



NaturErhvervstyrelsen

Bidrag til beredskabstalepunkter og baggrundsmateriale vedr. beslutningsforslag B95 om forbud mod GMO-dyrkning i Danmark

NaturErhvervstyrelsen (NAER) har den 8. april 2015 fremsendt bestilling til DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet, på et bidrag til beredskabstalepunkter og baggrundsmateriale vedr. beslutningsforslag B95 om forbud mod GMO-dyrkning i Danmark.

Bemærkningerne til forslaget indeholder en række eksempler på negative effekter ved GM-afgrøder. NAER anmoder i bestillingen DCA om at vurdere følgende af disse eksempler:

- 1a) *Pesticidtolerante GM-afgrøder har ført til øget pesticidforbrug fordi ukrudt har udviklet resistens,*
- 1b) *GM-afgrøder dyrkes som monokultur, hvilket skaber et ikke-modstandsdygtigt landbrug, som på længere sigt giver lavere udbytte og øger behovet for sprøjtemidler og gødning,*
- 1c) *Insektresistente GM-afgrøder gør insekterne resistente og øger dermed behovet for sprøjtning med skrappere midler,*
- 1d) *Pollen fra Bt-majs (en GM-afgrøde) kan skade sommerfugle,*
- 2a) *Pollen fra GM-majs har forurennet Canada, så det ikke længere er muligt at dyrke økologisk raps,*
- 3a) *Vesteuropa har haft større udbyttefremgang og mindre sprøjtegiftforbrug i sine GM-afgrøder end USA har haft ved at bruge GM-afgrøder,*
- 3b) *Ifølge en FN-rapport fra 2013 er det kun økologi, som kan brødføde verden bæredygtigt,*

DCA - Nationalt Center for
Fødevarer og Jordbrug

Rikke Flinterup

Specialkonsulent

Dato: 17. april 2015

Direkte tlf.:
Mobiltlf.: 22431656
Fax: 8715 6076
E-mail: rcf@dca.au.dk
Sagsnummer:
Afs. CVR-nr.: 31119103
Reference: rcf

Side 1/2



3d) *GM-frø er dyrere end konventionelle frø,*

Side 2/2

3e) *Markedet for GM-frø er monopoliseret med deraf følgende problemer.*

Som besvarelse på bestillingen er udarbejdet vedlagte notat, hvor der gives en kort videnskabelig vurdering af validiteten af de nævnte eksempler. Det har dog ikke været muligt at udfærdige en besvarelse vedrørende eksemplet 3d, "GM-frø er dyrere end konventionelle frø", da en vurdering antagelig skal baseres på undersøgelser art for art.

Ud over de nedenfor anførte vurderinger har vi følgende bemærkning vedrørende Agent Orange: I beslutningsforslaget anføres, at 2,4-D er "bedre kendt som Agent Orange". Imidlertid var Agent Orange en blanding af 2,4-D og 2,4,5-T, og det var 2,4,5-T delen, der var forurenede med dioxin. 2,4,5-T er i dag forbudt over det meste af verden. 2,4-D er derimod stadig tilladt i Danmark og i de fleste andre europæiske lande.

DCA's vurderinger er udarbejdet af akademisk medarbejder Mette Sønderskov, professor Per Kudsk, seniorforsker Solvejg K. Mathiassen, seniorforsker Gabor Lövei, seniorforsker Birte Boelt og professor Jørgen E. Olesen, alle Institut for Agroøkologi, samt lektor Henrik Brinch-Pedersen, Institut for Molekylærbiologi og Genetik. Seniorforsker Annie Enkegaard, Institut for Agroøkologi, og lektor Henrik Brinch-Pedersen har stået for redaktionen.

Besvarelsen er udarbejdet som led i "Aftale mellem Aarhus Universitet og Fødevareministeriet om udførelse af forskningsbaseret myndighedsbetjening m.v. ved Aarhus Universitet, DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, 2015-2018".

Med venlig hilsen

Rikke Flinterup
Specialkonsulent,
Koordinator for myndighedsrådgivning.

Kopi til: Innovation

17. april 2015

DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug

Notat med bidrag til beredskabstalepunkter og baggrundsmateriale vedrørende beslutningsforslag B95 om forbud mod GMO-dyrkning i Danmark

NaturErhvervstyrelsen (NAER) har den 8. april 2015 fremsendt bestilling til DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet, på et bidrag til beredskabstalepunkter og baggrundsmateriale vedr. beslutningsforslag B95 om forbud mod GMO-dyrkning i Danmark. Bemærkningerne til forslaget indeholder en række eksempler på negative effekter ved GM-afgrøder, hvor af NAER har anmodet DCA vurdere nedenstående.

Vurdering vedrørende Eksempel 1a: ”Pesticidtolerante GM-afgrøder har ført til øget pesticidforbrug, fordi ukrudt har udviklet resistens”, og

Eksempel 1b: ”GM-afgrøder dyrkes som monokultur, hvilket skaber et ikke-modstandsdygtigt landbrug, som på længere sigt giver lavere udbytte og øger behovet for sprøjtemidler og gødning”

Mette Sønderskov, Per Kudsk, Solvejg Mathiassen, Aarhus Universitet, Institut for Agroøkologi, Henrik Brinch-Pedersen, Aarhus Universitet, Institut for Molekylærbiologi og Genetik

Da der fokuseres på USA i beslutningsforslaget, er det samme fokus lagt i nedenstående. De samme problemstillinger relaterer dog til andre lande med herbicidtolerante GM-afgrøder, bl.a. lande i Sydamerika.

Resistensudvikling

Når der dyrkes pesticidtolerante GM-afgrøder i monokultur (samme afgrøde i samme mark år efter år), vil der være en stor risiko for udvikling af resistens hos ukrudtsarter i afgrøden (Gilbert 2013; Duke 2015). I Midt-Vesten i USA er sædskiftet enten monokultur majs, monokultur sojabønne eller majs og sojabønne i rotation, i alle tilfælde med glyphosattolerante afgrøder. Landmandens reaktion på resistens vil tit være at øge doseringen pr. sprøjtning eller lægge en ekstra sprøjtning ind med et andet middel, der kan bekæmpe de resistente ukrudtsarter. At øge mængden af glyphosat pr. sprøjtning vil accelerere resistensudviklingen og dermed ikke kun på kort men også på langt sigt bidrage til et øget pesticidforbrug. Situationen er ikke anderledes end i konventionelle afgrøder. En kontinuerlig dyrkning af ikke-GM-vinterhvede i store dele af England har således ført til massive resistensproblemer (Moss et al. 2007). I en rapport lavet for Miljøstyrelsen om glyphosattolerante afgrøder i Danmark konkluderes det, at hvis afgrøderne dyrkes i varieret sædskifte med ikke-glyphosattolerante afgrøder, bør det ikke give anledning til ekstra resistensproblemer (Holst et al., 2008).

