

Sammenskrivning af eksisterende viden om mulighederne for at anvende genmodificerede afgrøder i jordbrugserhvervet.

i forbindelse med bistand til udvalgsarbejdet til vurdering af de samlede konsekvenser af en afvikling af pesticidanvendelsen

Udvalg: Kathrine Hauge Madsen, Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole
Bodil Jørgensen, Peter Ulvskov, Danmarks JordbrugsForskning
Preben Bach Holm, Danmarks JordbrugsForskning

Indhold:

- 1. Resumé**
- 2. Udvalgets kommissorium**
- 3. Raps, majs, kartoffel og roers dyrkningsmæssige udbredelse**
- 4. Genetisk modificerede sukker- og foderroer.**
 - 4a) Egenskaber*
 - 4b) Genetisk modificerede sukker- og foderroers dyrkningsmæssige udbredelse*
 - 4c) Konsekvenser for pesticidforbruget på kort sigt*
- 5. Genetisk modificerede rapssorter.**
 - 5a) Egenskaber*
 - 5b) Genetisk modificerede rapssorters dyrkningsmæssige udbredelse*
 - 5c) Konsekvenser for pesticidforbruget på kort sigt*
- 6. Genetisk modificerede majssorter.**
 - 6a) Egenskaber*
 - 6b) Genetisk modificerede majssorters dyrkningsmæssige udbredelse*
 - 6c) Konsekvenser for pesticidforbruget på kort sigt*
- 7. Genetisk modificerede kartoffelsorter.**
 - 7a) Egenskaber*
 - 7b) Genetisk modificerede kartoffelsorters dyrkningsmæssige udbredelse*
 - 7c) Konsekvenser for pesticidforbruget på kort sigt*
- 8. Langsigtede konsekvenser ved dyrkning af herbicidresistente roer eller raps**
- 9. Konklusion**
- 10. Appendix**
 - Oversigt over genmodificerede planter i markforsøg i EU.*
 - Oversigt over genmodificerede planter i markforsøg i USA for perioden 1994- . Herbicidresistens er ikke medtaget.*
 - Udtalelse fra DLF-Trifolium*
 - Udtalelse fra Danisco*
 - Udtalelse fra AgrEvo*

1) Resume:

I vedlagte rapport har det nedsatte udvalg samlet den tilrådighed værende publicerede viden vedrørende hvilke genmodificerede planter af arterne roe, raps, majs og kartoffel, der er på vej til det danske jordbrug samt forsøgt at give en vurdering af effekten af disse plantearters dyrkning på pesticidforbruget i Danmark indenfor den kommende 10 års periode. I den forbindelse har udvalget anmodet DLF-Trifolium, Danisco, AgrEvo og Monsanto om at fremkomme med deres vurdering af effekten af en introduktion af genmodificerede afgrøder på pesticidforbruget i Danmark. Udvalget har også fundet det relevant at supplere ovenstående med oversigter over markforsøg i EU samt USA for der igennem at give et indtryk af hvilke genmodificerede afgrøder, der måtte være på vej til kommercialisering.

Glufosinat og glyphosat resistente foder- og sukkerroer samt glufosinat resistent raps står foran en umiddelbar markedsføring i Danmark. Rapporten sammenholder de hidtidige sprøjterutiner med de rutiner, der vil blive anvendt for disse afgrøder. Udvalget har forsøgt at give en oversigt over effekten af dyrkning af disse afgrøder på herbicidforbruget i Danmark. Denne oversigt er dog meget begrænset af de ganske få erfaringer, der er til rådighed i offentlig regi vedrørende dyrkning af disse genmodificerede plantearter, ligesom deres dyrkningsmæssige udbredelse står hen i det uvisse. Efter udvalgets vurdering vil dyrkning af glyphosat- og glufosinatresistente sukker- og foderroer sandsynligvis kunne føre til en væsentlig reduktion i mængden af anvendte herbicider, der anvendes for disse afgrøder, hvorimod dyrkning af herbicidresistent raps ikke synes at resultere i en væsentlig reduktion i herbicidanvendelsen. Der bør i denne meget foreløbige konklusion dog tages forbehold for, at der efter et par års erfaringer sikkert vil kunne ske en reduktion gennem optimerede sprøjtningrutiner.

Det skønnes også, at glufosinat resistent majs vil kunne blive introduceret på det danske marked indenfor de nærmeste år. Rapporten sammenholder de hidtidige sprøjterutiner med de rutiner, der vil blive anvendt for disse afgrøder. Dyrkning af glufosinatresistent majs i Danmark vil muliggøre, at midler som pyridat, bentazon og terbuthylazin vil kunne erstattes med glyphosat eller glufosinat

Der synes ikke på nuværende tidspunkt at være genmodificerede kartofler på vej, der vil kunne have en effekt på pesticidforbruget. Såfremt der ved genmodifikation kan opnåes effektiv svampe-resistens i kartofler vil dette kunne føre til en markant reduktion af fungicidforbruget i Danmark. Genmodifikation for opnåelse af forbedret svamperesistens synes endnu at være på et indledende stadium. Der er opnået en meget betydelig viden vedrørende de basale mekanismer vedrørende svampeangreb og svampe-plante interaktioner, men der er endnu relativt få markforsøg påbegyndt. De første sorter med effektiv svamperesistens vil sikkert først være på markedet i slutningen af den kommende 10 års periode.

2. Udvalgets kommissorium

Ifølge udkast til notat af 30. oktober 1997 (*Notat om inddragelse af den teknologiske udvikling indenfor anvendelsen af genetisk modificerede organismer i jordbruget i udvalget til vurdering af de samlede konsekvenser af en afvikling af pesticidanvendelsen*) anbefales det, at udvalget alene vurderer effekten af dansk dyrkning af raps, majs, kartoffel og roer, hvor der er indsat herbicid- eller insektresistens. Denne anbefaling er begrundet i sekretariatets vurdering, at der indenfor den 10 års periode, som udvalgets forudsigelser skal omfatte, alene synes at være en realistisk mulighed for en kommerciel dyrkning af afgrøder, der enten har opnået markedsføringstilladelse eller er i ansøgningsfasen.

