæd er en meget væsentlig faktor for hvilke afstande der er nødvendige eller hvilke andre tiltag det er nødvendigt at tage højde for at holde GM-indholdet under et bestemt niveau.

Tabel 4. Den europæiske gruppe EcoB's forslag til isolationsafstande for reduktion af krydsbestøvning til forskellige niveauer i kernemajs om helplantemajs. Tallene i parentes afspejler forskellige opfattelser i Arbejdsgruppen.

Indblanding, %	Afstand, m (kernemajs)	Afstand, m (helplantemajs)
0,1	105 – (250-500)	85-120
0,2	85-150	50-65
0,3	70-100	30-55
0,4	50-65	20-45
0,5	35-60	15-40
0,6	20-55	0-35
0,7	20-50	0-30
0,8	20-50	0-30
0,9	15-50	0-25

Det fremgår af denne tabel, der afspejler Arbejdsgruppens samlede vurdering, at afstandskravene mellem GM-majs og ikke-GM-majs marker kan reduceres til i størrelsesorden 0-50 m såfremt der anvendes GM-fri udsæd (<0,1% GM) og det maksimale niveau for utilsigtet indblanding er 0,9%. Såfremt dette niveau ansættes til 0,1% vil der under scenariet med GM-fri udsæd kræves en afstand mellem GM-majs og ikke-GM-majs på op mod 500 m.

Virkemidler

De vigtigste virkemidler til at reducere GM-spredningen af majs vil være at sikre udsæd uden GM-indhold, da genspredning via pollen og som spildfrø er meget begrænset. Dette kan gøres ved:

- Afstandskrav mellem GM-majsmark og konventionel/økologisk majsmark

- Anvendelse af certificeret udsæd med et så lavt GM-indhold som muligt
- Værnebælter af ikke-GM majs mellem GM-mark og konventionel/økologisk majsmark
- Rensning af maskiner ved maskinfællesskab, især høst- og såmaskiner

Konklusion

Der er i regi af European Coexistence Bureau (EcoB) udført et større udredningsarbejde med det formål at fremskaffe al viden af relevans for sameksistens i majs. anbefalingerne er opnået ved konsensus indenfor den Tekniske Arbejdsgruppe for Majs. Denne udredning har til formål at kunne bruges som støtte til national lovgivning, men er ikke et forsøg på at etablere fælles EU retningslinier (Czarnak-Klos and Rodriguez-Cerezo, 2010)

Det fremgår af dette udredningsarbejde, at afstandskravene mellem GM-majs og ikke-GM-majs marker kan reduceres til i størrelsesorden 0-50 m såfremt der anvendes GM-fri udsæd (<0,1% GM) og det maksimale niveau for utilsigtet indblanding er 0,9%. Såfremt dette niveau ansættes til 0,1% vil der under scenariet med GM-fri udsæd kræves en afstand mellem GM-majs og ikke-GM-majs på op mod 500 m. Udover afstandskrav er værnebælter og effektiv rengøring vigtige virkemidler.

KARTOFLER

Dyrkningspraksis og anvendelse i Danmark

Kartofflen (*Solanum tuberosum*) har evnen til formering såvel vegetativt via knolde som gennem frø. I størstedelen af verden dyrkes og opformeres kartofflen som en enårig afgrøde ved brug af udsæd i form af læggekartofler (klonavl). Lokalt har kartoffeldyrkningen stor intensitet og er størst i Midt- og Vestjylland. Kartofflerne anvendes til stivelsesproduktion, til spisebrug og til forarbejdning (chips, pommes frites m.v.).

Tabel 5. Dyrkningsareal med kartofler i Danmark i 2002, 2006 og 2010.

Dyrkningsår	2002	2006	2010
Konventionelt dyrkede spisekartofler	12.000 ha	14.500 ha	15.096 ha
Konventionelt dyrkede industrikartofler	20.000 ha	18.800 ha	16.704 ha
Konventionelt dyrkede læggekartofler	4.000 ha	4.300 ha	5.118 ha
Konventionelt dyrkede kartofler i alt (afrundet)	36.000 ha	37.600 ha	36.918 ha
Økologisk dyrkede spisekartofler	750 ha	900 ha	1.238 ha
Økologisk dyrkede industrikartofler	15 ha	0 ha	18 ha
Økologisk dyrkede læggekartofler	130 ha	70 ha	120 ha
Økologisk dyrkede kartofler i alt (afrundet)	895 ha	970 ha	1.376 ha
I alt kartofler (afrundet)	36.900 ha	38.600 ha	38.294 ha

Kilde: Udtræk af oplysninger om markplan fra ansøgning om enkeltbetaling 2010 pr. 1. januar 2011. Udtrækket er bearbejdet af Inge T. Kristensen (DJF AU).

Kartofler udgør ca. 1,5% af landbrugsarealet, og den økologiske avl udgør 3,6% af det samlede kartoffelareal. Det samlede areal med kartofler er stort set uændret i forhold til 2006, men det økologiske areal var i 2010 42% højere end i 2006 (Tabel 5). Arealerne afspejler de givne markedsmæssige og handelsmæssige betingelser. Det er ukendt om den varslede afvikling af EU støtten til kartoffelstivelses produktion vil påvirke arealerne af kartofler til stivelse i Danmark.

Der er en betydelig og stigende produktion af læggekartofler i Danmark bl.a. til eksport, mens der importeres læggekartofler af særlige sorter. Læggekartoffelproduktionen er omfattet af særlige regler for dyrkning og kontrol af avlen, der skal sikre sortsrenhed og frihed for fremmed sort samt for uønskede sygdomme og skadedyr⁴. Ligeledes findes regler for produktion til konsum, industri og foderkartofler der bl.a. i Danmark omfatter regler for regelmæssig udskiftning af læggekartofler. Herudover er private kontraktlige forpligtelser vedrørende avl og levering af kartofler udbredt i Danmark.

Erfaringer med GM-kartofler i Danmark

Der er ikke siden 2003 udført nye forsøg med GM-kartofler i Danmark. Der har ikke været danske ansøgninger om markedsføring af GM-kartofler.

Erfaringer med GM-kartofler uden for Danmark

Der har i perioden 2007-2010 været 39 udsætningsforsøg i EU - flest i Tyskland, England, Holland og Sverige. Forsøgene har i perioden 2007-2010 mest omfattet kartofler med forbedret resistens mod kartoffelskimmel samt særlig stivessammensætning. Desuden er der forsøg med kartofler med

⁴ Bekendtgørelse om avl m.v. af kartofler BEK nr. 741 af 24/6 2010

resistens mod cystenematoder, stresstolerance og øget stivelsesindhold samt kartofler til medicinsk og teknisk brug (EU JRC, 2011).

Af særlig interesse er GM-udsætningsforsøg med cis-gene kartoffelsorter, der er frembragt ved gensplejsning, men som kun indeholder skimmelresistens gener som er taget fra kartofflens vilde slægtninge. Tilsvarende gener har man gennem årene indført i dyrkede kartofler gennem meget langvarige krydsnings og forædlingsprogrammer. Fordelen ved den nye teknik er en forventet mere effektiv strategi overfor svampen, idet man forventer ”hurtigt” at kunne skifte skimmelresistens gener uden at sorternes agronomiske og kvalitetsmæssige egenskaber ændres. (Haverkort, 2008; Jochemsen, 2008 & Park *et al.*, 2009). Med den nuværende lovgivning i EU er cis-gen teknikken omfattet af lovgivningen, der vedrører GMO.