For at forhindre resistensudvikling er det vigtigt at bruge GM-afgrøder i kombination med andre afgrøder og benytte sig af resistensforebyggende dyrkningspraksis i et varieret sædskifte præcis som i konventionelle afgrøder (se bl.a. Mortensen et al. 2012; Brookes & Barfoot 2013). Dette bliver i dag omtalt som IPM (Integrated Pest Management) og er obligatorisk for EU's medlemsstater fra 2014 (EU 2009). Den nuværende situation i USA er opstået pga. manglende strategi for herbicidtolerante afgrøder og en naiv betragtning om, at risikoen for resistensudvikling overfor glyphosat var næsten ikke eksisterende, hvilket førte til dyrkning af de herbicidtolerante afgrøder i monokulturer. Samme problemstilling er set i andre lande, hvor disse GM-afgrøder dyrkes.

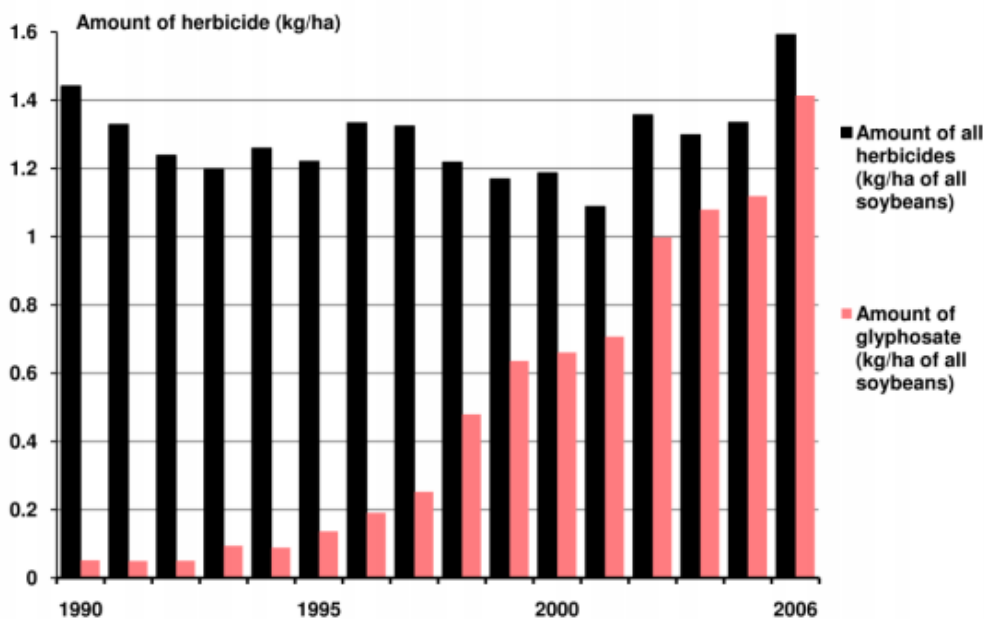
Der udvikles nu herbicidtolerante afgrøder med modstandsdygtighed overfor mere end ét aktivstof, f.eks. glyphosat og 2,4-D (Duke 2015) for at give mulighed for at veksle mellem ukrudtsmidler med forskellig virkemekanisme. Når afgrøder er tolerante overfor mere end én herbicidtype refereres der til dette som stabling ("stacking") af tolerancegener. For at dette skal have en gavnlig effekt overfor resistensudvikling, når der dyrkes i monokultur, kræver det dog, at 1) der er tolerance overfor mere end to herbicidtyper, og 2) der ikke allerede er udviklet resistens hos ukrudtsarter overfor nogle af de herbicider, som afgrøden er modstandsdygtig overfor. Hvis der derimod dyrkes i et varieret dyrkningssystem med inddragelse af ikke-herbicidtolerante afgrøder, vil herbicidtolerante afgrøder med tolerance overfor to herbicidtyper kunne være en del af strategien for at undgå resistens hos ukrudtet.

En anden ting man bør have med i overvejelserne omkring herbicidtolerante GM-afgrøder er risikoen for overførsel af resistens til ukrudtsarter pga. krydsning af herbicidtolerante GM-afgrøder med nært beslægtede ukrudtsarter, f.eks. mellem raps og andre korsblomstrede arter (Mikkelsen et al. 1996; Kjær 2000).

Øget pesticidforbrug

Brookes og Barfoot (2013) fremsætter tal, der viser en reduktion i det overordnede pesticidforbrug fra 1996-2011 på 8,9 % globalt i afgrøder, hvor der findes herbicidtolerante varianter. Bl.a. i USA med reduktioner i herbicidforbrug på 10,9 % i majs, 4,9 % i bomuld og 4,2 % i sojabønner. For andre lande rapporterer de dog om en stigning i herbicidforbrug i sojabønner, f.eks. Brasilien, Bolivia og Paraguay, efter introduktionen af herbicidtolerante afgrøder.

Herbicidforbruget over en 16 års periode i det totale areal dyrket med sojabønner (herbicidtolerante og ikke-herbicidtolerante) i USA er også opgjort af Bonny (2011) (figur 1). Disse tal kan ikke direkte sammenlignes med tallene fra Brookes og Barfoot (2013), da de er opgjort forskelligt – Brookes og Barfoot (2013) anvender procent ændring i total herbicidmængde brugt i sojabønner, mens Bonny (2011) anvender herbicidmængde pr. ha sojabønner. Resultaterne viser et svagt fald i det totale herbicidforbrug indtil 2000, derefter en stigning. Forbruget af glyphosat stiger støt fra 1993 til 2006, således at glyphosat udgør en større andel af det samlede herbicidforbrug i 2006 end i 1990. Bonny (2011) konkluderer, at herbicidtolerante sojabønner har krævet mindre anvendelse af herbicid end ikke-herbicidtolerante sojabønner i den første periode efter introduktionen af GM-sojabønner i 1996, men derefter har forbruget været stigende. Stigningen i andelen af glyphosat vurderes af Bonny (2011) at have baggrund i 1) dyrkning af glyphosatolerante afgrøder (både pga. at glyphosat er det eneste ukrudtsmiddel i disse afgrøder og pga. resistensudvikling hos ukrudtsarter i afgrøden), og 2) at patentet for glyphosat udløb i USA i 2000, og at prisen derefter faldt.



