



DJF rapport

Marts 1998

Nr. 2 • Markbrug



15. Danske Planteværnskonference Pesticider og miljø Ukrudt

15th Danish Plant Protection Conference
Side effect of pesticides
Weeds

Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri
Danmarks JordbruksForskning

15. Danske Planteværnskonference

Pesticider og miljø

Ukrudt

15th Danish Plant Protection Conference

Side effect of pesticides

Weeds

DJF rapport Markbrug nr. 2 • marts 1998 • 1. årgang

Udgivelse: Danmarks JordbrugsForskning Tlf. 89 99 19 00
Forskningscenter Foulum Fax 89 99 19 19
Postboks 50
8830 Tjele

Løssalg: t.o.m. 50 sider 50,- kr.
t.o.m. 100 sider 75,- kr.
over 100 sider 100,- kr.

Abonnement: Afhænger af antallet af tilsendte rapporter,
men svarer til 75% af løssalgsprisen.

Indholdsfortegnelse

Miljøsektionen

Binding og mobilitet af glyphosat i jord

Adsorption and mobility of glyphosate in soil

Line H. Petersen, Jens Erik Jensen, Mette Rabølle & Gitte Felding 7

Glyphosat og AMPA i jord

Glyphosate and AMPA in soil

Carsten Suhr Jacobsen, Arne Helweg & Niels Henrik Spliid 17

Vurdering af pesticider ud fra deres toksikologiske egenskaber

bl.a. med glyphosat som eksempel

Toxicological assessment of pesticides with glyphosate as example

Inge Kraul 27

Resultater af en udvidet undersøgelse af pesticider i grundvand

An extended survey of pesticides in ground water

Niels Henrik Spliid & Benny Køppen 31

Vurdering af pesticiders udvaskelighed på grundlag af tilgængelige data

for sorption og nedbrydning

Assessment of the leachability of pesticides based on accessible data

on sorption and degradation

Bo Lindhardt, Walter Brüsche, Inge S. Fomsgaard & Rossana Bossi 43

Status for pesticidhandlingsplanen

Status on the pesticide action plan

Lene Gravesen 53

Landmanden, konsulenten og pesticidforbruget

Farmers, advisers and the use of pesticides

Søren V. Svendsen, Villy Søgaard & Flemming Just 67

Ukrudtssektionen

Ukrudtsbekæmpelse i åbne afgrøder

Optimale herbicidblandinger til ukrudtsbekæmpelse i bederoer

Optimising herbicide mixtures for weed control in sugar beets

Solvejg Kopp Mathiassen & Per Kudsk..... 93

Model i PC-Planteværn til ukrudtsbekæmpelse i bederoer

- 3 års evaluering

Model in PC-Plant Protection for weed control in sugar beets

- 3 years of evaluation

Per Rydahl..... 101

Doseringssbehov ved kemisk ukrudtsbekæmpelse i almindelige og glyphosatresistente bederoer

Dose requirements at chemical weed control in ordinary and glyphosate resistant beet roots

Peder Elbæk Jensen..... 115

Ukrudtsbekæmpelse i glyphosatresistente bederoer

- betydningen af ukrudtets størrelse

Weed control in glyphosate tolerant beets

- influence of weed growth stage

Per Kudsk & Solvejg K. Mathiassen..... 125

FENIX (aclonifen) - et nyt ukrudtsmiddel i kartofler, ærter, gulerødder, pastinak, selleri, rodpersille og sætteløg

FENIX (aclonifen) - a novel herbicide for use in potato, pea, carrot, parsnip, celery, parsley root and set onions

Ivan Brendstrup & Ivan Kloster 133

Bekæmpelse af græsukrudt

Model til simulering af opformering og spredning af agerrævehale ved pletsprøjtning

A simulation model that describes weed population dynamics of *Alopochen myosuroides* with patch spraying