Udvalget har imidlertid også ønsket at inkludere oversigter over markforsøg i EU samt USA (USA: perioden 1994-). Dette materiale udgør efter udvalgets mening et værdifuldt supplement, idet erfaringer fra USA viser, at der for flere afgrøders vedkommende kun er forløbet 7-8 år fra markforsøg til kommercialisering. Ligeledes mener udvalget, at en oversigt over nylige markforsøg i USA giver det bedste billede af udviklingen indenfor især svampesistens.

Udvalget har også besluttet at anmode om kommentarer fra DLF-Trifolium, Danisco, AgrEvo og Monsanto, der sandsynligvis næste år vil markedsføre genmodificerede planter i Danmark. Kommentarerne er ikke redigeret af udvalget.

3. Raps, majs, kartoffel og roers dyrkningsmæssige udbredelse

Det nuværende dyrkningsareal for raps, majs, kartoffel og roer i Danmark er angivet nedenfor.

Areal af de omtalte afgrøder i dansk landbrug (Kilde: Miljøstyrelsen, 1997)

Afgrøde	Arealstørrelse (1000 ha)	Procent af arealet
Raps	105	4,5
Roer	111	4,8
Kartofler	43	1,9
Majs	42	1,8

GMO-afgrødernes dyrkningsmæssige udbredelse vil være helt afhængig af parametre som jordbrugets generelle accept af den nye teknologi, forbrugernes accept af foder og fødevarer fra genmodificerede planter, pesticidafgifter, EU's støtteordninger for de enkelte afgrøder samt tilgængelighed og prissættelse af såsæd. Erfaringer fra områder uden for EU viser dog en meget væsentlig stigning i dyrkningsarealet for genmodificerede planter, en stigning, der særlig i USA har været begrænset af mængden af såsæd (se nedestående tabel).

Areal i mill. ha dyrket med genmodificerede planter (Svart og Højland 1997)

	USA	Kina	Canada	Argentina	Australien	Mexico
1996	1,5	1,1	0,1	0,1	0,08	0,08
1997	8,1	1,8	1,3	1,4	0,05	0,03

4) Genetisk modificerede sukker- og foderroer, der sandsynligvis vil blive markedsført indenfor de kommende 10 år:

4a) Egenskaber:

Produkt	Anmelder (Kilde: European Commission Dec. 1997)	Forsøgs- udsætning	Ansøgnings- dato	God- kendt
Glufosinatresistens	AgrEvo/PGS/SES/ITFBI/DJ Van der Have BV/Hilleshög/Procida/Inst. Technique Francais de la Betterave/ Industrielle DJ Van der Have BV/Zeneca Seeds/Sharpes International Seeds	x		
Glyphosatresistens	Monsanto/Danisco/DLF Trifolium/Hilleshög/S&G Seeds/Novartis Seeds AG/ DJ Van der Have BV/ITB/Inst. Technique Francais de la Betterave/Sharpes International Seeds	x	21. feb. 97. 1. sep. 97 sendt til EU (foderroe)	
Sulfonylurearesistens	Hilleshög/Danisco	x		
Svamperesistens	Danisco	x		
Virus resistens	Danisco/Hilleshög/DJ Van der Have BV/KWS/Planta/Sharpes International Seeds	x		

4b) Genetisk modificerede sukker- og foderroers dyrkningsmæssige udbredelse

Roer genmodificerede for herbicidresistens vil sandsynligvist blive den første afgrøde, der får en relativt stor udbredelse. Dette skyldes, at der er store dyrkningsmæssige fordele ved at dyrke herbicidresistente eller insektresistente roer. Dette forudsætter naturligvis, at disse sorter er på højde med de traditionelle sorter, hvad angår udbytte og sygdomsresistens i øvrigt.

4c) Konsekvenser for pesticidforbruget på kort sigt:

I roer har der vist sig gode muligheder for at reducere herbicidforbruget i herbicidresistente roer. Madsen og Jensen (1995) sammenlignede effekten af glyphosat med en traditionel blanding af roeherbicer og fandt, at 720 g virksomt stof af glyphosat gav samme eller bedre effekt som 3.17 kg traditionelle herbicer. Jensen (1998) konkluderede, at forbruget af herbicer i roer kan reduceres fra ca. 3 kg virksomt stof til 0,5-1,2 kg pr. ha i langt de fleste marker.

Virusresistente roer vil sandsynligvis reducere antallet af insekticidspøjtninger, idet forekomst af ferskenbladlus pt. er den hyppigste grund til skadedyrsspøjtninger i denne afgrøde. Ferskenbladlus overfører virusgulsot, som kan bevirke udbyttereduktioner på op til 40 procent ved tidlig smitte.

5) Genetisk modificerede rapssorter, der sandsynligvis vil blive markedsført indenfor de kommende 10 år:

5a) Egenskaber:

Produkt	Anmelder	Ansøgt	Godkendt
Glufosinat tolerance	Plant Genetic Systems	x	6.2. 1996
Glufosinat tolerance	Plant Genetic Systems	x	6.6. 1996
Glufosinat tolerance	AgrEvo	3.5. 1996	
Glufosinat tolerance	AgrEvo	25.11. 1996	
Glufosinat tolerance	Plant Genetic Systems	16.1. 1996	

5b) Genetisk modificerede rapssorters dyrkningsmæssige udbredelse

For rapsens vedkommende er situationen mere vanskelig at forudsige. Efter pesticidrevurderingen er der kun få muligheder for anvendelse af herbicider i raps og vanskelige ukrudtsarter, så som Hyrdetaske, Agersennep og Kiddike, er vanskelige at bekæmpe med de herbicider, der er til rådighed (Kristensen, 1997). Flere landmænd vælger mekanisk ukrudtsbekæmpelse som løsning til denne afgrøde. Mekanisk ukrudtsbekæmpelse forudsætter, at afgrøden udsås med 50 cm rækkeafstand, hvilket giver en besparelse i udsædsmængde, og på sigt må landmanden forvente en forøget pris pr. kg. udsæd ved køb af hybridfrø, som har vist merudbytter på 15-30 procent (Anonym, 1997). I Canada er ca. en fjerdedel af den dyrkede raps herbicidtolerant og et lignende omfang er sandsynligt i Danmark. Ifølge Wolfgang Lucas (AgrEvo) forventer man, at 40-45% af den i Canada dyrkede raps vil være herbicidresistent.