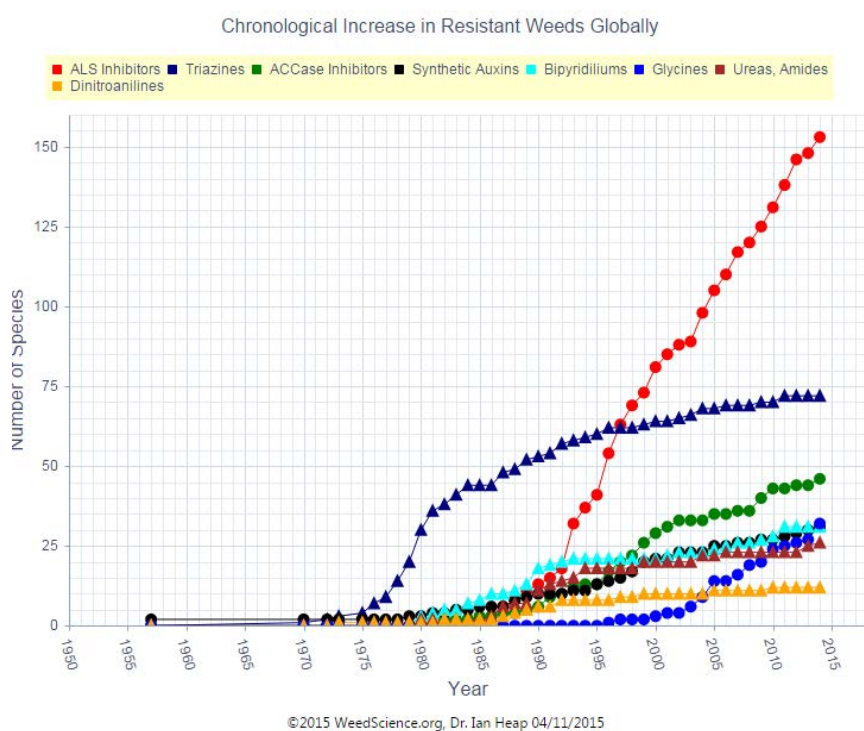
Figur 1. Forbruget af herbicider (kg/ha sojabønner) generelt og specifikt for glyphosat i sojabønner i USA i perioden 1990-2006 (der er ingen data for 2003). Fra Bonny (2011), som anvender tal fra USDA-NASS (United States Department of Agriculture - National Agricultural Statistics Service).

Beslutningsforslag B95 omtaler artiklen "Impacts of genetically engineered crops on pesticide use in the U.S. – the first sixteen years" af Benbrook (2012), som er kort sammenfattet i Clark (2012). På baggrund af, at United States Department of Agriculture (USDA) stoppede med at opgøre herbicidforbruget i sojabønner i 2006, i bomuld i 2010 og i majs i 2010 har Benbrook (2012) fremskrevet forbruget efter disse sidste officielle opgørelser. Forfatteren påpeger, at den aktuelle stigning i herbicidforbrug for herbicidtolerante afgrøder i USA er væsentlig højere end forudset og gør samme observation som Bonny (2011): i de første år af dyrkning med herbicidtolerante afgrøder ses et fald i herbicidforbrug og senere en stigning i forbruget, begrundet med resistensudvikling hos ukrudtet. Forfatteren påpeger endvidere, at stigningen i herbicidforbrug i herbicidtolerante afgrøder er højere end stigningen i konventionelle afgrøder. Denne højere stigning begrundes med 1) at der i konventionelle afgrøder er set en tendens til nedsatte herbiciddoseringer pga. mere effektive midler, og 2) en kraftig stigning af resistente ukrudtsarter i glyphosatolerante afgrøder. I forbindelse med begrundelse 1) er det vigtigt at holde sig for øje, at det ikke umiddelbart giver mening, at sammenligne herbicidforbrug mellem GM- og konventionelle afgrøder, hvis der er tale om en sammenligning mellem *forskellige* herbicider. Forbrug udtrykt som summen af forskellige herbicider i kg aktivstof pr. arealenhed siger hverken noget om opnået bekæmpelseeffekt eller mulige miljøeffekter. Man skal endvidere betænke, at man selv ved anvendelse af nedsatte doseringer med mere effektive midler ikke undgår resistens med mindre man anvender fornuftige resistensstrategier (EPPO Standard PP 1/213), herunder at undlade dyrkning i monokultur.

De følgende grafer (figur 2 og 3) er fra den globale resistensoversigt på www.weedscience.org, som løbende bliver opdateret med resistensforekomster af forskere fra hele verden. Glyphosat er det eneste middel i gruppen "Glyciner", der derfor tages som et mål for glyphosat. Det ses af figur 2, at der har været en stigning i glyphosatresistens siden 1996, men der er ingen sondring mellem glyphosatolerante afgrøder og konventionelle afgrøder i denne statistik.

Selv om der ikke dyrkes herbicidtolerante afgrøder i Danmark, er det danske glyphosatforbrug steget markant siden 1996, som det også er tilfældet i USA (figur 1). Fra 1996 til 2013 steg salget af glyphosat i Danmark således med 210 % (Miljøstyrelsen 1997, 2014). Dette er blandt andet drevet af en øget anvendelse af dyrkningssystemer med begrænset jordbearbejdning, som øger problemer med flerårigt ukrudt og græsukrudt, hvor glyphosat spiller en stor rolle i bekæmpelsen. Der er dog ikke registreret glyphosatresistente ukrudtsarter i Danmark.

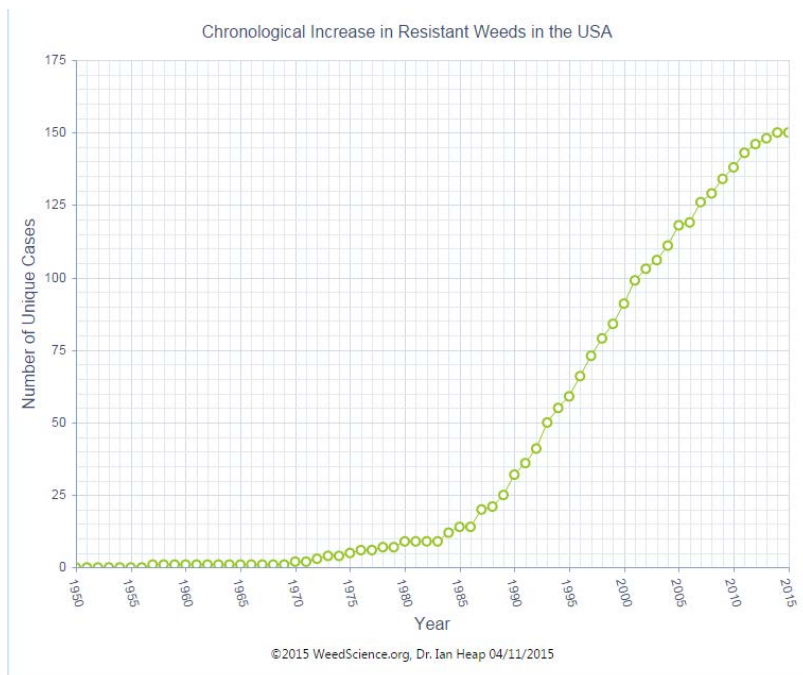
I USA er langt det største forbrug af glyphosat dog i herbicidtolerante afgrøder, og udviklingen må derfor antages primært at være drevet af glyphosatforbruget i disse afgrøder.



Figur 2. Stigningen i resistenstilfælde grupperet efter aktivstofgruppe. Glyphosat tilhører glycinerne og udgør hele denne gruppe. Herbicidtolerante afgrøder blev indført fra 1996 i USA. Indførelsen af pesticidtolerante afgrøder kan dog ikke spores på den generelle udvikling af resistens i USA (Figur 3).