Svend Christensen, Torben Heisel & Mark Paice 141

Betydningen af vindaks (<i>Apera spica-venti</i>) og bekæmpelsesmuligheder	
Importance of loose silky-bent (<i>Apera spica-venti</i>) and possibilities of control	
<i>Poul Henning Petersen</i>	151
Forebyggelse af problemer med spildfrø fra tidligere	
dyrkede sorter af engrapgræs	
Using cultural methods to prevent contamination from previously	
grown varieties of <i>Poa pratensis</i>	
<i>Peter Kryger Jensen</i>	161
Ikke kemisk ukrudtsbekæmpelse	
Orienterende undersøgelser vedrørende UV-lys til ukrudtsbekæmpelse	
Preliminary investigations concerning use of ultraviolet light for weed control	
<i>Christian Andreasen</i>	171
Ukrudtsharvning i vinterhvede	
Weed harrowing in winter wheat	
<i>Jesper Rasmussen</i>	179
Anvendelse af falsk såbed, blindharvning og flammebehandling	
i højværdiafgrøder	
Pre-emergence weed control in crops of high value by means of a false	
seedbed techniques, weed harrowing, and flaming	
<i>Bo Melander</i>	191
Ukrudt på otte økologiske kvægbrug - betydende faktorer for ukrudtets	
udvikling 1989-1996	
Weeds at eight organic livestock farms - factors significant for the dynamics	
of weeds 1989-1996	
<i>Karsten Rasmussen, Niels Holst & Ib Sillebak Kristensen</i>	203

Binding og mobilitet af glyphosat i jord

Adsorption and mobility of glyphosate in soil

Line H. Petersen, stud. agro. & Jens Erik Jensen

Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole

Institut for Jordbrugsvidenskab (Ukrudtslære)

Thorvaldsensvej 40

DK-Frederiksberg C

Mette Rabølle & Gitte Felding

Danmarks JordbrugsForskning

Afdeling for Plantebeskyttelse

Forskningscenter Flakkebjerg

DK-4200 Slagelse

Summary

Glyphosate is strongly adsorbed in soil. In experiments with Danish agricultural soils and biobed soil, glyphosate distribution coefficients (K_d) between 13 and 1184 were observed. Glyphosate adsorption seems to correlate with the content of clay and associated Fe/Al-oxides in the soil. [^{14}C]-glyphosate mobility was studied in packed soil columns (length 30 cm). No leaching of glyphosate could be detected in the soil columns of any of the soils investigated. The added glyphosate moved between 2 and 15 cm downwards in the columns studied, depending on the soil type.

Indledning

Glyphosat (N-phosphonomethylglycin) er udbredt anvendt til ikke-selektiv ukrudtsbekämpelse på udyrkede arealer og i landbruget specielt til kvikbekämpelse før og efter høst af korn. I 1996 var forbruget af glyphosat og glyphosat-trimesium 718 tons v.s., svarende til 22% af det samlede herbicidforbrug i Danmark (Miljøstyrelsen, 1997). Fund af glyphosat og det primære nedbrydningsprodukt aminomethylphosphonsyre (AMPA) i prøver fra fynske vandløb (Fyns Amt, 1997) har sat gang i debatten om, hvorvidt glyphosat også vil kunne finde vej til dybere-liggende vandressourcer. Der er hidtil ikke fundet rester af glyphosat eller AMPA i prøver fra danske grundvandsboringer.

I litteraturen beskrives glyphosat generelt som kraftigt adsorberet til jord med deraf følgende lav mobilitet (Sprankle *et al.*, 1975; Hance, 1976; Glass, 1987). Adsorptionen er især

påvirket af jordens lerindhold, fordi phosphonsyre-delen i glyphosat danner stærke kompleksforbindelser med metalkationer f.eks. jern og aluminium, som er knyttet til lermineralernes overflade. Den stærke binding indebærer imidlertid også en risiko for, at glyphosat bundet til små jordpartikler kan udvaskes gennem makroporer i jorden. Fænomenet partikulær transport er allerede beskrevet for andre kraftigt adsorberede pesticider (de Jonge *et al.*, 1997), men er endnu ikke påvist for glyphosat.