5c) Konsekvenser for pesticidforbruget på kort sigt:

Det er vanskeligt at forudsige, om dyrkning af herbicidresistent raps vil medføre en ændring i herbicidforbruget i denne afgrøde.

Herbicidmuligheder i traditionel vårraps i Danmark sammenlignet med herbicidbrug i resistente rapssorter, som er tilgængelige i Canada (Kilde: Danmarks Jordbrugsforskning, 1998; Saskatchewan Agriculture and Food, 1997a; 1997b).

Herbicide	Sort	Transgen	Type	g a.i. ha ⁻¹	Sprøjtestrategi
Napropamid	Traditionelle	Nej	vår/vinter	450	Nedharves ved såning
Propyzamid	Traditionelle	Nej	vinter	500	Okt.-december
Glyphosat (Roundup Ready)	Quest	Ja	vår	294-445	Op til 6 bladstadium for afgrøden
Glufosinat (Liberty Link)	Independence Innovator	Ja	vår	300-600	Kimbladstadium til afgrødens knopstadium

6. Genetisk modificerede majssorter, der sandsynligvis vil blive markedsført indenfor de kommende 10 år:

6a) Egenskaber:

Der er i majs indsat gener, der giver insektresistens (Bt-toxin) samt gener for herbicidresistens mod glufosinat. Monsanto har i USA foretaget markforsøg med glyphosatresistent majs, men denne er, såvidt udvalget er orienteret, ikke søgt markedsført i EU.

Produkt	Anmelder	Ansøgningsdato	Godkendt
Bt-resistens og glufosinatresistens	Ciba Geigy	Nov. 1994	23. jan. 1997

6b) Genetisk modificerede majssorters dyrkningsmæssige udbredelse

Ifølge Christian Haldrup, Landbrugets Rådgivningscenter dyrkes der i Danmark op mod 50.000 ha med majs, heraf ca. 80% i monokultur. Det er på nuværende tidspunkt vanskeligt at bekæmpe kvikgræs, men bliver det tilladt at anvende rimsulfuron (Titus) vil problemet være nogenlunde løst (Christian Haldrup, Landskontoret for Planteavl, personlig kommunikation). Ifølge Christian Haldrup vil der være stor interesse for at dyrke herbicidresistent majs i Danmark. Der foretages kun

i ringe omfang insektbekæmpelse i dansk dyrket majs, og insektresistente majssorter er derfor næppe aktuelle for dansk jordbrug.

6c) *Konsekvenser for pesticidforbruget på kort sigt:*

Ifølge Christian Haldrup kan der anvendes følgende ukrudtsbekæmpelse:

Normal ukrudtsbekæmpelse

Bekæmpelsesmiddel	Dosis formuleret produkt Kg, l/ha	Virksomt stof g/ha	Behandlingshyppighed Indeks
Terbuthylazin	0,75	375	
Pyridat	0,75	337,5	
Terbuthylazin	0,75	375	
Pyridat	0,75	337,5	
I alt		1425	1,4
Eller			
Bentazon Terbuthylazin	1	400	
Bentazon Terbuthylazin	1,3	520	
I alt		920	0,92
Hertil kommer kvikbekæmpelse hver 3-4 år			
Glyphosat	1	360	0,33

Glyphosat resistent majs

Glyphosat	1,5	540	0,5
Glyphosat	1,5	540	0,5
I alt		1080	1
Glufosinat resistent majs			
Glufosinat	1,5	300	0,5
Glufosinat	1,5	300	0,5
I alt		600	1
Der bliver måske behov for kvikbekæmpelse med Glyphosat			

Konklusionen af ovenstående er, at den nuværende årlige sprøjtning med 1050 g virksomt stof (v.s.) pr. ha terbuthylazin + 944 g/ha pyridat eller 846 g v.s. pr. ha bentazon+terbuthylazin vil kunne erstattes med 1080 g v.s. pr. ha glyphosat eller 600 g v.s. pr. ha glufosinat. Herudover vil der komme kvikbekæmpelse hver 3-4 år.

7) Genetisk modificerede kartoffelsorter, der sandsynligvis vil blive markedsført indenfor de kommende 10 år:

7a) Egenskaber:

Produkt	Anmelder	Forsøgs-udsætning	Ansøgningsdato	Godkendt
Glufosinatresistens	Planta	x		
Virusresistens	Landbrugets Kartoffelfond/University of Helsinki/Germicopa/ Federal Centre for Breeding Research on Cultivated Plants/Ropta Kweekbedrijf-ZPC/PAGV/ Plant Breeding Int./Scottish Crop Res. Inst./Dept. of Agric. Northern Ireland	x		
Svamperesistens	University of Hamburg/CPRO-DLO/Mogen Int. NV/Plant Breeding Int.	x		
Insektresistens	Nickerson Seeds SA	x		
Nematoderesist.	Plant Breeding Int.	x		
Bakterieresistens	Federal Centre for Breeding Research on Cultivated Plants/Agrico research/CPRO-DLO	x		

7b) Genetisk modificerede kartoflers dyrkningsmæssige udbredelse

I kartoffeldyrkning domineres pesticidforbruget af fungicider. Meget brugt er kontaktmidler så som Maneb og Mancozeb. Disse giver en overfladebeskyttelse, og fungicidet er derfor vejrfølsomt. Det er nødvendigt at sprøjte op til 6 gange pr. sæson for at forhindre udbyttetab som følge af kartoffelskimmel (behandlingshyppigheden for fungicider i kartofler var 5.5 i gnsn. af 1995-96). Kartoffelskimmel medfører udbyttetab på 40-50 procent, og uden resistente sorter eller fungicider vil en kartoffelmelsproduktion ikke være rentabel i Danmark. Dyrkning af stivelseskartofler kan kræve flere sprøjtninger i højrisiko vækstsæsoner. Resistens overfor Phoma og rodtiltsvamp vil overflødig gøre bejdsning af læggeknolde (Højmark, Landskontoret for Planteavl, personlig kommunikation).

I Danmark sprøjtes der ikke mod nematoder, bakterier og virussygdomme. Resistens overfor disse skadedyr eller sygdomme vil derfor næppe ændre pesticidforbruget. En evt. resistens mod nematoder, bakterier og virussygdomme vil dog lette fremavlen af læggematerialet samt sandsynligvis bevirke en udbyttefremgang (Højmark, Landskontoret for Planteavl, personlig kommunikation).