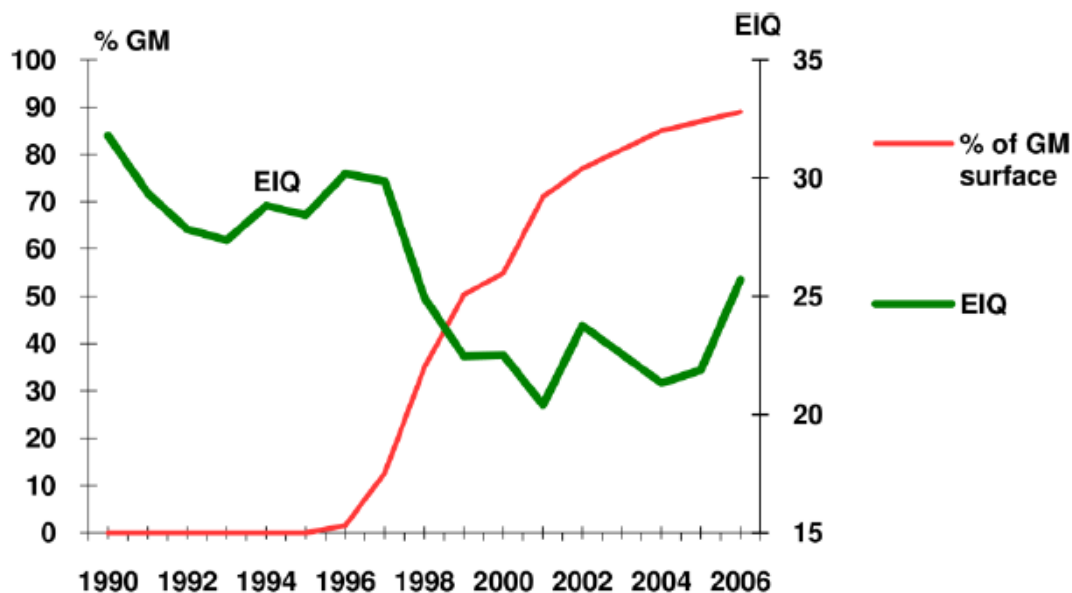
Effekterne på miljøet vurderes i USA efter Environmental Impact Quotient (EIQ), som er en sammensat pesticid-risikoindikator. Jo højere EIQ, jo højere miljømæssig og toksikologisk belastning. Både Bonny (2011) og Brookes og Barfoot (2013) påviser et fald i denne indikator efter introduktionen af herbicidtolerante afgrøder (figur 4). Brookes og Barfoot (2013) angiver faldet i EIQ for sojabønner til 26,3 %, for majs til 36,5 % og for bomuld til 16,1 %. Alle lande medtaget i Brookes og Barfoots analyse viser et fald i EIQ-værdier for alle afgrøder.

Dette harmonerer med et skift i typen af aktivstoffer i de brugte herbicider. Glyphosat påvirker miljøet mindre end mange af de tidligere brugte stoffer (Duke & Powles 2008; Miljøstyrelsen 2012).



Figur 3. Den totale stigning i resistentstilfælde i USA. Glyphosattolerante afgrøder blev indført i 1996-1998 (sojabønner og majs).

Miljøeffekter



Figur 4. Udvikling af EIQ indikator for sojabønner i USA fra 1990 til 2006 (værdi pr. mark pr. ha) og andelen af overflade dækket med herbicidtolerante afgrøder. Fra Bonny (2011) baseret på tal fra USDA-NASS (United States Department of Agriculture - National Agricultural Statistics Service).

"Super ukrudt" som begreb

Vedrørende omtalen af "superukrudt" i bl.a. Poulter (2012) og diskuteret af Gilbert (2013): dette udtryk er formodentlig opstået i journalistisk regi, men begrebet "superukrudt" bør ikke benyttes, da der ikke foreligger en holdbar definition. Der har været udført en række undersøgelser for at finde ud af, om de resistente biotyper har en ændret fitness, altså om det har fordele eller ulemper for deres overlevelse og reproduktion, at de har udviklet resistens (Pedersen et al. 2007; Glettner & Stoltenberg 2015). Der er ofte forskelle i vækstmønstre (væksthastighed, biomasse produktion og frøproduktion), men hvorvidt det er den følsomme eller resistente biotype, der har en fordel, afhænger af forholdene. Nogle studier har fundet, at resistente ukrudtsbiotyper producerer færre, men større frø, hvilket kan give en fordel i den første vækstfase efter spiring og kan forklare, at resistente biotyper hurtigere når modenhedsstadiet (Holliday & Putwain 1980; Westoby et al. 1996; Pedersen et al. 2007). Når der ikke er en selektion via herbicidsprøjtning, mister den resistente biotype imidlertid i de fleste tilfælde sin fordel. Der er derfor ikke et overordnet billede af, at resistente ukrudtsarter er ikke-resistente arter overlegne. I et afvekslende sædskifte, hvor GM-afgrøder dyrkes i rotation med andre afgrøder, vil resistente ukrudtsarter i mange tilfælde ikke overleve. I et dyrkningssystem, hvor der derimod ikke veksles mellem f.eks. glyphosattolerante afgrøder og andre afgrøder, vil man ofte se en opformering af de resistente ukrudtsarter.

Referencer

- Benbrook CM (2012). Impacts of genetically engineered crops on pesticide use in the U.S. – the first sixteen years. *Environmental Sciences Europe* 24: 24, <http://www.enveurope.com/content/24/1/24>.
- Bonny S (2011). Herbicide-tolerant Transgenic Soybean over 15 Years of Cultivation: Pesticide Use, Weed Resistance, and Some Economic Issues. The Case of the USA. *Sustainability* 3, 1302-1322.
- Brookes G, Barfoot P (2013). Key environmental impacts of global genetically modified (GM) crop use 1996-2011. *GM Crops & Food* 4, 109-119.
- Clark B (2012). Pesticide Use Rises as Herbicide-resistant Weeds Undermine Performance of Major GE Crops, New WSU Study Shows. <http://cahnrs.wsu.edu/news-release/2012/10/01/pesticide-use-rises-as-herbicide-resistant-weeds-undermine-performance-of-major-ge-crops-new-wsu-study-shows/>
- Duke SO, Powles SB (2008). Glyphosate: a once-in-a-century herbicide. *Pest Management Science* 64, 319-325.
- Duke SO (2015). Perspectives on transgenic, herbicide-resistant crops in the United States almost 20 years after introduction. *Pest Management Science* 71, 652-657.
- EPPO Standard PP 1/213. Efficacy evaluation of plant protection products. Resistance risk analysis. <http://pp1.eppo.int/getnorme.php?id=260>
- EU (2009). European Commission, Establishing a framework for Community action to achieve the sustainable use of pesticides, Directive 2009/128/EC p. 16.
- Gilbert N (2013). A hard look at GM crops. *Nature* 497, 24-26.
- Glettner CE, Stoltenberg DE (2015). Noncompetitive Growth and Fecundity of Wisconsin Giant Ragweed Resistant to Glyphosate. *Weed Science* 63, 273-281.
- Holliday RJ, Putwain PD (1980). Evolution of herbicide resistance in *Senecio vulgaris*: Variation in susceptibility to simazine between and within populations. *Journal of Applied Ecology* 17, 779-791.