En tidligere kommerciel dyrkning i USA, Canada og Østeuropa af insektresistente GM-kartofler er ophørt formentlig på grund af negative forbrugerholdninger og manglende afsætningsmuligheder til større detailhandelskæder.

Sorten Amflora (EH92-527-1) ejet af BASF Plant Science GmbH med ændret stivelsessammensætning er nu blevet godkendt til teknisk anvendelse i stivelsesindustrien og restproduktet fra produktionen må anvendes til foder. De første markforsøg blev udført i Sverige i 1994, og der er til nu udført mere end tre hundrede markforsøg med sorten i Europa. Det er konstateret at sortens agronomiske egenskaber er som for den oprindelige sort. Firmaet oplyser at Amflora i 2010 vil blive dyrket med 20 ha i Mecklenburg-Vest Pommern, med 80 ha i Sverige og med 150 ha i Tjekkiet. Ifølge pressemeddelelserne ventes markerne i Tyskland og Sverige anvendt til fremavl og markerne i Tjekkiet til kommercielle formål. Ifølge firmaet er flere GM-kartoffelsorter undervejs som man vil søge at få godkendt til stivelse, til forarbejdning og med sygdomsresistens. (GMO Compass, 2010)

Stivelsessorten Amflora vil også være dyrkningsegnet under danske forhold. Det oplyses imidlertid at den danske kartoffelstivelsesindustri ikke ønsker at benytte GM-kartofler i deres dyrkning med baggrund i forbrugernes nuværende indstilling til GM-afgrøder (pers. komm. Agrochef Henrik Pedersen AKV Langholt, 2011).

Ovenfor nævnte kartofler med resistens over for kartoffelskimmel har generelt stor interesse i Danmark, idet der vil være betydelige miljømæssige og økonomiske gevinster ved brugen heraf i form af mindre forbrug af pesticider og mindre tab på grund af skimmelangreb.

Kilder til spredning

De vigtigste spredningskilder:

- Spildkartofler der overvintrer (gengroninger)
- Knolde efterladt i maskiner og udstyr til håndtering af kartofler samt i lagre.

Herudover kan der via pollenspredning og krydsbestøvning mellem kartoffelafgrøder dannes frø, der tilgår jordens frøbank. Herfra kan der fremspire frøplanter og dannes knolde. Overvintring af disse knolde er mulig. Frøoverlevelsen i jorden er lang. Der er ikke tegn på, at kartofler kan optræde som egentligt frøkrudt eller kan krydses med vilde slægtninge. Kartoffelrøplanter er således kun et

fænomen i marker og sædskifter, hvor der indgår kartofler. Der er stor forskel på de enkelte sorter med hensyn til blomstringsevne og frøsætning. Nogle sorter blomstrer slet ikke eller kun sporadisk og danner kun sjældent eller aldrig frø (For uddybning se Udredningen fra 2003 og Supplerende rapport fra 2007).

Ny viden

Gengroninger udgør et problem for avlere af læggekartofler i Danmark efter milde vintre uden længerevarende frost. Det forventes dog, at gengroninger generelt vil være uden betydning i vækstsæsonen 2011 på grund af en lang frostperiode uden snedække i vinteren 2010-2011 med frossen jord ned i 40-50 cm dybde (pers. komm. landskonsulent Lars Bødker, Videncentret for Landbrug Skejby, 2011).

Ved læggekartoffelkontrollens marksyn af kartoffelfremavlen i Danmark forekom kassation på grund af gengroninger i 2007 og 2008, men det er dog ikke sket i de sidste to sæsoner (Pedersen, 2008, 2009, 2010 og 2011).

Metoder til bekæmpelse af gengroninger er: Overfladisk jordbehandling efterår/vinter, efterfølgende afgrøde i sædskiftet med stor konkurrenceevne og herbicider. For at kunne bekæmpe gengroninger er det vigtigt, at kartoffelavlernes mulighed for jordbearbejdning i efterår og vintermånederne bevares, og derfor er lægge- og spisekartoffelavlere fritaget fra Grøn Vækst bestemmelserne på dette punkt. Mulighed for håndtering af efterafgrøder forud for kartofler må ligeledes vurderes (Heiselberg, 2011). Ingen af de anvendte strategier mod gengroninger er i stand til at udrydde gengroninger fuldstændigt i løbet af en sæson, men vil kunne svække og reducere antallet af disse.

Under finske forhold undersøgte Mustonen *et al.* (2007) risikoen for overvintring af knolde og frø. Ved 2 dybder blev knoldene af 2 sorter i 2 størrelser lagt i jorden lige efter høst i årene 2004-2007. Forsøgene viste ikke overraskende, at ved meget lave jordtemperaturer var der ingen knolde der overvintrede uanset sort, knoldstørrelse og dybde ned til 20 cm. Selv i en vinter med tykt isolerende snelag og jordtemperaturer som kun var lidt under frysepunktet i en periode på mere end 60 dage overvintrede kun en lille del af knoldene (0-3,5%). Disse forsøg er på ingen måde repræsentative for danske vintre, hvor vi i en årrække har haft milde vintre og hvor overlevelsen af gengroninger kan være betydelig. Men forsøget viser, at selv om der kun er let frost i jorden kan det virke sanerende hvis frosten varer ved tilstrækkeligt længe. Selv ved en så lav overlevelse som der her er beskrevet bliver der dog ganske mange gengroninger tilbage på marken svarende til 1000-4000 pr. ha (Lutman, 1977, Perombelon, 1975).

I et supplerende laboratorieforsøg fandt Mustonen *et al.* (2007) at frost ned til -3°C i 72 timer reducerede andelen af overlevende knolde til et relativt lavt niveau på 8,2%. I forsøget fandtes ligeledes forskelle i overlevelsen mellem de to afprøvede sorter, hvilket forfatterne bl.a. tilskriver forskelle i sorterens sukkerindhold. Forfatterne anfører, at gengroninger ikke for nuværende er en trussel mod sameksistens på grund af de kolde vintre og muligheden for bekæmpelse efterfølgende. I en afsluttende bemærkning i artiklen anføres, at det er sandsynligt at klimaforandringer kan føre til risiko for stigning i overvintring af GM-gengroninger.

Pollenspredning og frøplanter

Som anført i Udredningen 2003 og Supplerende rapport fra 2007 viste ingen af de dengang refererede undersøgelser en pollenspredning ud over 10 m fra pollenkilden og da med lav frekvens. I en nyere undersøgelse af Petti *et al.* (2007) i konventionelle sorter undersøgte genspredningen fra en pollendonor til en hansteril sort. Genspredningen blev bestemt ved frugtsætningen på modtagersorten og bekræftet med mikrosatellit markørmetode. Der fandtes bær med spiredygtige frø i en afstand af 21 m fra pollenkilden. Antallet af bær med levedygtige kartoffel-frø var negativt korreleret med afstanden fra pollenkilden. Det blev påvist at fouragerende glimmerbøsser (*Meligethes aenus*) er en vektor for spredning af kartoffelpollen. Det bemærkes at omfanget af pollenspredning i kartofler af glimmerbøsser ikke er undersøgt under danske forhold.

Praktiske erfaringer viser, at frøkartofler har ringe overlevelse i forhold til gengroninger efter spildkartofler, og bekæmpelsen heraf er tilsvarende (se nedenfor).