Typisk randsprøjtes der mod cikader og bladtæger, men insekticidsprøjtning i kartofler er af mindre omfang med en gennemsnitlig behandlingshyppighed på 0,4 i gennemsnit af 1995-96.

Ukrudtsbekæmpelse foretages typisk med metribuzin i doseringen 245 g virksomt stof pr. ha på omkring kartoflernes fremspiring. I dag anvendes glufosinat til nedvisning, og det er tvivlsomt om det vil være en fordel at indsætte glufosinatresistens i kartofler, fordi muligheden for nedvisning med dette herbicid da er udelukket. Glyphosatresistens vil give den dyrkningsmæssige fordel, at man kan bekæmpe ukrudt, når kartoflerne er ca. 10 cm høje, hvorefter de meget hurtigt efter lukker rækkerne (Højmark, Landskontoret for Planteavl, personlig kommunikation). Glyphosat har yderligere den fordel, at det ikke er persistent i jord.

Det er vanskeligt at give en samlet vurdering af genmodificerede kartoflers udbredelse. Det er udvalgets vurdering, at kartofler med resistens overfor kartoffelskimmel vil få en stor udbredelse indenfor kartoffeldyrkning til industri (kartoffelmelsproduktion), hvilket udgør hovedparten af kartoffelarealet, mens markedet for spisekartofler nok vil være mere følsomt overfor forbrugernes skepsis.

7c) Konsekvenser for pesticidforbruget på kort sigt:

Resistens overfor kartoffelskimmel vil bevirke en besparelse på 5-6 fungicidsprøjtninger, mens der næppe vil være en nedgang i herbicidforbruget som følge af glyphosatresistens. Afhængig af dyrkningsomfanget samt graden af resistens er det sandsynligt, at der vil kunne opnås meget væsentlige reduktioner i mængden af anvendt pesticid i dansk kartoffeldyrkning ved anvendelse af sorter transformeret for forøget svamperesistens.

8. Langsigtede konsekvenser ved dyrkning af herbicidresistente roer eller raps.

Miljøstyrelsen igangsatte i 1995 et udredningsarbejde, som havde til formål ved hjælp af computer at simulere herbicidforbruget i sædskifter med transgene sukkerroer og raps (Madsen *et al.*, 1997a). Dette arbejde er resulteret i to simple empiriske modeller, som primært fokuserer på det akkumulerede herbicidforbrug i sædskiftet og opståen af herbicidresistente ukrudts- og spildplanter.

Den første simuleringsmodel undersøger, hvilke potentielle effekter herbicidresistente bederoer kan få for det fremtidige herbicidforbrug i Danmark. Modellen anvender en logistisk funktion til at simulere daglig tilvækst i afgrøder og ukrudt, som konkurrerer om en maksimal tørstofproduktion ud fra et givet afgrødepotentiale. Skadetærskler for ukrudtbekæmpelse er sat ud fra en kritisk tørstofmængde. Ukrudtspopulationens dynamik bestemmes af bekæmpelsesniveauet og ændringer i frøbanken. Simulering af et sædskifte med roer-byg-hvede-hvede viste, at herbicidforbruget i kg aktivt stof kan nedsættes ved dyrkning af glufosinat- eller glyphosatresistent bederoer (Madsen *et al.*, 1996).

I Canada dyrkes der allerede gensplejsede rapssorter med resistens overfor glufosinat og glyphosat samt sorter med herbicidresistens opstået ved mutationer. De gensplejsede sorter har kun været på markedet i få år, og det er endnu for tidligt at afgøre, om der på langt sigt vil være uønskede konsekvenser som følge af dyrkning af disse afgrøder. Derimod kan vi benytte os af deres erfaringer med ukrudtsbekæmpelse (dosering, sprøjtetidspunkt m.m.) for at få et indtryk af, hvorledes disse afgrøder vil blive dyrket i Europa.

Modellen for et rapssædskifte anvender samme principper som roemodellen, men her er det desuden muligt at ændre på doseringen af de forskellige herbicider, idet bekæmpelsesniveauet er bestemt ud fra en doseringskurve for hver art. Simulering af et sædskifte med vintersorter af raps-hvede-hvede-byg viste ikke et entydigt nedsat forbrug. Når herbicidforbruget blev målt i kg aktivt stof viste modellen ikke et lavere forbrug i scenarier med glyphosat- eller glufosinatresistent raps i forhold til traditionelt dyrket raps, mens når herbicidforbruget blev opgjort i behandlinghyppighed (baseret på de canadiske anbefalede doseringer), så var denne lavere i scenarierne med herbicidresistent raps. Resistente spildplanter og hybrider mellem raps og Agerkål (*Brassica campestris*) var tilstede, men udgjorde ikke et problem i dette sædskifte (Madsen *et al.*, 1997b).

Simuleringsmodellerne er et første forsøg på, at integrere den viden vi har om transgene herbicidresistente afgrøder med erfaringer fra den nuværende landbrugspraksis. Det bør understreges, at modellerne skal valideres, før det er muligt at lave en pålidelig forudsigelse om de langsigtede konsekvenser ved dyrkning af disse afgrøder. For at validere og justere modellen må

man sammenligne simuleringer over kortere perioder med markdata fra sædskifter med herbicidresistente afgrøder, efter at disse er blevet tilgængelige på markedet. På baggrund af de præmisser, som er lagt til grund for disse to empiriske modeller, kan vi konkludere, at mængden af herbicid i et sædskifte med herbicidresistente roer falder, mens mængden i et sædskifte med herbicidresistent vinterraps er uændret til stigende, hvorimod behandlingshyppigheden falder.