- Holst N, Axelsen JA, Bruus M, Damgaard CF, Kudsk P, Lassen J, Madsen KH, Mathiassen SK, Strandberg B (2008). Sprøjtepraksis i sædskifter med og uden glyphosattolerante afgrøder. Effekter på flora i mark og hegn. Nr. 121, 167 pp.
- Kjær CR (2000). Gensplejsede planter – ny forskning sætter fokus på risiko. *Aktuel Naturvidenskab* 1, 26-27.
- Mikkelsen TR, Andersen B, Jorgensen RB (1996). The risk of crop transgene spread. *Nature* 380, 31-31.
- Miljøstyrelsen (1997). Bekæmpelsesmiddelstatistik 1996. Orientering fra Miljøstyrelsen, nr. 10, 1997, 44 pp.
- Miljøstyrelsen (2012). Pesticidbelastningen fra jordbruget 2007-2010. Orientering fra Miljøstyrelsen, nr. 1, 2012, 45 pp.
- Miljøstyrelsen (2014). Bekæmpelsesmiddelstatistik 2013 - Behandlingshyppighed og pesticidbelastning, baseret på salgsstatistik og sprøjtejournaldata. Orientering fra Miljøstyrelsen, nr. 6, 2014, 100 pp.
- Mortensen DA, Egan JF, Maxwell BD, Ryan MR, Smith RG (2012). Navigating a Critical Juncture for Sustainable Weed Management. *Bioscience* 62, 75-84.
- Moss SR, Perryman SAM, Tatnell LV (2007). Managing herbicide-resistant blackgrass (*Alopecurus myosuroides*): Theory and practice. *Weed Technology* 21, 300-309.
- Pedersen BP, Neve P, Andreasen C, Powles SB (2007). Ecological fitness of a glyphosate-resistant *Lolium rigidum* population: Growth and seed production along a competition gradient. *Basic and Applied Ecology* 8, 258-268.
- Poulter S (2012). How GM crops have increased the use of danger pesticides and created superweeds and toxin-resistant insects. *Daily Mail* den 2. oktober 2012.
- Westoby M, Leishman M, Lord J (1996). Comparative ecology of seed size and dispersal. *Philosophical Transactions of the Royal Society, London – Series B*, 351, 1309–1318.

Vurdering vedrørende Eksempel 1c: ”Insektresistente GM-afgrøder gør insekterne resistente og øger dermed behovet for sprøjtning med skrapere midler”

Gabor L. Lövei, Aarhus Universitet, Institut for Agroøkologi

Det er konstateret, at flere insektarter, primært i tropiske egne, har udviklet resistens over insektresistente GM-afgrøder, hvilket imidlertid oftest skyldes, at dyrkningen af disse afgrøder ikke er sket under forsvarlige resistensstrategier (EPPO Standard PP 1/213; Van den Berg et al. 2013). Med forsvarlige resistensstrategier er der eksempler på, at man selv ved intensiv dyrkning af GM-afgrøder kan undgå, at skadelige insekter i afgrøden udvikler resistens. For eksempel er der ikke i insektresistent GM-bomuld i Kina fundet insektpopulationer med resistens overfor GM-bomuldens virkemekanisme (indsat bakterietoksin fra *Bacillus thuringiensis* (Bt)) siden 1997 – til trods for meget sofistikerede systemer til monitorering for resistensudvikling (Wu et al. 2002; Catarino et al. 2015), mens resistens hurtigt er blevet udviklet i Sydafrika (Van den Berg et al. 2013). Det anses for usandsynligt, at der vil opstå resistens hos insekter over for insektresistente GM-afgrøder dyrket i Danmark, idet det er realistisk at forvente, at dyrkningen vil ske under inddragelse af forsvarlige resistensstrategier (Dansk Planteværn 2013).

Referencer

- Catarino R, Ceddia G, Areal FJ, Park J (2015). The impact of secondary pests on *Bacillus thuringiensis* (Bt) crops. Plant Biotechnology Journal, DOI: 10.1111/pbi.12363
- Dansk Planteværn (2013). Resistens. <http://www.plantevaern.dk/publikationer/resistens.aspx>
- EPPO Standard PP 1/213. Efficacy evaluation of plant protection products. Resistance risk analysis. <http://pp1.eppo.int/getnorme.php?id=260>
- Van den Berg J, Hilbeck A, Bøhn T (2013). Pest resistance to Cry1Ab Bt maize: Field resistance, contributing factors and lessons from South Africa. Crop Protection 54, 154-160.
- Wu KM, Guo YY, Lv N, Greenplate LT, Deaton R (2002). Resistance monitoring of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) to *Bacillus thuringiensis* insecticidal protein in China. Journal of Economic Entomology 95, 826-831.

Vurdering vedrørende Eksempel 1d: "Pollen fra Bt-majs (en GM-afgrøde) kan skade sommerfugle"

Gabor L. Lövei, Aarhus Universitet, Institut for Agroøkologi

Der er foretaget modelstudier af mulige effekter af pollen fra Bt-majs på én sommerfugleart, dagpåfugleøje (*Inachis io*), i relation til pollenets depositions-rater og sommerfuglens fænologi (Holst et al. 2013; Perry et al. 2013). Studierne viser modstridende forudsigelser for potentielle effekter på sommerfuglen. Det ene studie (Holst et al. 2013) viser dog, at eventuel negativ påvirkning af sommerfuglen kun vil ske i områder, hvor sommerfuglen har mere end en generation om året. Dagpåfugleøje har kun en generation i Danmark og det øvrige nordlige Europa; to generationer er først mulige længere sydpå i Europa (sydlige Tyskland).

Referencer

- Holst N, Lang A, Lövei G, Otto M (2013). Increased mortality is predicted of *Inachis io* larvae caused by Bt-maize pollen in European farmland. *Ecological Modelling* 250, 126-133.
- Perry JN, Arpaia S, Bartsch D, Birch ANE, Devos Y, Gathmann A, Gennaro A, Kiss J, Messean A, Mestdagh S, Nuti M, Sweet J, Tebbe CC (2013). No evidence requiring change in the risk assessment of *Inachis io* larvae. Letter to the Editor. *Ecological Modelling* 268, 103– 122

Vurdering vedrørende Eksempel 2a: ”Pollenspredning: Pollen fra GM-raps har forurenset Canada, så det ikke længere er muligt at dyrke økologisk raps”

Birte Boelt, Aarhus Universitet, Institut for Agroøkologi

Til orientering anbefaler danske sameksistensrapporter (Tolstrup 2003; Tolstrup 2007) til reduktion af pollenspredning en isolationsafstand på 150 m mellem GM-raps og konventionel ikke-GM og økologiske rapsmarker for opnåelse af mindre end 0,9 % utilsigtet GM-indblanding og 500 m mellem GM-raps og konventionel ikke-GM og økologiske rapsmarker for opnåelse af mindre end 0,1 % utilsigtet GM-indblanding. Dyrkningsintervallet mellem GM-raps og anden raps-afgrøde foreslås til at være 8 år i konventionel produktion for opnåelse af mindre end 0,9 % utilsigtet GM-indblanding, og henholdsvis 8 år i konventionel og 12 år i økologisk produktion for opnåelse af mindre end 0,1 % utilsigtet GM-indblanding. Eventuelle spildplanter skal bekæmpes i de mellemliggende afgrøder. I modsætning til i Danmark er der ingen sameksistens-/forvaltningsordninger for dyrkning af GM-raps i Canada, og dermed er der ingen lovmæssige krav om tiltag til sikring af adskillelse mellem GM- og ikke GM-raps. Hovedparten af den raps, som dyrkes i Canada er GM. Hvis en privat enhed eller gruppe som eksempelvis økologiske avlere ikke ønsker iblanding af GM-raps, må de fastlægge egne standarder og krav om adskillelse.