I en meget omfattende undersøgelse fra Finland af Toumisto (2005a & 2005b), som også refereredes i udredningen fra 2007, fandtes en utilsigtet forekomst af fremmede sorter i undersøgte marker på 0,08%. Gennemsnits afstanden til nærmeste kartoffelmark i de forudgående års dyrkning var ca. 9 m og i omkring $\frac{3}{4}$ af tilfældene var den mindre end 3 m. Tuomista fandt en sammenhæng med den fundne utilsigtede forekomst af fremmede sorter og:

- afstanden mellem markerne
- overvintring (år siden sidste avl) og
- markstørrelsen

Virkemidler

De vigtigste virkemidler for at reducere GM-spredning vil være:

- Forholdsregler mod spild af kartofler ved høst og bekæmpelse af gengroninger, f.eks. ved gentagen overfladisk jordbehandling/harvning om vinteren, brug af hensigtsmæssige sædskifteafgrøder med god konkurrenceevne efter kartofler eks. korn og rækkesåede afgrøder, der giver mulighed for radrensning og lugning og ved anvendelse af ukrudtsbekæmpelsesmidler eksempelvis glyphosat og flouroxypur
- Isolationsafstand til ikke-GM-kartofler samt dyrkningsinterval mellem GM-kartofler og konventionelle henholdsvis økologiske kartofler
- Forholdsregler mod spild ved transport og rengøring ved fælles brug af maskiner, udstyr m.v.

Konklusion

Kartoffeldyrkningen i Danmark er bortset fra en stigning i spisekartoffelavl en og et tilsvarende fald i avlen af kartofler til stivelse omtrent uændret. Økologisk produktion og læggekartoffelproduktionen er stigende.

Der er ny viden, men forskningen vedrørende sameksistens i kartofler er begrænset, idet kartofler anses for relativt uproblematisk i denne sammenhæng.

GM-kartoffelsorten Amflora er godkendt til dyrkning i EU til brug for stivelsesindustri. Sorten er dyrkningsmæssigt egnet til dyrkning i DK, men den ventes ikke dyrket i Danmark. Der er forsøgsudsætninger med skimmelresistente GM-sorter, der forventes at have fremtidig interesse i Danmark.

BEDEROER

Dyrkningspraksis og anvendelse i Danmark

Bederoer (*Beta vulgaris*) til sukkerproduktion dyrkes primært på Lolland-Falster, Fyn og Sjælland. Roer dyrkes typisk i et sædskifte med vårbyg og hvede i 3- til 4-årige sædskifter. Anvendelse af foderroer til kvægfoder er faldet yderligere, men produktionen er fordelt over hele landet.

Tabel 6. Dyrkningsareal med roer i Danmark i 2002, 2006 og 2010.

Dyrkningsår	2002	2006	2010
Konventionelt dyrkede sukkerroer	55.000 ha	41.400 ha	39.203 ha
Konventionelt dyrkede foderroer	10.000 ha	4.200 ha	4.057 ha
Konventionel bederoefrøavl	63 ha	106 ha	69 ha
Konventionelt dyrkede bederoer i alt(afrundet)	65.000 ha	45.700 ha	43.329 ha
Økologisk dyrkede sukkerroer	139 ha	5 ha	0 ha
Økologisk dyrkede foderroer	68 ha	19 ha	28 ha
Økologisk bederoefrøavl	-	-	4 ha
Økologisk dyrkede bederoer i alt (afrundet)	200 ha	24 ha	32 ha
I alt bederoer (afrundet)	65.200 ha	45.700 ha	43.361 ha

Kilde: Udtræk af oplysninger om markplan fra ansøgning om enkeltbetaling 2010 pr. 1. januar 2011. Udtrækket er bearbejdet af Inge T. Kristensen (DJF AU).

Arealet med sukkerroer er faldet yderligere siden 2006, og der dyrkes ikke længere økologiske sukkerroer i Danmark. I 2010 udgjorde bederoer 1,6% af det dyrkede areal (Tabel 6). Der er en beskedent produktion af roefrø i Danmark (basisfrø og multigermt frø), men langt hovedparten af den anvendte udsæd er produceret i det sydlige Frankrig eller Norditalien.

Erfaringer med GM-roer i Danmark

Der blev foretaget markforsøg med glyphosattolerante foderroer i 2002 og 2003, men den danskudviklede GM-roe er efterfølgende blevet skrinlagt. Afgrøden er omfattet af regler for GM-dyrkning. Der vil i 2011 være forsøgsudsætning med den glyfosattolerante H7-1 sukkerroe.

Erfaringer med GM-roer uden for Danmark

Der har i perioden 2007-2010 været 16 udsætningsforsøg i EU.

I alt tre herbicidresistente GM-sukkerroer blev i 2005 godkendt til dyrkning og anvendelse til foder og fødevarer i USA og til import i enkelte andre lande, og i 2009 anslås 95% af de dyrkede sukkerroer i USA at være GM. Godkendelsen til dyrkning blev trukket tilbage i 2010, hvor det amerikanske landbrugsministerium USDA er blevet bedt om at udarbejde en Environmental Impact Statement. I februar 2011 er der imidlertid givet tilladelse til dyrkning af GM-sukkerroer efter særlige forholdsregler, indtil dette arbejde er udført (USDA, 2011).

Kilder til spredning

Bederoer er en to-årig art, der udvikler sig vegetativt det første år, mens planten går i frø i den 2. vækstsæson. Vernalisering i kolde forår eller under frøproduktionen samt sortsforurening med gener fra en-årige vildroer i frødyrkningsområdet kan få bederoer til at gå i stok og sætte frø i det 1. dyrkningsår. Levedygtigheden af disse frø er undersøgt af Longden & Breay (1995) og Sester *et al.* (2006), der angiver et årligt frøtab på ca. 30% under engelske og franske dyrkningsforhold. Praktiske observationer viser, at bederoer kan udvikle spiredygtige frø under danske klimaforhold og at disse frø kan give ophav til enårige bedespildplanter (ukrudtsroer) i efterfølgende afgrøder. Et potentielt årligt frøtab på 30%, som angivet i ovenstående kilder, gør ukrudtsroer til et persistent ukrudt. Under danske forhold kan spildfrø bekæmpes ved at undgå dybpløjning om efteråret, således at eventuelt tabte roefrø spirer og dør inden næste afgrøde etableres. I konventionel produktion bekæmpes bederoer meget effektivt med herbicider i de fleste andre afgrøder i sædskiftet. Bederoer kan krydse med *Beta vulgaris* spp. *maritima*, som vokser i kystnære egne fortrinsvis i det østlige Danmark.

Ny viden

Graden af stokløbning er påvirket af de klimatiske forhold og særligt en tidlig såning kan resultere i en forøgelse af graden af stokløbning. I danske sortsforsøg med sukkerroer registreres sorters tilbøjelighed til stokløbning, og det er et højt prioriteret forædlingsmål at reducere denne egenskab. Forædlingsmål for stokløbningstendens i moderne sukkerroesorter angives at være <0,05% (pers. komm., Jens Nyholm Thomsen, 2011).

Det er vist af Darmency *et al.* (2009), at der i områder, hvor ukrudtsroer og stokløbere ikke kontrolleres, findes en baggrunds-sky af pollen. I forsøget blev udplantet han-sterile stokløbende planter i en mark, hvor der kun var et 2 x 2 m² stort donorfelt bestående af 50 planter. I den øvrige del af den 25 ha store mark blev alle stokløbere tilstræbt fjernet. Trods tilstedeværelse af pollen fra donorfeltet blev de udplantede hansterile planter bestøvet af pollen fra baggrundsskyen, selvom der ikke var andre roemarken inden for en afstand af 1000 m. Forsøget er gennemført i Champagne området, som af forfatteren anføres som et sukkerroe-dyrkende område, hvor man ofte kan se ukrudtsroer blomstre, og hvor markerne har en frekvens af stokløbere, hvor avlerne anvender op til 40 timer pr. hektar til håndlugning.