Litteratur:

- ANONYM (1997) Hybrid Canola. AgrEvo Canada Inc., 6 pp.
- DANMARKS JORDBRUGSFORSKNING (1998) Plantebeskyttelsesmidler. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, Danmarks Jordbrugsforskning, 79 pp.
- EUROPEAN COMMISSION (1997) List of SNIFS circulated under article 9 of directive 90/220/EEC. Notat fra Europa Kommissionen af 21. november 1997.
- JENSEN PE (1998) Doseringsbehov ved kemisk ukrudtsbekæmpelse i almindelige og glyphosatresistente bederoer. 15. Danske Planteværnskonference 1998 - Ukrudt, 115-123.
- KRISTENSEN H (1997) Experiences with mechanical weeding in oilseed rape. *14th Danish Plant Protection Conference - side effects of pesticides, weeds*, 179-82.
- MADSEN KH & JENSEN JE (1995) Weed control in glyphosate-tolerant sugarbeet (*Beta vulgaris* L) *Weed Research* 35, 105-11.
- MADSEN KH, BLACKLOW WM & JENSEN JE (1996) Simulation of herbicide-use in a crop rotation with transgenic herbicide resistant sugarbeet. *Proceedings of the Second International Weed Control Congress*, 1387-1391.
- MADSEN KH & OLESEN A (1997) Gensplejsede planter - Hvad skal vi med dem? *Kronik i Berlingske Tidende* den 9. januar 1997.
- MADSEN KH, POULSEN ER & STREIBIG JC (1997a) Modelling of herbicide use in genetically modified herbicide resistant crops - 1. Content and input for models. Environmental project No. 346, Ministry of Environment and Energy, Denmark, Danish Environmental Protection Agency, 65 pp.
- MADSEN KH, POULSEN ER & STREIBIG JC (1997b) Modelling of herbicide use in genetically modified herbicide resistant crops - 2. Description of models and model output. Environmental project, Ministry of Environment and Energy, Denmark, Danish Environmental Protection Agency, 64 pp, (under fFrdiggrrrelse).
- MILJØSTYRELSEN (1997) *Bekæmpelsesmiddelsstatistik 1996. Orientering fra Miljøstyrelsen 10*. Miljø-og Energiministeriet, Denmark.
- SASKATCHEWAN AGRICULTURE AND FOOD (1997a) Varieties of grain crops 1997. Saskatchewan Agriculture and Food Statistics Branch, Regina, Saskatchewan Canada, 16 pp.
- SASKATCHEWAN AGRICULTURE AND FOOD (1997b) Crop protection guide 1997. Saskatchewan Agriculture and Food Statistics Branch, Regina, Saskatchewan Canada, 207 pp.
- SVART HE & HØJLAND JG (1997) Genmodificerede planter – en trussel mod dansk natur? I: *Regulering og status*. *Urt*, 21/4, 132-137.

9) Konklusion

Indledningsvis ønsker udvalget at understrege, at den til rådighed værende information ikke tillader generelle konklusioner vedrørende effekten af genmodificerede planter på forbruget af pesticider i dansk jordbrug i den kommende 10 års periode. Den nuværende portefølge af genmodificerede planter, der står for en umiddelbar introduktion på det danske marked, er meget begrænset, og der er i offentligt regi kun udført begrænsede undersøgelser over konsekvenserne på pesticidforbruget. Et fuldgældigt billede vil først kunne dannes, når disse afgrøder har været dyrket i stor skala gennem en årrække. Andre parametre af relevans er GMO-afgrødernes dyrkningsmæssige udbredelse, jordbrugets generelle accepts af den nye teknologi, forbrugernes accept af foder og fødevarer fra genmodificerede planter, pesticidafgifter, EU's støtteordninger for de enkelte afgrøder samt tilgængelighed og prissættelse af såsæd. Ligeledes må det formodes, at det efter en årrække vil være muligt at optimere pesticidanvendelsen med en reduktion i forbruget af disse midler til følge

Der synes dog at være følgende tendenser:

- 1) Dyrkning af glyphosat- og glufosinatresistente sukker- og foderroer vil sandsynligvis kunne føre til en væsentlig reduktion i mængden af anvendte herbicider, der anvendes for disse afgrøder.
- 2) Dyrkning af herbicidresistent raps synes ikke at resultere i en væsentlig reduktion i herbicid-anvendelsen. Der bør i denne meget foreløbige konklusion dog tages forbehold for, at der efter et par års erfaringer sikkert vil kunne ske en reduktion gennem optimerede sprøjtningrutiner.
- 3) Dyrkning af glufosinatresistens majs i Danmark vil muliggøre, at midler som pyridat, bentazon og terbuthylazin vil kunne erstattes med glyphosat eller glufosinat.
- 4) Herbicidresistens i kartofler synes ikke at have den store relevans. Fremstilling af svamperesistente kartoffelsorter vil imidlertid kunne føre til en endog meget væsentlig reduktion af fungicidforbruget i Danmark.
- 5) Genmodifikation for opnåelse af forbedret svamperesistens synes endnu at være på et indledende stadium. Der er opnået en meget betydelig viden vedrørende de basale mekanismer vedrørende svampeangreb og svampe-plante interaktioner, men der er endnu relativt få markforsøg påbegyndt. De første sorter med effektiv svamperesistens vil sikkert først være på markedet i slutningen af den kommende 10 års periode.

10) Genetisk modificerede plantearter under afprøvning i markforsøg

Udvalget har skønnet det relevant at inkludere i tabelform plantearter under afprøvning i EU, der er genetisk modificerede for herbicid-, svampe-, bakterie-, insekt-, nematode- og virusresistens.

Derudover er det også fundet relevant at inkludere markforsøg i USA (1994-) med planter genetisk modificerede for -, svampe-, bakterie-, insekt og virusresistens samt produktkvalitetsegenskaber. Der er kun medtaget planterarter af relevans for dansk jordbrug.

Plantearter i markforsøg i EU

Organisme	Herbicidres.	Svamperes.	Bakterieres.	Insektres.	Nematoderes	Virusres.
Lucerne						x
Blomkål	x			x		
Blomme						x
Gulerod		x				
Hvede	x	x				
Jordbær				x		
Julesalat	x			x		
Kartoffel	x	x	x	x	x	x
Majs	x			x		x
Nellike	x					
Raps	x	x		x		
Roe	x					x
Salat						x
Solsikke	x	x				x
Squash						x
Tomater		x		x		x

Planter i markforsøg i USA i perioden fra 1994- (<http://gophisb.biochem.vt.edu/cgi-dos/bioone.exe#scroll>). X angiver, at der ikke umiddelbart angives hvilket gen, der er indsat.