Kilder til spredning

Rapsplanter kan både selvbestøves og fremmedbestøves via vind og insekter. Både pollen og frø er derfor kilder til spredning af GM-materiale. Raps har flere vildtvoksende slægtninge og en række beslægtede afgrøder, hvormed den naturligt kan danne krydsningsafkom.

Pollenspredning foregår hovedsagelig mellem rapsmarker, men pollen kan også spredes fra spildplanter af raps i marker eller fra naturaliserede populationer langs veje, i grøftkanter, på byggepladser m.m. Også fra ukrudt beslægtet med raps kan der ske pollenspredning tilsvarende steder. Hüskén og Dietz-Pfeilstetter (2007) har sammenfattet 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). Endvidere påpeger Hüskén og Dietz-Pfeilstetter (2007), at hovedparten af krydsbestøvning sker inden for de første 10 m af modtage-marken.

Frø er en væsentlig spredningskilde for GM-materiale fra raps. Spildplanter fra frø, som spredes uønsket, er en kilde til spredning af pollen som nævnt ovenfor, samt til utilsigtet forekomst af uønskede frø i senere rapsafgrøder i samme mark. Maskiner forventes at have stor betydning for spredning af frø indenfor såvel som udenfor ejendommen, da rapsfrø er relativt små (1 kg raps svarer til ca. 200.000 frø).

I Canada, hvor GM-raps er blevet dyrket siden 1995 og nu omfatter 90 % af det dyrkede areal med raps, har man 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.

Virkemidler til reduktion af spredning

De vigtigste virkemidler til at reducere GM-spredning er isolationsafstand, dyrkningsinterval, en effektiv bekæmpelse af spildfrø efter høst, bekæmpelse af spildplanter og rensning af maskiner ved maskinfællesskab.

Konklusion

Grundet de nævnte spredningsveje for raps er det sandsynligt, at det i et intensivt dyrkningsområde for GM-raps, hvor der ikke er tiltag/virkemidler til reduktion af GM-spredning, ikke vil være muligt at dyrke økologisk raps.

Referencer

- Hüsken A, Dietz-Pfeilstetter A (2007). Pollen-mediated intraspecific gene flow from herbicide resistant oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Transgenic Research* 16, 557-569.
- 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.
- 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.
- Tolstrup K, Andersen SB, Boelt B, Buus M, Gylling M, Holm PB, Kjellsson G, Pedersen S, Østergård H, Mikkelsen SA (2003). Rapport fra udredningsgruppen vedrørende sameksistens mellem genetisk modificerede, konventionelle og økologiske afgrøder. http://naturerhverv.dk/fileadmin/user_upload/NaturErhverv/Filer/Indsatsomraader/GMO/Publikationer/Rap_GMsameksistens_082003.pdf
- Tolstrup K, Andersen SB, Boelt B, Gylling M, Holm PB, Kjellsson G, Pedersen S, Østergård H, Mikkelsen SA (2007). Supplerende rapport fra udredningsgruppen vedrørende sameksistens mellem genetisk modificerede, konventionelle og økologiske afgrøder. http://naturerhverv.dk/fileadmin/user_upload/NaturErhverv/Filer/Indsatsomraader/GMO/Publikationer/GM_udredningsrapport_-27-4-2007.pdf

Vurdering vedrørende Eksempel 3a: ”Vesteuropa har haft større udbyttefremgang og mindre sprøjtegiftforbrug i sine GM-frie afgrøder end USA har haft ved at bruge GM-afgrøder”

Mette Sønderskov, Per Kudsk, Solvejg Mathiassen, Gabor L. Lövei, Aarhus Universitet, Institut for Agroøkologi

Med henvisning til Heinemann et al. (2014) refereres der i beslutningsforslaget til, at Vesteuropa har klaret sig bedre end Nordamerika både udbyttemæssigt og i forhold til giftforbrug i de afgrøder, hvor Nordamerika bruger GM-afgrøder. Giftforbrug antages her at være pesticidforbrug. Det skal påpeges, at Heinemann et al. (2014) for raps sammenligner Vesteuropa med Canada, ikke med USA.

Udvikling i udbytte

I Heinemann et al. (2014) anføres, at der er en højere stigning i udbytte i Vesteuropa i ikke-GM-majs og ikke-GM-raps sammenlignet med udbyttet i GM-majs og GM-raps i Nordamerika. Artiklen anfører, at dyrkningssystemerne i de to områder ligner hinanden på mange måder: dyrkningshistorien går lige langt tilbage; der er samme adgang til bioteknologi (når undtages lovgivning) og samme tilgængelighed til andre dyrkningsmetoder; områderne ligger på samme breddegrad og opererer med samme vækstsæsoner. De anførte udbytteforskelle er signifikante, om end dog kun marginalt. Artiklen (men ikke beslutningsforslaget) omtaler imidlertid også, at der for hvede er en tilsvarende højere stigning i udbyttet i Vesteuropa sammenlignet med i Nordamerika. Her er der dog tale om dyrkning af ikke-GM-hvede i begge områder. Dette indikerer, at udbytteforskellene mellem Vesteuropa og Nordamerika ikke nødvendigvis er et spørgsmål om, hvorvidt de dyrkede afgrøder er GM-afgrøder eller ej. Dette er også forfatterens konklusion, som de skriver på artiklens side 9.

Det kan tilføjes, at der i USA har været givet store tilskud til dyrkning af majs, herunder GM-majs, til bioethanol (Schnepf & Yacobucci, 2013), hvilket har været med til at forøge majsarealet (USDA 2000-2015). Priserne på majs er desuden steget i de senere år og bidrager dermed til arealforøgelsen (Wright & Wimberly 2013). Det har betydet, at der i dag dyrkes majs på arealer, hvor man ikke tidligere ville dyrke majs, og hvor udbyttet derfor langt fra er optimalt, men hvor dyrkning nu er rentabelt pga. tilskuddene (Wright & Wimberly 2013).