I Frankrig har man studeret genspredning mellem et-årige ukrudtsroer (Fénart *et al.*, 2007) i fem marker med en forekomst af ukrudtsroer i de undersøgte områder af marken på 0,05 og 0,3 ukrudtsroer pr. m². Genspredning forekom fortrinsvis mellem ukrudtsroer inden for samme mark, men der var en genspredning mellem marker i et omfang af 11,3 – 17,5% og en afstand på op til 9,6 km mellem

marker. Størst genspredning blev fundet, hvor tætheden af ukrudtsroer i modtage marken var lavest. I Danmark angives det optimale plantetal i roer til 9 planter pr. m².

Colbach *et al.* (2010), Sester *et al.* (2009) og Tricault *et al.* (2009a, 2009b) har udarbejdet modeller, der beskriver ukrudtsroers populationsdynamik som funktion af dyrkningsteknik, sædskifte, efterfølgende jordbearbejdning mm. I de nævnte undersøgelser er endvidere beskrevet strategier for at minimere problemer med ukrudtsroer. Det helt centrale element til minimering af genspredning er, at undgå stokløbere i marken. Det kan dels opnås ved at udså sorter med lav tendens til stokløbning, undgå tidlig såning ved lav temperatur samt fjernelse af eventuelle stokløbere. Derfor er den mest effektive metode til bekæmpelse af pollenspredning i produktionsmarker håndlugning og mekanisk fjernelse af stokløbere, samt bekæmpelse af eventuelle ukrudtsroer. Dette er i særdeleshed vigtige foranstaltninger i frøproducerende områder (Arnaud *et al.*, 2009). Andre væsentlige metoder til reduktion af pollenspredning er jordbearbejdning og dyrkningsinterval til reduktion af en eventuel pulje af spildfrø i jorden (Tricault *et al.*, 2009b).

Virkemidler

De vigtigste virkemidler til at reducere GM-spredningen er:

- en effektiv bekæmpelse af stokløbere
- anvendelse af certificeret udsæd
- bekæmpelse af ukrudtsroer
- isolationsafstand
- dyrkningsinterval
- rensning af maskiner ved maskinfællesskab.

Konklusion

Den største potentielle risiko for GM-spredning er via pollenspredning fra stokløbere, som ved bestøvning med andre stokløbende planter kan producere frø, som kan overleve i jorden og give ophav til ukrudtsroer. Derfor er de væsentligste virkemidler til reduktion af GM-spredning at fjerne stokløbere og anvende certificeret udsæd af sorter med ringe tilbøjelighed til stokløbning.

Isolationsafstand foreslås opretholdt på 10 m mellem GM-marker og såvel konventionelle som økologiske marker, og dyrkningsinterval på tre år, hvor der skal foretages en effektiv bekæmpelse af eventuelle ukrudtsroer og overvintrende roer i de mellemliggende afgrøder. Ved udbredt GM-dyrkning kan det blive nødvendigt at evaluere afstandskrav og dyrkningsinterval.

BYG OG HVEDE

Dyrkningspraksis og anvendelse i Danmark

Byg (*Hordeum vulgare*) er en af de mest udbredte afgrøder i Nordvesteuropa og dyrkes over det meste af verden. I Danmark dyrkes der såvel vår- som vinterbyg. Vårbyg er næst efter vinterhvede den mest udbredte afgrøde i Danmark. Arealet har været svagt faldende over en årrække og udgjorde i 2010 ca. 430.000 ha, hvilket svarer til 16% af landbrugsarealet og 30% af kornarealet (Tabel 7).

Vinterbygarealet udgjorde i 2010 ca. 145.000 ha, svarende til ca. 5% af landbrugsarealet og 10% af kornarealet. Vårbyg anvendes primært til malt- og foderformål. Vinterbyg anvendes primært til foder i den danske husdyrproduktion. Det økologiske vårbygareal er på ca. 14.000 ha svarende til 0,4% af landbrugsarealet, mens arealet med økologisk vinterbyg er marginalt.

Hvede (*Triticum aestivum*) er en af de mest dyrkede afgrøder i såvel Nordvesteuropa som resten af verden. I Danmark er det den mest udbredte afgrøde på landbrugsarealet. I Danmark dyrkes primært vinterhvede, hvorimod arealet med vårhvede er meget begrænset. Arealet med vinterhvede har været stigende gennem en lang årrække og udgjorde i 2010 ca. 750.000 ha, hvilket svarer til ca. 28% af landbrugsarealet og 50% af kornarealet. Arealet med vårhvede var i 2010 på 16.000 ha., svarende til 0,5% af landbrugsarealet (Tabel 8). Hvede dyrkes i alle egne af landet. Udbyttet er dog højst på de bedre jorde i Østdanmark og mindst på sandede jorder i Vestdanmark. Hovedparten af det dansk producerede hvede anvendes som foder til den danske husdyrproduktion og en mindre del anvendes til konsumformål. Det økologiske hvedeareal ligger på ca. 4.000 ha for hhv. vårhvede og vinterhvede, svarende til 0,3% af landbrugsarealet. Den primære anvendelse af økologisk hvede er til konsum.

I Udredningen fra 2003 og Supplerende rapport fra 2007 er arealanvendelse ikke opdelt på hhv. vår- og vinterbyg samt vår- og vinterhvede, og for sammenlignelighedens skyld er tilsvarende anvendt for 2010.

Tabel 7. Dyrkningsareal med byg i Danmark i 2002, 2006 og 2010.

Dyrkningsår	2002	2006	2010
Konventionelt dyrket byg til produktion	770.000 ha	633.000 ha	545.700 ha
Konventionelt dyrket byg til udsæd	39.000 ha	36.000 ha	27.209 ha
Konventionelt dyrket byg i alt (afrundet)	809.000 ha	669.000 ha	572.909 ha
Økologisk dyrket byg til produktion	17.000 ha	9.000 ha	13.222 ha
Økologisk dyrket byg til fremavl	3.000 ha	1.000 ha	1.200 ha
Økologisk dyrket byg i alt (afrundet)	20.000 ha	10.000 ha	14.422 ha
I alt byg (afrundet)	829.000 ha	679.000 ha	587.331 ha

Kilde: Udtræk af oplysninger om markplan fra ansøgning om enkeltbetaling 2010 pr. 1. januar 2011. Udtrækket er bearbejdet af Inge T. Kristensen (DJF AU).

Tabel 8. Dyrkningsareal med hvede i Danmark i 2002, 2006 og 2010.

Dyrkningsår	2002	2006	2010
Konventionelt dyrket hvede til produktion	550.000 ha	656.000 ha	731.975 ha
Konventionelt dyrket hvede til udsæd	24.000 ha	23.000 ha	21.740 ha
Konventionelt dyrket hvede i alt (afrundet)	574.000 ha	679.000 ha	753.715 ha
Økologisk dyrket hvede til produktion	7.000 ha	7.000 ha	10.129 ha
Økologisk dyrket hvede til udsæd	1.000 ha	1.000 ha	833 ha
Økologisk dyrket hvede i alt (afrundet)	8.000 ha	8.000 ha	10.962 ha
I alt hvede (afrundet)	582.000 ha	687.000 ha	764.677 ha

Kilde: Udtræk af oplysninger om markplan fra ansøgning om enkeltbetaling 2010 pr. 1. januar 2011. Udtrækket er bearbejdet af Inge T. Kristensen (DJF AU).