Organisme	Firma	Dato	Svampe-resistens	Bakteri-Resistens	Virus-Resistens	Insekt-resistens	Produkt-kvalitet	Frugt-Modning	Han sterilitet
Æble	Cornell Univ.	21.4. 94		Attacin E CecropinB Lysozym				Polygalac-Turonase ACC synthase	
Æble	Dry Creek	31.5. 95				Cry IA (a og b)			
Æble	Cornell Univ.	6.6. 95		Attacin E Cecropin B				Polygalactu-ronase ACC synthase	
Æble	Dry Creek	13.6. 97				Cry IA			
Byg	ARS	4.3. 94			BYDV				
Byg	ARS	6.3. 95			BYDV				
Byg	Washington State Uni.	1.5. 96					x		
Byg	Washington State Uni.	11.3. 97					x		
Roe	Betaseed	24.3. 94			BNYVV				
Roe	Betaseed	28.4. 94			BNYVV				
Roe	Betaseed	9.5. 95			BNYVV				
Roe	Betaseed	19.1. 96			BNYVV				
Roe	Betaseed	31.1. 97			BNYVV				
Roe	Betaseed	22.4. 97			X				
Gulerod	PanAmerican Seed	27.9. 94					x		
Gulerod	Asgrow	16.3. 95	Chitinase Glucanase Osmotin						
Majs	Michigan St. Univ	13.6. 94				x			
Majs	Northrup King	31.1. 95				x			
Majs	Northrup King	15.5. 95	x						
Majs	Ciba-Geigy	28.3. 95				x			
Majs	Northrup King	6.12. 95	x						
Majs	Pioneer	31.5. 96	x						
Majs	Pioneer	4.4. 97	x						
Krybhvene	Michigan St. Uni	5.9. 95	Proteinase inhibitor II						
Krybhvene	Rutgers U	18.7. 96			CMV, WMV2 ZYMV				
Krybhvene	Rutgers I	28.5. 97	Coat protein						
Salat	Upjohn	3.6. 94			TSWV				
Salat	Upjohn	7.2. 95			TSWV				
Salat	Seminis	23.1. 97			LMV				
Salat	Veg. Seeds Harris Morgan	9.6. 97	x	X					
Ært	DNA Plant Tech	28.2. 94							
Løg	Texas Tech Uni	23.8. 96	Fusarium Phoma						
Kartoffel	Monsanto	4.5. 97			PLRV	CryIIIA			
Kartoffel	Univ. of Idaho	21.4. 94			BYDV PRLV PVX PVY TRV TVMV				
Organisme	Firma	Ansøg-	Svampe-	Bakteri-	Virus-	Insekt-	Produkt-	Frugt-	Han

		ningsdato	resistens	Resistens	Resistens	resistens	kvalitet	Modning	sterilitet
Kartoffel	Frito Lay	9.6. 94	Verticilium						
Kartoffel	Monsanto	31.10. 94			PLRV	CryIIIa			
Kartoffel	Monsanto	4.4. 95			PRLV	CryIIIa			
Kartoffel	Univ. of Idaho	16.5. 95			PLRV PVY TRV				
Kartoffel	Frito Lay	13.4. 95	Verticilium						
Kartoffel	Washington Uni.	9.6. 95	Verticilium						
Kartoffel	Monsanto	15.9. 95			PLRV	CryIIIa			
Kartoffel	Monsanto	2.4. 96			PLRV	CryIIIa			
Kartoffel	Monsanto	2.5. 96					Forøget tørstof		
Kartoffel	Univ. of Idaho	29.4. 96			PLRV PVY TRV				
Kartoffel	Frito Lay	13.2. 96	x						
Kartoffel	ARS	31.5. 96			PRLV				
Kartoffel	Monsanto	29.10. 96			PLRV	CryIIIa			
Kartoffel	Monsanto	10.4. 97			PLRV PVY	CryIIIa			
Kartoffel	Monsanto	16.4. 97	X						
Kartoffel	Univ. of Idaho	24.4. 97			PLRV PVY				
Kartoffel	Monsanto	29.7. 97			PLRV	CryIIIa			
Kartoffel	Cornell Uni.	9.6. 97			PVY				
Raps	Du Pont	5.5. 94					Oliekvalitet		
Raps	Calgene	6.4. 94					Oliekvalitet		
Raps	Calgene	10.3. 94					Oliekvalitet		
Raps	Univ. og Idaho	28.4. 94							Barnase
Raps	Du Pont	28.4. 94					Proteinkvalitet		
Raps	Calgene	19.4. 94					Oliekvalitet		
Raps	Du Pont	29.7. 94					Oliekvalitet		
Raps	Calgene	12.10. 94					Oliekvalitet		
Raps	Calgene	18.8. 94					Oliekvalitet		
Raps	Univ. of Georgia	9.2. 95				CryIA			
Raps	Calgene	29.9. 94							
Raps	Univ. of Chicago	6.1. 95				CryIA Proteinase Inhibitor II			
Raps	Univ. of Idaho	23.3. 95							Barnase Barstar
Raps	Univ. of Idaho	6.4. 95							Barnase Barstar
Raps	InterMountain	6.4. 95					Oliekvalitet		
Raps	Canola								
Raps	Calgene	6.4. 95					Oliekvalitet		
Raps	Calgene	24.4. 95					Oliekvalitet		
Raps	Calgene	7.3. 95					Oliekvalitet		
Raps	Calgene	4.4. 95					Oliekvalitet		
Raps	Calgene	28.9. 95					Oliekvalitet		
Raps	Univ. Of Idaho	10.4. 96				CryIA Proteinase inhibitor I			
Raps	Univ. of Idaho	11.3. 96							Barnase Barstar
Raps	Cargill	10.4. 96					Oliekvalitet		
Raps	Monsanto	19.4. 96					Polymer		
Raps	Cargill	26.3. 96					Proteinkval.		
Raps	Calgene	12.4. 96					Oliekvalitet		
Raps	Calgene	3.5. 96					Oliekvalitet		
Raps	Calgene	6.5. 96					Oliekvalitet		
Raps	Calgene	3.10. 96					Oliekvalitet		
Raps	Pioneer	17.9. 96					Pharmaceutisk protein		
Organisme	Firma	Ansøgningsdato	Svampe-resistens	Bakteri-Resistens	Virus-Resistens	Insekt-resistens	Produkt-kvalitet	Frugt-modning	Han-sterilitet