En række forsøg med danske jorde i såvel laboratorie- som markskala er nu iværksat for at klarlægge, om der reel er en risiko for at forurene grundvandet med glyphosat, selvom det bindes så stærkt. I denne rapport præsenteres laboratorieforsøg med ^{14}C -mærket glyphosat i to danske jorde samt biobedsjord, som er et konstrueret materiale (se nedenfor). Forsøgene, der belyser adsorption og mobilitet, er foretaget efter standardiserede metodeforskrifter. Desuden opsummeres den vigtigste litteratur vedrørende glyphosats binding og mobilitet i jordmiljøet.

Materialer og metoder

Jorde

I forsøgene anvendtes tre jordtyper, en sandblandet lerjord fra Flakkebjerg, en sandjord fra Tylstrup samt en biobedsjord. Jordene fra henholdsvis Flakkebjerg og Tylstrup blev udtaget fra

Tabel 1. Tekstur^a, pH samt jern- og aluminiumindhold^b i de to landbrugsjorde. Texture, pH and iron and aluminium contents of the two agricultural soils used in the experiments.

Lokalitet og jord- dybde	% ler	% silt	% sand		% or- ganisk carbon ^c	pH	% Fe		% Al	
Location and soil depth	clay	silt	fine	coarse	organic carbon ^c	in CaCl_2	CBD	oxal.	CBD	oxal.
Flakkebjerg										
0-10 cm	13,4	15,2	34,8	33,2	1,92	5,2	0,64	0,57	0,10	0,41
45-55 cm	21,7	13,9	36,2	28,0	0,22	6,2	0,75	0,43	0,15	0,47
90-100 cm	21,7	13,3	35,6	29,2	0,12	6,5	1,08	0,21	0,13	0,32
Tylstrup										
0-25 cm	4,6	4,0	69,5	19,9	1,16	5,5	0,23	0,28	0,11	0,44
45-65 cm	3,7	0,8	52,5	42,6	0,27	5,2	0,26	0,25	0,27	1,10
70-90 cm	3,0	0,5	57,3	39,1	0,08	5,0	0,16	0,12	0,13	0,62

^a Ler: <2 µm, silt: 2-20 µm, finsand: 20-200 µm, grovsand: 200-2000 µm.

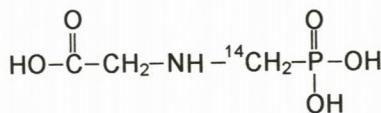
^b Ekstraktionsmetoder: CBD (citrat-bicarbonat-dithionit) og oxalat (Mehra & Jackson, 1960; Schwertmann, 1964).

^c % organisk carbon er defineret som indholdet af humus/1,72.

tre dybder. Biobedsjorden består i dette tilfælde af 25% pløjelagsjord (Flakkebjerg), 25% sphagnum og 50% snittet halm, som er grundigt sammenblandet. Materialet anvendes som fyld i såkaldte biobede, der skal binde og omsætte pesticidrester i forbindelse med fyldning og vask af sprøjteudstyr. En oversigt over de to landbrugsjordes fysiske og kemiske egenskaber er givet i tabel 1. Analyser af tekstur og pH blev foretaget af Centrallaboratoriet, Danmarks JordbruksForskning, Forskningscenter Foulum.

Herbicid

Der blev anvendt ^{14}C -mærket glyphosat (99% rent, specifik aktivitet: 23,56 mCi mmol $^{-1}$) med den radioaktive mærkning placeret i P-methylpositionen som illustreret nedenfor.



Adsorptionsforsøg

Adsorptionsforsøgene blev gennemført i overensstemmelse med den internationalt standardiserede forskrift fra OECD (1981) med enkelte modifikationer. Jorden blev luftørret, sigtet gennem en 2 mm sigte og radioaktivt bestrålet forud for udrystningsforsøgene. Til 2,5 g jord blev tilsat 25 mL glyphosatopløsning i koncentrationen 4,75 mg v.s. L $^{-1}$. Jordprøverne blev udrystet mellem $\frac{1}{2}$ og 72 timer for at få et billede af adsorptionskinetikken og ligevægtsindstillingen mellem jord- og væskefase. Til bestemmelse af fordelingskoefficienten K_d , ved tilnærmet ligevægt, valgtes 24 timer som en passende udrystningsperiode. K_d er bestemt ved forholdet mellem den glyphosatkonzentration, der er adsorberet på jordpartiklerne og den koncentration, som er opløst i jordvæsken. En stor K_d -værdi er således udtryk for en stor bindingsgrad. Væsken blev separeret fra jorden ved centrifugering og ^{14}C -aktiviteten måltes ved hjælp af væskescintillation.