Erfaringer med GM-afgrøder af byg og hvede i Danmark

Der er ingen erfaringer med dyrkning af genetisk modificeret byg og hvede i Danmark, men adskillige typer af genetisk modificeret hvede og byg er blevet fremstillet ved Aarhus Universitets Jordbrugsvidenskabelige Fakultet. Ingen af disse er dog endnu blevet testet i markforsøg.

Erfaringer med GM-afgrøder af byg og hvede uden for Danmark

Der har i perioden 2007-2010 været 4 udsætningsforsøg med byg og 2 udsætningsforsøg med hvede i EU (EU JRC, 2010). Der er endnu ikke rapporteret om erfaringer med dyrkning af GM-hvede eller byg i verden. Monsanto havde i 2004 planer om at introducere glyphosphat tolerant GM-hvede. Dette blev dog opgivet.

Kilder til spredning

Som beskrevet i Udredningen fra 2003 og Supplerende rapport 2007 er byg og hvede selvbestøvere med begrænset spirehvile, uden evne til at opbygge en frøpulje i jorden og uden kendt risiko for at etablere sig som ukrudt i Danmark og Nordvesteuropa. I det følgende opsummeres kendt og ny viden vedrørende hvede og bygs formeringsmåde, frøspredning, evne til hybridisering med beslægtede arter og med ukrudtsarter under danske forhold.

Formeringsmåde

Hvede og byg er generelt betragtet som stærke selvbestøvere, hvilket betyder at deres genspredning via pollenspredning er lav. Der er ingen vilde beslægtede arter i Danmark som krydser med byg og hvede, ligesom planter fra spildfrø ikke overlever lang tid.

Hvede og byg bestøves normalt ikke med insekter, så potentiel fremmedbestøvning skal foregå via vindbestøvning. Afstand og pollenets levedygtighed bliver derved en vigtig faktor for muligheden for genoverførsel.

Dyrket byg og dens vilde stamformer bestøves næsten udelukkende via selvbestøvning (ca. 99%) (Wagner & Allard 1991; Von Bothmer 1992; Ellstrand 2003) og genudvekslingen er meget lav (Ritala *et al.*, 2002). Bygpollen er i ældre forsøg fundet at være meget følsom over for udtørring, og bygpollen antages kun at være levedygtig i nogle få timer (Pope 1944; Bennett *et al.*, 1973). Observeret genspredning aftager hurtigt efter nogle få meter fra donor (Gatford *et al.*, 2006) og de fleste tilfælde af fremmedbestøvning i byg er resultatet af pollenoverførsel mellem planter, der er placeret tæt sammen (Wagner & Allard 1991). Gatford *et al.* (2006) observerede under australske markforhold en genspredning fra GM-byg på kun 0,005% over en maksimal afstand af 10 m. Hvede har hovedsagelig en kleistogam bestøvning, hvilket vil sige selvbestøvning inden for en lukket blomst (Frankl & Galun 1977). Pollen frigives således, før blomsten åbner sig, hvilket reducerer graden af krydsbestøvning.

Ny viden

Under markforhold er det observeret, at hvedepollen vil være levedygtig i mindre end 30 minutter og at pollen kan spredes op til 60 m i en højde af 1 m (D'Souza 1970; OECD, 1999). Markforhold så som temperatur, relativ fugtighed og vindhastighed har en stor indflydelse på pollenets levedygtighed og spredning. Flere studier viser at mere end 90% af hvedepollen falder inden for 3 m fra det blomstrende aks (Hedge & Wainers 2004). Genoverførsel fra en hvedesort til en anden forekommer kun, hvis planterne står meget tæt på hinanden og blomstringen foregår synkront. En række nyere canadiske forsøg med vårhvede har vist, at reduceret plantetæthed øgede sandsynligheden for pollenbåren genoverførsel eksponentielt (Willenborg *et al.*, 2009). I forsøgene blev den maksimale pollenbårne genspredning forudsagt til at være 0,31% ved en meget lav plantetæthed, denne falder eksponentielt til 0,0003% ved en plantetæthed på 600 planter pr. m². I Danmark stiler man normalt efter ca. 350-400 planter pr. m². En udsædsmængde over det normale havde dog ingen effekt i begrænsningen af den maksimale pollenoverførsel. Selv om selvbestøvningsgraden for hvede ligger på 98-99%, er langdistance pollen spredning på flere hundrede meter i meget små mængder blevet observeret (Matus-Cádiz *et al.*, 2004, 2007).

Frøspredning

Hvede og byg deler nogle kendte karakteristika med ukrudt, så som evnen til at spire i mange forskellige miljøer. Derimod mangler andre egenskaber, der karakteriserer ukrudt, så som spirehvile, evnen til at opbygge en levedygtig frøpulje i jorden og langdistance frøspredning (Baker 1965; Keeler 1989). Hvede og byg er tilpasset til enårig dyrkning, siden mennesket begyndte at dyrke dem, og udviklet gennem 100 års forædling til at have en lav spirehvile. Dette betyder, at spildfrø normalt vil spire umiddelbart efter høst. Hvede og byg har begge en relativ svag konkurrenceevne og mangler derfor potentialet til at blive en invasiv art (Keeler 1989; Keeler *et al.*, 1996). Hvede og byg tabt under transport vil dog kunne spire på ikke landbrugsjord, så som langs veje, ved kornsiloeer etc. (von der Lippe & Kowarik 2007).

Hybridisering

Hvede (*Triticum aestivum*) og nogle tæt beslægtede arter er krydskompatible, og hybrider kan fremstilles under kontrollerede forhold. Disse er dog normalt han-sterile. Hybrider mellem almindelig hvede og durumhvede, der kun dyrkes yderst sjældent i Danmark, kan forekomme naturligt (Matus-Cádiz *et al.*, 2004).

Det er blevet kendt, at hvede kan hybridisere med arter af en lang række vilde slægtninge tilhørende slægterne *Triticum* og *Aegilops*, der findes i dyrkningsområder i Europa (Zaharieva & Monneveux 2006). Ingen af disse arter forekommer dog i Danmark, og deres pollenkrydsningsfrekvens med hvede er meget lav og kan dårligt betragtes som en kilde til genoverførsel. De kan dog potentielt set udvikle sig som ukrudt, hvis for eksempel herbicid-resistente gener overføres fra hvede til disse arter.

Virkemidler

De vigtigste virkemidler til at reducere GM-spredningen af hvede og byg vil være at sikre udsæd uden GM-indhold, da genspredning via pollen og som spildfrø er meget begrænset. Dette kan gøres ved:

- Klart afgrænsede marker med isolationsafstand på 1 m mellem GM-sort og ikke-GM-sort af samme art. En isolationsafstand på 3 m anses dog i forhold til landbrugsmaskinernes arbejdsbredde som et praktisk tiltag for effektivt at undgå overslæb ved såning og høst.
- Ved fremavl af udsæd foreslås en isolationsafstand på 3.
- Dyrkningsinterval på mindst 1 år.
- Rengøring af maskiner ved maskinfællesskab, herunder landbrugsmaskiner, lagerfaciliteter og faciliteter til opsækning af udsæd mm.