Som supplement til ovenstående henvises endvidere til figur 1 (Berry & Spink 2006), der viser udbytteudviklingen i raps på verdensplan og i 8 lande. I denne artikel skelnes der ikke mellem GM-raps og ikke-GM-raps. Berry og Spink (2006) laver en analyse, der viser store og jævnt stigende udbytter i perioden fra 1960-2006 i lande som Kina (30 kg/ha pr. år), Indien (15 kg/ha pr. år) og Canada (14 kg/ha pr. år). Som det eneste af de fire vesteuropæiske lande, der er analyseret i artiklen, har der været et tilsvarende mønster i Tyskland (39 kg/ha pr. år), mens der for de øvrige vesteuropæiske lande (Frankrig, Storbritannien og Polen) derimod kun har været en stigning frem til omkring 1985, hvorefter udbytterne er stagneret (figur 1, Tabel 1). På denne baggrund er der for GM-raps' vedkommende ikke belæg for påstanden om større udbyttefremgang i Vesteuropa sammenlignet med Nordamerika, dvs. Canada, hvor GM-raps blev indført i 1995.

Det skal tilføjes, at sammenligninger af udbyttene mellem Canada og Vesteuropa vanskeliggøres af det forhold, at vårraps er den dominerende rapstype i Canada, mens vinterraps dominerer i Vesteuropa (Berry & Spink 2006).

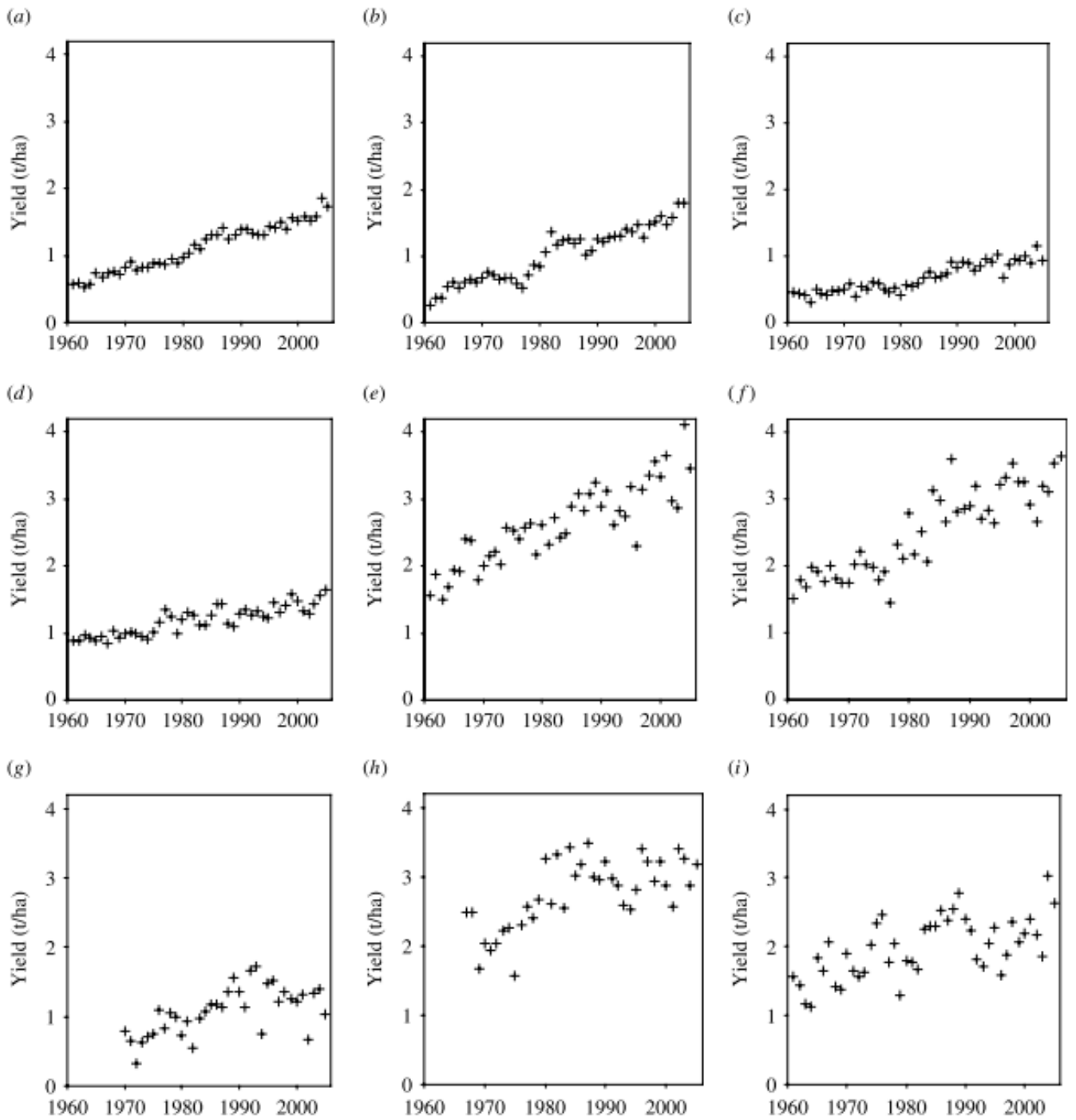


Fig. 1. Yield trends for (a) World, (b) China, (c) India, (d) Canada, (e) Germany, (f) France, (g) Australia, (h) UK, (i) Poland. Data Source: FAOSTAT Data (2006). All yields are calculated on a minimum area of 5000 ha.

Tabel 1 Trends i udbytteudvikling for raps (kg/år). Fra Berry og Spink (2006). For Frankrig, Australien, Storbritannien og Polen angiver ”-”, at der ikke findes en signifikant trend i udviklingen for perioden 1986-2005 (se figur 1).

	1961–1985	<i>P</i>	1986–2005	<i>P</i>
World	+26	<0.001	+22	<0.001
China	+34	<0.001	+32	<0.001
India	+9	<0.001	+13	<0.01
Canada	+16	<0.001	+13	<0.01
Germany	+42	<0.001	+32	<0.05
France	+40	<0.001	–	>0.05
Australia	+28	<0.05	–	>0.05
United Kingdom	+65	<0.001	–	>0.05
Poland	+29	<0.01	–	>0.05

Data source: FAOSTAT Data (2006). www.faostat.fao.org.

Udvikling i pesticidforbrug

Insekticider

De dominerende GM-afgrøder på verdensplan er sojabønne, majs, bomuld og raps – disse afgrøder udgør 99 % af det globale areal med GM-afgrøder (Beckie & Hall 2014). Af disse afgrøder er det kun for majs og bomuld, at der findes insektresistente GM-sorter. Der foreligger kun ganske få valide undersøgelser af insekticidforbruget i GM-afgrøder. En toårig vurdering af 81 kommercielle marker i Arizona (Cattaneo et al. 2006) har vist, at dyrkning af insektresistent GM-bomuld har ført til nedsat insekticidforbrug, mens insekticidforbruget for den samme afgrøde dyrket i Kina var reduceret i perioden kort efter introduktionen af GM-bomuld sammenlignet med den konventionelle afgrøde, men senere steg grundet fremkomst af nye skadedyrarter (Catarino et al. 2015), som GM-bomulden ikke er virksom overfor. Bomuld er ikke en betydende afgrøde i Europa, hvorfor sammenligninger af insekticidforbrug mellem Nordamerika og Vesteuropa ikke er mulig. Tilsvarende foreligger der ikke undersøgelser, som muliggør sammenligning i insekticidforbrug i majs mellem Nordamerika og Vesteuropa.