Søjleforsøg

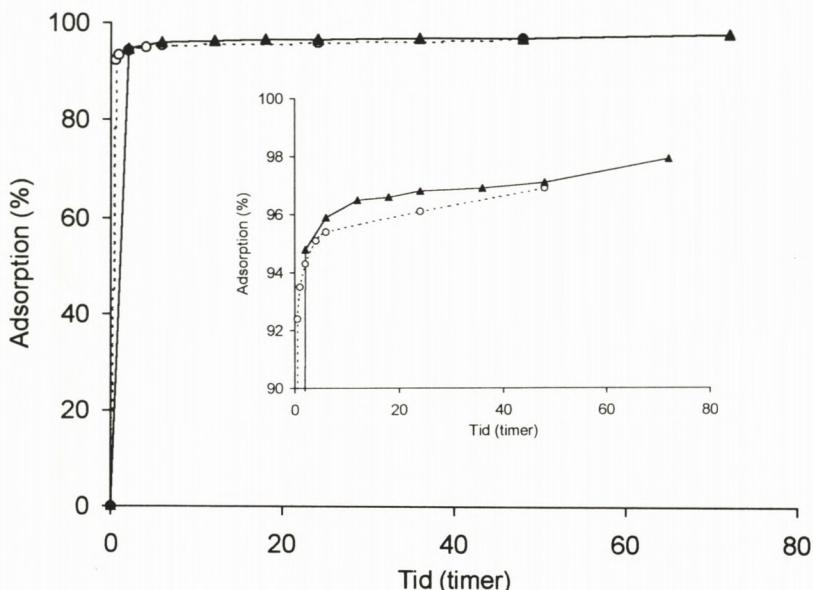
I forsøget er der anvendt manuelt pakkede jordsøjler med en længde på 30 cm. Metoden er modificeret af Kjølholt (ikke publiceret) efter USEPA (1985). Pakningen er foretaget med luftørret og sigtet jord (< 2 mm), som blev tilsat glascylinderen i små portioner skiftevis med, at jordlagene blev stampet for at opnå samme massefylde som jord i naturlig lejring. Før herbicidtilsætningen blev jordsøjlerne mættet med en opløsning af 0,01 M CaCl $_2$ og henstod til ekvibrering natten over. På overfladen af hver søje blev der tilsat 750 μL glyphosatopløsning i koncentrationen 0,475 mg v.s. mL $^{-1}$, svarende til en dosering på 1680 g v.s. ha $^{-1}$ (Roundup® indeholder 360 g v.s. L $^{-1}$). Der er anvendt en ekstrem høj vandtilførsel, idet 1060 mL 0,01 M CaCl $_2$, svarende til ca. 500 mm nedbør, blev tilført søjlerne i løbet af 2-3 timer. Forsøget er udført ved stuetemperatur ca. 20-25°C, og der er foretaget en 3-dobbelt bestemmelse af hver jord. De afdrænede søjler blev frosset ned for derefter at blive opdelt i mindre fraktioner til

bestemmelse af genfindelse og den lagvise fordeling af det tilførte glyphosat. Ved hjælp af væskescintillationstælling blev både væskefraktioner og jordfraktioner analyseret for indhold af radioaktivt mærket glyphosat. For mere uddybende beskrivelser af de anvendte metoder henvises til Petersen & Rabølle (1997).