Konklusion

Hvede udgør med ca. 29% og byg med 22% af landbrugsarealet de to største landbrugsafgrøder. I Danmark dyrkes primært vinterhvede, mens arealet med vårhvede er begrænset i det konventionelle landbrug.

Det økologiske areal med vår- og vinterhvede er hver på ca. 0,15% af landbrugsarealet og vårbygarealet på ca. 0,4%. Arealet med økologisk vinterbyg er marginalt. Ud af det samlede kornareal dyrkes ca. 1,2% økologisk.

Både byg og hvede er stærke selvbestøvere med begrænset spirehvile, manglende evne til at opbygge en frøpulje i jorden og manglende evne til at etablere sig som ukrudt. Det vigtigste tiltag for at muliggøre og sikre sameksistens for hvede og byg er at sikre adgang til certificeret udsæd med lavt GM. Dette kan gøres ved at holde tydelige markgrænser på 3 m mellem fremavlsareal og marker med GM-sorter af samme art, og en isolationsafstand på 1 m mellem produktionsmarker. Endvidere anbefales et dyrkningsinterval på mindst 1 år.

Referencer

- AFFA, 2010. GM canola 2010. http://www.affa.com.au/n_gmcanola2010_stewardship.asp aktiveret 7 februar 2011.
- Ammitzboll H & Jørgensen RB, 2006. Hybridization between oilseed rape (*Brassica napus*) and different populations and species of *Raphanus*. *Environmental Biosafety Research* 5:3-13.
- Andersen NS, Rasmussen J & Jørgensen RB, 2010. You reap what you sow – or do you? – volunteers in organic row-sown and broadcast-sown oilseed rape fields. *European Journal of Agronomy* 32:121-126.
- Arnaud J-F, Fénart S, Godé C, Deledicque S, Touzet P & Cuguen J, 2009. Fine-scale geographical structure of genetic diversity in inland wild beet populations. *Molecular Ecology* 18:3201-3215.
- Baker HG, 1965. The genetics of colonizing species: Characteristics and modes of origin of weeds. In: HG Baker, GL Stebbins, eds. *The Genetics of Colonizing Species*. Academic Press, New York and London. pp 147-172.
- Beckie HJ & Hall LM, 2008. Simple to complex: Modelling crop pollen-mediated gene flow. *Plant Science* 175:615-628.
- Beekman M & Ratnieks FLW, 2000. Long-range foraging by the honey-bee, *Apis mellifera*. *Functional Ecology* 14:490-496.
- Begg GS, Hockaday S, McNicol JW, Askew M & Squire GR, 2006. Modelling the persistence of volunteer oilseed rape (*Brassica napus*). *Ecological Modelling* 198:195-207.
- Colbach N, 2009. How to model and simulate the effects of cropping systems on population dynamics and gene flow at the landscape level: example of oilseed rape volunteers and their role for co-existence of GM and non-GM crops. *Environmental Science and Pollution Research* 16:348-360.
- Colbach, N, Darmency H & Tricault Y, 2010. Identifying key life-traits for the dynamics and gene flow in a weedy crop relative: Sensitivity analysis of the GeneSys simulation model for weed beet (*Beta vulgaris ssp. Vulgaris*). *Ecological Modelling* 221:225-237.
- Cresswell JE, Osborns L & Bell SA, 2002. A model of pollinator-mediated gene flow between plant populations with numerical solutions for bumblebees pollinating oilseed rape. *Oikos* 98:375-384.
- Cresswell JE, Davies TW, Patrick MA, Russell F, Pennel C, Vicot M & Lahoubi M, 2004. Aerodynamics of wind pollination in a zoophilous flower, *Brassica napus*. *Functional Ecology* 18:861-866.
- Czarnak-Klos M & Rodriguez-Cerezo E, 2010. European Coexistence Bureau (ECoB). Best Practice documents for coexistence of genetically modified crops with conventional and organic farming. 1. Maize crop production. Institute for Prospective Technological Studies, Joint Research Centre, 70 pp, doi:10.2791/4619
- Darmency H, Klein EK, De Garabé TG, Gouyon P-H, Richard-Molard M & Muchembled C, 2009. Pollen dispersal in sugar beet production fields. *Theoretical and Applied Genetics* 118:1083-1092.
- Devaux C, Klein EK, Lavigne C, Asusse C & Messean A, 2008. Environmental and landscape effects on cross-pollination rates observed at long-distance among French oilseed rape (*Brassica napus*) commercial fields. *Journal of Applied Ecology* 45:803-812.
- D'Hertefeldt T, Jørgensen RB & Pettersson LB, 2008. Long-term persistence of GM oilseed rape in the seedbank. *Biology Letters* 4:314-317.

- D'Souza L, 1970. Investigations concerning the suitability of wheat as pollen-donor for cross-pollination by wind as compared to rye, Triticale and Secalotricum. *Zeitschrift für Pflanzenzüchtung* 63:246-269.
- Ellstrand NC, 2003. *Dangerous liaisons? When cultivated plants mate with their wild relatives*. The John Hopkins University Press, Baltimore. pp 1-244.
- EU JRC, 2010. <http://gmoinfo.jrc.ec.europa.eu/>
- EU JRC, 2011. Deliberate releases and placing on the EU market of Genetically Modified Organisms – GMO Register. <http://gmoinfo.jrc.ec.europa.eu/>
- Aktiveret Fénart S, Austerlitz F, Cuguen J & Arnaud J-F, 2007. Long distance pollen-mediated gene flow at a landscape level: the weed beet as a case study. *Molecular Ecology* 16:3801-3813.
- Frankl R & Galun I, 1977. Definitions of sex types in flowering plants. In: *Pollination mechanisms, reproduction, and plant breeding*. pp 11-13.
- Free JB, 1993. *Insect pollination of Crops*. Academic Press Limited, London, Great Britain. 684 pp.
- Funk T, Wenzel G & Schwarz G, 2006. Outcrossing frequencies and distribution of transgenic oilseed rape (*Brassica napus* L) in the nearest neighbourhood. *European Journal of Agronomy* 24:26-34.
- Garnier A, Pivard S & Lecomte J, 2008. Measuring and modelling anthropogenic secondary seed dispersal along roadverges for feral oilseed rape. *Basic and Applied Ecology* 9:533-541.
- Gatford KT, Basri Z, Edlington J, Lloyd J, Qureshi JA, Brettell R & Fincher GB, 2006. Gene flow from transgenic wheat and barley under field conditions. *Euphytica* 151: 383-391.
- Giesecke T, Fontana SL, van der Knaap WO, Pardoe HS & Pidek IA, 2010. From early pollen trapping experiments to the Pollen Monitoring Programme. *Vegetation History and Archaeobotany* 19:247-258.
- GMO Compass, 2007. GM plants no problem for the honey industry. www.gmo-compass.org/eng/news/stories/280.gm_plants_no_problem_honey_industry.html aktiveret 10. februar 2011
- GMO Compass, 2009. Global cultivation area. Rapeseed. http://www.gmo-compass.org/eng/agri_biotechnology/gmo_planting/344.genetically_modified_rapeseed_global_area_under_cultivation.html aktiveret 10. februar 2011.
- GMO Compass. 2010. GM potatoes: BASF at work. <http://www.gmo-compass.org/eng/news/492.docu.html>
- Gruber S, Pekrun C & Claupein W, 2004. Seed persistence of oilseed rape (*Brassica napus*): Variation in transgenic and conventionally bred cultivars. *Journal of Agricultural Science* 142:29-40.
- Hall L, Dexter J, Jhala A & McPherson M, 2009. *Biology Matters: Seed- and pollen-Mediated Gene Flow in Three Oilseed Crops, Safflower, Flax and Oilseed Rape*. GMCC-09 Adelaide. <http://www.gmcc-09.com/wp-content/uploads/hall.pdf> aktiveret 9. februar 2011.
- Hansen LM, Kryger P, Boelt B, Holst N, Enkegaard A, Spliid NH, Nielsen SL, Graglia E, Jespersen JB & Larsen KB, 2006. *Vidensyntese om honningbier*. DJF Rapport, Markbrug nr. 120, 67 pp
- Haverkort A J, Boonekamp P M, Hutten R, Jacobsen E, Lotz LAP, Kessel GJT, Visser RGF, Vossen EAG van der, 2008. Societal costs of late blight in potato and prospects of durable resistance through cisgenic modification. *Potato Research* 51:47-57.
- Hedge SG & Waines JG, 2004. Hybridization and introgression between bread wheat and wild and weedy relatives in North America. *Crop Science* 44:1145-1155.
- Heiselberg CD, 2011. 1. årsmøde i Specialudvalget for kartofler I. I sammendrag af indlæg