Herbicerider

Med hensyn til herbicidforbrug henvises til besvarelsen af 1a, 1b.

Referencer

- Beckie HJ, Hall LM (2014). Genetically-modified herbicide-resistant (GMHR) crops a two-edged sword? An Americas perspective on development and effect on weed management. *Crop Protection* 66, 40-45.
- Berry PM, Spink JH (2006). A physiological analysis of oilseed rape yields: Past and future. *Journal of Agricultural Science* 144, 381-392.
- Cattaneo MG, Yafuso C, Schmidt C, Huang C-Y, Rahman M, Olson C, Ellers-Kirk C, Orr BJ, Marsh SE, Antilla L, Dutilleul P, Carriere Y (2006). Farm-scale evaluation of the impacts of

- transgenic cotton on biodiversity, pesticide use, and yield. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 103, 7571–7576.
- Catarino R, Ceddia G, Areal FJ, Park J (2015). The impact of secondary pests on *Bacillus thuringiensis* (Bt) crops. *Plant Biotechnology Journal*, DOI: 10.1111/pbi.12363
- Heinemann JA, Massaro M, Coray DS, Agapito-Tenfen SZ, Wen JD (2014). Sustainability and innovation in staple crop production in the US Midwest. *International Journal of Agricultural Sustainability* 12, 71-88.
- Schnepf R, Yacobucci BD (2013). Renewable Fuel Standard (RFS): Overview and Issues; Congressional Research Service: 2013, <https://www.fas.org/sgp/crs/misc/R40155.pdf>.
- USDA (2000-2015). Crop Production, 2000 Summary, January 2000 - Crop Production, 2015 Summary, January 2015. [rapporter fra USDA - NASS, som udgives hvert år i januar, <http://usda.mannlib.cornell.edu/MannUsda/viewDocumentInfo.do?documentID=1047>]
- Wright CK, Wimberly MC (2013). Recent land use change in the Western Corn Belt threatens grasslands and wetlands. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 110, 4134-4139.

Vurdering vedrørende Eksempel 3b: ”Ifølge en FN-rapport fra 2013 er det kun økologi, som kan brødføde verden bæredygtigt”

Jørgen E. Olesen, Aarhus Universitet, Institut for Agroøkologi

Der refereres til UNCTAD rapporten ”Wake up before it is too late” (UNCTAD 2013). Denne rapport forholder sig til udviklingen i landbrugssektoren i både industrilande og udviklingslande. Af rapporten fremgår ikke, som anført i beslutningsforslaget, at kun økologi kan brødføde verden bæredygtigt. Derimod gøres opmærksom på, at agroøkologiske metoder spiller en stor rolle for at kunne sikre en bæredygtig fødevarerproduktion. Agroøkologiske metoder er en bredere betegnelse end økologisk jordbrug, og det udelukker i princippet ikke anvendelse af GM-planter, gødning eller pesticider, men lægger vægt på at udnytte forskning og viden om økologiske sammenhænge for at øge produktiviteten i landbrugssystemerne og mindske deres miljø- og klimaaftryk.

Principper fra agroøkologien og fra økologisk jordbrug er af særlig stor betydning for at øge produktiviteten i landbrugssystemerne i mange udviklingslande. Det hænger sammen med, at der ofte her er tale om konventionelt landbrug med meget lave input, og derfor lav produktivitet. Her vil agroøkologiske metoder kunne øge udnyttelsen af næringsstoffer og mindske tab som følge af ukrudt, sygdomme og skadedyr. I troperne og subtroperne findes derfor ofte højere udbytter fra økologisk jordbrug sammenlignet med konventionel produktion. Te Pas og Rees (2014) fandt således ved sammenligning af udbytter fra 88 publikationer under disse klimaforhold, at udbytterne i økologisk dyrkning var i gennemsnit 26 % højere end fra konventionel produktion. Derimod viser en global analyse, at udbytterne af afgrøder i økologisk jordbrug er ca. 34 % lavere end i konventionelt jordbrug (Seufert et al. 2012). Der er dog store forskelle afhængig af afgrøde og klimaforhold.

Under danske forhold er der i langvarige forsøg med økologisk og konventionel plantedyrkning fundet lavere udbytter i økologisk end konventionel dyrkning (Knudsen et al. 2014). I den mest produktive økologiske dyrkningsform lå udbytterne afhængig af lokalitet 20 til 38 % under tilsvarende konventionelle udbytter, og for det mindst produktive system var forskellen 43 til 63 %. For visse afgrøder i den økologiske produktion kan udbytterne være betydeligt mere variable end for den konventionelle produktion. Det gælder især for afgrøder som bælgæd, kartofler, grønsager og frugt, hvor sygdomme og skadedyr i den økologiske produktion kan være stærkt skadevoldende i forhold til såvel udbytte og kvalitet.

Referencer

- Knudsen MT, Meyer-Aurich A, Olesen JE, Chirinda N, Hermansen JE (2014). Carbon footprints of crops from organic and conventional arable crop rotations using a life cycle assessment approach. *Journal of Cleaner Production* 64, 609-618.
- Seufert V, Ramankutty N, Foley JA (2012). Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature* 485, 229-232.
- Te Pas CM, Rees RM (2014). Analysis of differences in productivity, profitability and soil fertility between organic and conventional cropping systems in the tropics and sub-tropics. *Journal of Integrative Agriculture* 13, 2299-2310.
- UNCTAD (2013). Trade and Environment Review 2013. Wake up before it is too late. United Nations Conference on Trade and Development. UNCTAD, United Nations.

Vurdering vedrørende Eksempel 3e: ”Markedet for GM-frø er monopoliseret med deraf følgende problemer”

Birte Boelt, Aarhus Universitet, Institut for Agroøkologi

Commission on the Genetic Modification (COGEM) har i 2011 fået udarbejdet en undersøgelse af, hvorvidt planteforædlingssektoren på verdensplan er monopoliseret, og i givet fald, hvad de mulige konsekvenser er for innovation i sektoren (Schenkelaars et. al. 2011). Undersøgelsen konkluderer, at strukturen i planteforædlingssektoren blev ændret drastisk i 1980-erne, hvor multinationale agrokemiske virksomheder med store investeringer i GM og bioteknologi udvidede deres tilstedeværelse i den globale frø-industri gennem strategiske opkøb og sammenlægninger. Dette ændrede ejerskabs-strukturen i hele frøindustrien. Samtidig er der også sket en konsolidering i frøområder uden GM-sorter, hvor mange forædlere har indført andre innovative planteforædlingsteknikker. Undersøgelsen konkluderer, at den relative betydning af GM varierer mellem frøområder.

Referencer

Schenkelaars P, Vriend H, Kalaitzandonakes N (2011). Drivers of Consolidation in the Seed Industry and its Consequences for Innovation. COGEM. <http://www.cogem.net/index.cfm/en/publications/publicatie/drivers-of-consolidation-in-the-seed-industry-and-its-consequences-for-innovation>