Raps	Tilak Raj Sawheny	29.8. 96					Barnase Barstar
Raps	Cargill	12.9. 96				Olikvalitet	
Raps	Calgene	14.3. 97				Oliekvalitet	
Raps	Calgene	8.5. 97				Oliekvalitet	
Raps	AgrEvo	16.4. 97					Barnase Barstar
Raps	Cargill	12.3. 97				Oliekvalitet	
Raps	University of Chicago	22.4. 97			CryIA Proteinase inhibitorI		
Raps	Cargill	6.5. 97				Proteinkvalitet	
Raps	Cargill	3.6. 97	Post-harvest resistant				
Jordbær	Monsanto	28.8. 95					x
Jordbær	Plant Science Research	14.12. 95	X				
Jordbær	Agritope	11.10. 96					x
Jordbær	Calgene	11.10. 96					x
Jordbær	Plant Science Research	31.10. 96	X				
Jordbær	DNA Plant Tech	21.3. 97	X				
Jordbær	Plant Sciences	6.11. 97	X				
Tomat	ARS	30.4. 97				CMV	
Tomat	Upjohn	13.4. 94				TSWV	
Tomat	Upjohn	26.1. 95				TSWV	
Tomat	Asgrow	24.1. 96				Gemini	
Tomat	Asgrow	6.5. 96				TSWV	
Tomat	Calgene	16.5. 96				TMV	
Tomat	Univ. of Wisconsin	24.6. 96		X			
Tomat	Rogers	13.1. 97				TSWV	
Toma	Univ. og Florida	5.12. 96				ToMoV	
Tomat	Seminis Vegetable S.	23.1. 97				Gemini	
Tomat	Zeneca	31.1. 97					Forøget tørstof
Tomat	ProdiGene	29.1. 98					Pharmaceutisk protein x
Hvede	Monsanto	4.5. 95	x				
Hvede	Monsanto	28.6. 95				WSMV	
Hvede	Monsanto	18.8. 95					Lagerprotein
Hvede	Monsanto	11.3. 96	x				
Hvede	Monsanto	23.4. 96					Proteinkval.
Hvede	ARS	15.2. 96					Proteinkval.
Hvede	Monsanto	23.4. 96	x				
Hvede	Monsanto	29.7. 96	x				
Hvede	Univ. of Idaho	11.9. 96				BYDV WSMV	
Hvede	Monsanto	18.3. 97	Fusarium				
Hvede	Monsanto	10.3. 97	x				

DLF-Trifoliums forventninger til konsekvenser for herbicidforbruget i foderroer på kort sigt.

Grundlaget for vores vurdering er følgende antagelser:

- Arealet med foderroer i Danmark stabiliseres fra 1999 til 35.000 ha
- Ingen væsentlig nyudvikling af herbicider eller mekaniske metoder til renholdning af roer i perioden frem til 2007.
- Maximalt ca 70% af roearialet til GMO roer, resten er økologisk dyrket eller konventionelt dyrket med traditionelle sorter.
- Den mængde frø, der er til rådighed i 1999, vil være begrænset.
- Det antages, at ukrudtstrykket er større i foderroe marker end hos sukkerroeavlere. Samtidig antages det, at den traditionelle ukrudtsbekæmpelse i foderroer ikke foregår optimalt med hensyn til tidspunkt på grund af arbejdspresset på ejendommene, og at kemikalieforbruget derfor er relativt højt.
- Det antages, at det gennemsnitlige forbrug af Roundup i roemarkerne bliver 3.5 kg. Monsanto's anbefalinger er et maksimalt forbrug på 6 ltr. pr ha.

Forventede konsekvenser:

I den vedlagte tabel er kemikalieforbruget ved gradvis overgang til Roundup tolerante foderroer sammenlignet med kemikalieforbruget, hvis alle roemarkers fortsat blev dyrket med traditionelle midler. Tallene er angivet i tons handelsvare, og kan omregnes til tons aktiv stof.

Af beregningerne fremgår det, at vi for perioden fra 1999-2007 forventer, at gennemsnitlig 54% af foderroe arealerne bliver dyrket med Roundup tolerante sorter. Den samlede kemikaliebesparelse for perioden forventes at blive på 1286 tons fordelt på 507 tons Goltix, 761 tons Betanal, 85 tons Nortron, 51 tons Fusilade og et merforbrug af Roundup på 118 tons. Det svarer til en besparelse på 54% af kemikalierne Goltix, Betanal, Nortron og Fusilade sammenlignet med, hvis alle arealer fortsat blev dyrket med traditionelle sorter.

Merforbrug af Roundup fremkommer på de ejendomme, som idag bruger Fusilade (ikke Roundup) som kvikbekæmpelse, men som fremover ønsker at dyrke Roundup tolerante roer og derfor erstatter Fusilade med Roundup.

Skønnede konsekvenser af Roundup tolerante foderroer for herbicidforbruget i Danmark

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Areal med foderroer i Danmark (1000ha)	38	35	35	35	35	35	35	35	35	35
Forventede areal med traditionelle roer	38	31	25	20	15	11	11	11	11	11
Forbrug af Goltix i tons (3kg pr ha)	114	93	75	60	45	33	33	33	33	33
Forbrug af Betanal i tons (4.5 kg pr ha)	171	140	113	90	68	50	50	50	50	50
Forbrug af Nortron i tons (0.5 kg pr ha)	19	16	13	10	8	6	6	6	6	6
Forbrug af Roundup i sædskiftet* (3.5 kg pr ha)	133	109	88	70	53	39	39	39	39	39
Forbrug af Fusilade ** (1.5 ltr pr ha)	11	9	8	6	5	3	3	3	3	3
Forventede areal med Roundup tolerante foderroer	0	4	10	15	20	24	24	24	24	24
Forbrug af Roundup (3.5 ltr pr ha)	0	14	35	53	70	84	84	84	84	84
Hvis alle arealer fortsat blev dyrket med Traditionelle sorter										
Forbrug af Goltix i tons (3kg pr ha)	114	105	105	105	105	105	105	105	105	105
Forbrug af Betanal i tons (4.5 kg pr ha)	171	158	158	158	158	158	158	158	158	158
Forbrug af Nortron i tons (0.5 kg pr ha)	19	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Forbrug af Roundup i sædskiftet* (3.5 kg pr ha)	133	123	123	123	123	123	123	123	123	123
Forbrug af Fusilade ** (1.5 ltr pr ha)	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Kemikalie besparelse i tons										
Goltix	0	12	30	45	60	72	72	72	72	72
Betanal	0	18	45	68	90	108	108	108	108	108
Notron	0	2	5	8	10	12	12	12	12	12
Roundup	0	-3	-7	-11	-14	-17	-17	-17	-17	-17
Fusilade	0	1	3	5	6	7	7	7	7	7

* Det antages af 80% af avlerne anvender 3.5 ltr Roundup på et areal svarende til roearealet

** Det antages at 20% af avlerne anvender 1.5 ltr Fusilade i roemarken til kvikbekæmpelse.

Kemikalie besparelse i alt

i perioden 1999 - 2007.