- Plantekongres 2011 s. 224-226.
- Hoyle M, Hayter K & Cresswell JE, 2007. Effect of pollinator abundance on self-fertilization and gene flow: application to GM canola. *Ecological Applications* 17:2123-2135.
- Hüsken A & Dietz-Pfeilstetter A, 2007. Pollen-mediated intraspecific gene flow from herbicide resistant oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Transgenic Research* 16:557-569.
- James C, 2010. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2009. ISAAA Brief No. 41. ISAAA: Ithaca, NY.
- Jochemsen H, 2008. An ethical assessment of cisgenesis in breeding late blight resistant potato. *Potato Research* 51:59-73.
- Jørgensen RB & Andersen B, 1994. Spontaneous hybridization between oilseed rape (*Brassica napus*) and weedy *B. campestris* Brassicaceae: A risk of growing genetically modified oilseed rape. *American Journal of Botany* 81:1620-1626.
- Jørgensen RB, Hauser TP, D'Hertefeldt T, Andersen NS & Hooftman D, 2009. The variability of processes involved in transgene dispersal – case studies from Brassica and related genera. *Environmental Science and Pollution Research* 16:389-395.
- Jørgensen T, Hauser TP & Jørgensen RB, 2007. Adventitious presence of other varieties in oilseed rape (*Brassica napus*) from seed banks and certified seed. *Seed Science Research* 17:115-125.
- Keeler KH, 1989. Can genetically engineered crops become weeds? *Bio/Technology* 7:1134-1139.
- Keeler KH, Turner C & Bolick MR, 1996. Movement of crop transgenes into wild plants. Chapter 20. In: SO Duke, ed. *Herbicide resistant plants*. CRC Press Inc. pp 303-330.
- Klein A-M, Vaissière BE, Cane JH, Steffan-Dewenter I, Cunningham SA, Kremen C & Tscharntke T, 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B – Biological Sciences* 274:303–313.
- Knispel AL & McLachlan SM, 2010. Landscape-scale distribution and persistence of genetically modified oilseed rape (*Brassica napus*) in Manitoba, Canada. *Environmental Science and Pollution Research* 17:13-25.
- Longden PC & Breay T, 1995. Weed beet – the future. *British Sugar Beet Review* 63:16-18.
- Lutman PJW, 1977. Investigations into some aspects of the biology of potatoes as weeds. *Weed research* 17:123-132.
- Lutman PJW, 1993. The occurrence and persistence of volunteer oilseed rape (*Brassica napus*). Volunteer crops as weeds. *Aspects of Applied Ecology* 35:29-36.
- Lutman PJW & Lopez-Granados F, 1998. The persistence of seeds of oilseed rape (*Brassica napus*). Weed seed banks: determination, dynamics and manipulation. *Aspects of Applied Biology* 51:147-152.
- Mallory-Smith C & Zapiola M, 2008. Gene flow from glyphosate-resistant crops. *Plant Management Science* 64:428-440.
- Marceau A, Loubet B, Andrieu B, Durand B, Foueillassar X & Huber L, 2011. Modelling diurnal and seasonal patterns of maize pollen emission in relation to meteorological factors. *Agricultural and Forest Meteorology* 151:11-21.
- Matus-Cádiz MA, Hucl P, Horak MJ & Blomquist LK, 2004. Gene flow in wheat at the field scale. *Crop Science* 44:718-727.
- Matus-Cádiz MA, Hucl P & Dupuis B, 2007. Pollen-mediated gene flow in wheat at a commercial scale. *Crop Science* 47:573–581.
- Maurizio A, 1953. Weitere Untersuchungen an Pollenhöschchen. *Beih. Schweiz. Bienenztg.* 2:486-556.

- McGregor SE, 1976. Insect Pollination of cultivated crop plants. Agriculture Handbook No. 496, 411 pp.
- Messean A, Sausse C, Gasquez J & Darmency H, 2007. Occurrence of genetically modified oilseed rape seeds in the harvest of subsequent conventional oilseed rape over time. *European Journal of Agronomy* 27:115-122.
- Momoh EJJ, Zhou WJ & Kristianson B, 2002. Variation in the development of secondary dormancy in oilseed rape genotypes under conditions of stress. *Weed Research* 42:446-455.
- Mustonen L, Peltonen-Sainio P & Pahkala K, 2009. Risk assessment for volunteer and seedling GM potatoes in the northernmost European growing areas. *Acta Agricultura Scandinavica. Section B Soil and Plant Science* 59:552-558.
- OECD, 1999. Consensus Document on the Biology of *Triticum aestivum* (Bread Wheat). Report No. ENV/JM/MONO(99)8, Environment Directorate; Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris, France.
- Park TH, Vleeshouwers VGAA, Jacobsen E, Vossen E van der & Visser RGF, 2009. Molecular breeding for resistance to *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary in potato (*Solanum tuberosum* L.): a perspective of cisgenesis. *Plant Breeding* 128:109-117
- Pedersen HI, 2008. Plantedirektoratets beretning 2. årsmøde i specialudvalget for kartofler I. I sammendrag af indlæg Plantekongres 2008 s. 180-181
- Pedersen HI, 2009. Plantedirektoratets beretning 2. årsmøde i specialudvalget for kartofler I. I sammendrag af indlæg Plantekongres 2009 s. 225-227
- Pedersen HI, 2010. Plantedirektoratets beretning 1. årsmøde i specialudvalget for kartofler II. I sammendrag af indlæg Plantekongres 2010 s. 197-199
- Pedersen HI, 2011. Plantedirektoratets beretning. 1. årsmøde i specialudvalget for kartofler II. I sammendrag af indlæg Plantekongres 2011 s. 227-230
- Pekrun C, Hewitt JDJ, Lutman PJW, 1998. Cultural control of volunteer oilseed rape (*Brassica napus*). *Journal of Agricultural Science* 130:155-163.
- Pekrun C & Lutman PJW, 1998. The influence of post-harvest cultivation on the persistence of volunteer oilseed rape. *Weed seed banks: determination, dynamics and manipulation. Aspects of Applied Biology* 51:113-118.
- Pekrun C, Potter TC & Lutman PJW, 1997. Genotypic variation in the development of secondary dormancy in oilseed rape and its impact on the persistence of volunteer rape. *Proc. The 1997 Brighton Crop Protection Conference – Weeds.* pp 243-248.
- Perombelon NCM, 1975. Observations on survival of potato groundkeepers in Scotland. *Potato Research* 18:205-215
- Petti C, Mease C, Downes M & Mullins E, 2007. Facilitating co-existence by tracking gene dispersal in conventional potato systems with microsatellite markers.-*Environmental. Biosafety Research* 6:223-235.
- Pope MN, 1944. Some notes on technique in barley breeding. *The Journal of Heredity* 35:99-111.
- Ramsay G, Thompson CE, Neilson S & Mackay GR, 1999. Honeybees as vectors of GM oilseed rape pollen. [Gene flow and agriculture: relevance for transgenic crops. Proceedings of a symposium held at Keele, UK on 12-14 April 1999.](#) pp 209-214.
- Ramsay G, Thompson C & Squire G, 2003. Quantifying landscape-scale gene flow in oilseed rape. DEFRA report RG0216 www.defra.gov.uk/environment/gm/research/epg-rg0216.htm
- Rasmussen I, 2004. Spildfrø af vinterraps – er det et problem for økologerne. *Planteproduktion 2004. Månedsmagasinet Mark* 1:55.