507 tons Goltix

761 tons Betanal

85 tons Nortron

- 118 tons Roundup

51 tons Fusilade

Udtalelse fra Danisco Seed:

M.h.t. til udbytter vil vi henvise til de officielle forsøgsresultater med foderroen A5/15, hvor Roundup sprøjtede roer giver ca. 5% højere udbytte sammenlignet med konventionel herbicid behandling. Vore egne resultater med transgene herbicidresistente sukkerroer viser samme tendens.

M.h.t. reduktion af mængden af aktivt stof i et sædskifte med henholdsvis konventionel herbicid behandling og Roundup Ready behandling henvises til nedenstående tabel, hvor der tages hensyn til kvikbekæmpelse i kornafgrøderne. Tabellens beregninger bygger på et typisk lollandsk sædskifte, d.v.s. sukkerroer hver fjerde år og korn i de tre øvrige, hvor der tages hensyn til, at kvikbekæmpelse i kornet ikke mere er nødvendigt i sædskifte med Roundup Ready resistente roesorter. Som det fremgår, vil der ske en halvering af udbragt mængde aktivt herbicid, når der således tages hensyn til kvikbekæmpelse i kornet. Der skal her gøres opmærksom på, at de anførte 4.5 liter Roundup i roerne ikke er en lav ansættelse.

Vi mener, at denne ansættelse af herbicid forbruget også gælder foderroer. Disse bliver idag måske sprøjtet lidt mere end sukkerroer, idet der er en tendens imod, at man kommer lidt senere ud, hvilket kræver større dosis. Endvidere er der ofte mere kvik i sædskifterne, og man må ofte bekæmpe kvik i roerne også. Reduktionen i herbicid forbruget ved anvendelse af transgene foderroer kan derfor vise sig at blive større end for sukkerroernes vedkommende.

Traditionelt sædskifte		Roundup Ready roer i sædskifte
Korn – Roundup 2000 2 x 1,5 L	1200 g a.i.	Korn Ingen kvikbekæmpelse
Roer – herbicider 3 kg Goltix 3 L Herbasan 0,6 L Ethosan	2100 g a.i. 480 g a.i. 300 g a.i.	Roer 4,5 L Roundup 1620 g a.i.
	4080 g a.i.	1620 g a.i.

Kommentar fra Wolfgang Lucas, AgrEvo:

AgrEvo deler det synspunkt, at det er nødvendigt med en grundig undersøgelse af konsekvenserne for miljøet ved introduktionen af genmodificerede afgrøder.

Vi understøtter derfor fuldt ud udarbejdelse af denne rapport, der skal give en vurdering af effekten på forbruget af plantebeskyttelsesmidler i Danmark ved overgangen til dyrkning af genmodificerede afgrøder.

Vi er dog af den opfattelse, at fordelene ved de genmodificerede afgrøder ikke udelukkende kan gøres op ved en direkte sammenligning af forbrug af g aktivstof pr. ha.

Med de genmodificerede afgrøder tager vi hul på helt nye dyrkningsmetoder, som ikke kun resulterer i, at anvendelsen af aktivstof nedsættes. Der vil også være en række andre fordele for landmanden og for samfundet:

- udvikling af sygdomsresistente afgrøder
- produkterne har en bedre miljøprofil
- kraftig stigning i udbyttet p.g.a. nye forbedrede sorter f.eks. hybridraps
- større fleksibilitet ved valg af afgrøde og sædskifte
- større fleksibilitet ved valg af sprøjtetidspunkt
- mulighed for ny dyrkningsteknik med mindre jordbehandling, d.v.s. mindre harvning/pløjning → mindre energiforbrug

Vor vurdering er, at introduktionen af genmodificerede afgrøder vil resultere i betydelig nedsættelse af forbruget af plantebeskyttelsesmidler. Rapporten bekræfter denne vurdering, dog sættes der spørgsmålstegn ved den genmodificerede vinterraps, hvor det ikke umiddelbart ser ud til at resultere i en nedsættelse.

Her vil vi gerne tilføje, at vore interne forsøg med glufosinatresistent raps i både vinter- og vårraps indtil nu viser så gode resultater, at vi, hvad forbruget af g aktivstof pr. ha angår, er overbeviste om, at vi vil befinde os i den lave ende af den skala, der er angivet i rapporten. Det betyder, at vi i langt de fleste tilfælde vil ligge under den mængde, der er angivet ved anvendelse af traditionelle ukrudtsmidler. Derudover vil landmanden med dyrkning af glufosinatresistent raps kunne udføre en ukrudtsbehandling, der i langt højere grad lever op til hans behov, da den ukrudtsbehandling, han er i stand til at foretage med de midler, der er til rådighed i dag, ofte er utilstrækkelig.

Som rapporten beskriver, er det i raps vanskeligt at bekæmpe et antal ukrudtsarter med de midler, der er til rådighed på nuværende tidspunkt. Det betyder i praksis, at de landmænd, der har et specielt stort ukrudtstryk med netop disse arter, simpelthen bliver nødt til at vælge raps fra. Problemet løses med den glufosinatresistente raps, som således vil give landmændene en større fleksibilitet ved valg af afgrøde og sædskifte.

Ukrudtsbekæmpelse i genmodificerede afgrøder vil generelt give landmanden større fleksibilitet ved valg af sprøjtetidspunkt, da glufosinat kan anvendes indenfor en langt bredere tidsramme end traditionelle midler. Landmanden kan derfor vælge det absolut optimale sprøjtetidspunkt, tilpasse sin sprøjteindsats til behovet i marken og dermed opnå et bedre resultat.

Vi mener, det er meget vigtigt at se på denne nye teknik og de perspektiver, den åbner, i sin helhed.