- Rieger MA, Lamond M, Preston C, Powles SB & Roush RT, 2002. Pollen-mediated movement of herbicide resistance between commercial canola fields. *Science* 296:2386-2388.
- Ritala A, Nuutila AM, Aikasalo R, Kauppinen V & Tammissola J, 2002. Measuring gene flow in the cultivation of transgenic barley. *Crop Science* 42:278-285.
- Scheffler JA, Parkinson R & Dale PJ, 1993. Frequency and distance of pollen dispersal from transgenic oilseed rape (*Brassica napus*). *Transgenic Research* 2:356-364
- Schlink S, 1995. Überdauerungsvermögen und dormanz von rapssamen (*Brassica napus* L.) im boden. Proc 9th EWRS symposium "Challenges for weed science in a changing Europe". pp 65-72.
- Seeley TD, 1985. Honeybee ecology. Princeton University Press, New Jersey.
- Sester M, Dürr C, Darmency H & Colbach N, 2006. Evolution of weed beet (*Beta vulgaris* L.) seed bank: Quantification of seed survival, dormancy, germination and pre-emergence growth. *European Journal of Agronomy* 24:19-25.
- Sester M, Tricault Y, Darmency H & Colbach N, 2008. GeneSys-Beet: A model of the effects of cropping systems on gene flow between sugar beet and weed beet. *Field Crop Research* 107:245-256.
- Simard MJ, Légère A & Willenborg CJ, 2009. Reproductive phenology of transgenic *Brassica napus* cultivars: Effect on intraspecific gene flow. *Environmental Biosafety Research* 8:123-131.
- Squire GR, Breckling B, Pfeilstetter AD, Jørgensen RB, Lecomte J, Pivard S, Reuter H & Young MW, 2010. Status of feral oilseed rape in Europe: eits minor role as a GM impurity and its potential as a reservoir of transgene persistence. *Environmental Science and pollution Research* DOI 10.1007/s11356-010-0376-1.
- Svendsen O, 1991. Protein - pollen. *Tidsskrift for Biavl* 11:11-13.
- Timmons AM, Charters YM, Crawford JW, Burn D, Scott SE, Dubbels SJ, Wilson NJ, Robertson A, O'Brien ET, Squire GR & Wilkinson MJ, 1996. Risks from transgenic crops. *Nature* 380:487.
- Tolstrup K, Andersen SB, Boelt B, Buus M, Gylling M, Holm PB, Kjellsson G, Pedersen S, Østergaard H & Mikkelsen SA, (2003). Sameksistens mellem genetisk modificerede, konventionelle og økologiske afgrøder. Rapport fra Udredningsgruppen. 236 pp.
<http://www.fvm.dk/files/Filer/Landbrug/Rapport%20fra%20udredningsgruppen%20-%20internet-version.pdf> aktiveret 10 februar 2011.
- Tolstrup K, Andersen SB, Boelt B, Gylling M, Holm PB, Kjellsson G, Pedersen S, Østergaard H & Mikkelsen SA, (2007). Sameksistens mellem genetisk modificerede, konventionelle og økologiske afgrøder. Supplerende rapport fra Udredningsgruppen. 92 pp.
- Tricault Y, Darmency H & Colbach N, 2009a. Identifying key components of weed beet management using sensitivity analyses of the GENESYS-BEET model in GM sugar beet. *Weed Research* 49: 581-591.
- Tricault Y, Sester M, Darmency H, Angevin F & Colbach N, 2009b. Management of Herbicide-Resistant Weed Beet: a Simulation Study. GMCC-09 Adelaide. <http://www.gmcc-09.com/wp-content/uploads/darmency.pdf> aktiveret 9 februar 2011.
- Tuomisto J, 2005a. Coexistence of GM and non-GM potato varieties on Finnish Potato farms- potential costs and remedies. I NJF Seminar No. 379. "Aspects of growing Transgenic crops 7-8 March 2006, Denmark". pp 43-46.
- Tuomisto J, 2005b. Coexistence of GM and non-GM potato varieties on Finnish Potato farms- potential costs and remedies.
<http://www.economia.uniroma2.it/conferenze/icabr2005/papers/Tuomisto.pdf>.

- USDA, 2011. USDA announces partial deregulation for roundup ready sugar beets. http://www.aphis.usda.gov/newsroom/2011/02/rr_sugar_beets.shtml aktiveret 10 februar 2011.
- Von Bothmer R, 1992. The wild species of *Hordeum*: Relationships and potential use for improvement of cultivated barley. Chapter 1. In: PR Shewry, ed. *Barley: Genetics, Biochemistry, Molecular Biology and Biotechnology*. C.A.B International, Wallingford, Oxon. pp 3-18.
- Von Der Lippe M & Kowarik I, 2007. Crop seed spillage along roads: a factor of uncertainty in the containment of GMO. *Ecography* 30:483–490.
- Waddington KD, Visscher PK, Herbert TJ & Raveret Richter M, 1994. Comparisons of forager distributions from matched honey bee colonies in suburban environments. *Behavioral Ecology Sociobiology* 35:423-429.
- Wagner DB, Allard RW, 1991. Pollen migration in predominantly self-fertilizing plants: barley. *The Journal of Heredity* 82:302-304.
- Warwick SI, Légère A, Simard J & James T, 2008. Do escaped transgenes persist in nature? The case of an herbivore resistance transgene in a weedy *Brassica rapa* population. *Molecular Ecology* 17:1387-1395.
- Warwick SI, Beckie HJ & Hall LM, 2009. Gene flow, invasiveness, and ecological impact of genetically Modified crops. *The Year in Evolutionary Biology 2009*. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1168:72-99.
- Wilkinson MJ, Elliott LJ, Allainguillaume J, Shaw MW, Norris C, Welters R, Alexander M, Sweet J & Mason DC, 2003. Hybridization between *Brassica napus* and *B. rapa* on a national scale in the United Kingdom. *Science* 302:457-459.
- Willenborg CJ, Brûlé-Babel AL, Van Acker RC, 2009. Low crop plant population densities promote pollen-mediated gene flow in spring wheat (*Triticum aestivum* L.). *Transgenic Research* 18:841-854.