Resultater og diskussion

Adsorptionskinetik

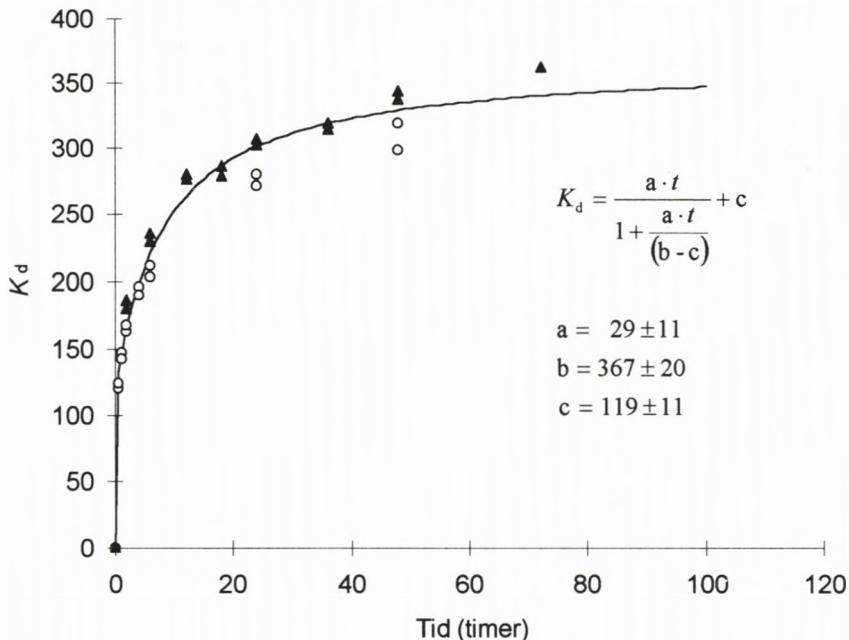
Resultaterne af de to uafhængige udrystningsforsøg (A og B) til beskrivelse af glyphosats adsorptionskinetik i lerjorden fra Flakkebjerg (0-10 cm) er vist i figur 1. Heraf ses, at over 90% af den tilførte glyphosatmængde adsorberes til jorden inden for de første timer. At der fortsat sker en stigning i den procentvise adsorption gennem hele forsøgsperioden fremstår tydeligere, når den øverste del af kurven forstørres, som vist i den lille figur indeni figur 1.



Figur 1. Glyphosat adsorption (%) i Flakkebjerg jord (0-10 cm) som funktion af udrystningstiden (timer) for forsøgene A (---○---) og B (—▲—). Et udsnit af kurvens øvre del (90-100% adsorption) er vist for at illustrere den gradvise ligevægtsindstilling. Percentage adsorption to the Flakkebjerg soil (0-10 cm) versus agitation period (hours) for the A (---○---) and B (—▲—) experiments. An enlargement of the upper part of the curve (90-100% adsorption) is presented to illustrate the gradual changes towards adsorption equilibrium.

Af resultaterne fra forsøg B ses f.eks., at der er adsorberet 95% af den tilførte glyphosat efter 2 timers udrystning, mens der efter 72 timer er adsorberet 98%. Denne efterfølgende langsomme procentvise stigning kan synes ubetydelig. Ændringen har imidlertid stor betydning for K_d -værdibestemmelsen, idet der efter 2 timers udrystning fås en K_d -værdi på 180, mens K_d -værdien efter 72 timer er steget til det dobbelte (360), som illustreret i figur 2.

I litteraturen er glyphosats adsorption oftest bestemt efter mellem 1 og 4 timers udrystning af jord og væske, og de opnåede K_d -værdier ligger i intervallet 18-417 afhængig af jordtypen (Hance, 1976; Glass, 1987; Cheah *et al.*, 1997). Da de fleste K_d -værdier ligger under 100 for jorde, der minder meget om de danske, er det sandsynligt, at lige vægt langt fra er opnået, om end mere end 90% er adsorberet inden for denne periode. Om 90% adsorption skal betegnes som tilfredsstillende, eller om man ønsker at fortsætte udrystningen og dermed inddrage effekten af den efterfølgende langsommere adsorptionsproces, ændrer imidlertid ikke på konklusionen, at den overvejende del af den tilsatte glyphosat bindes meget hurtigt til jorden.



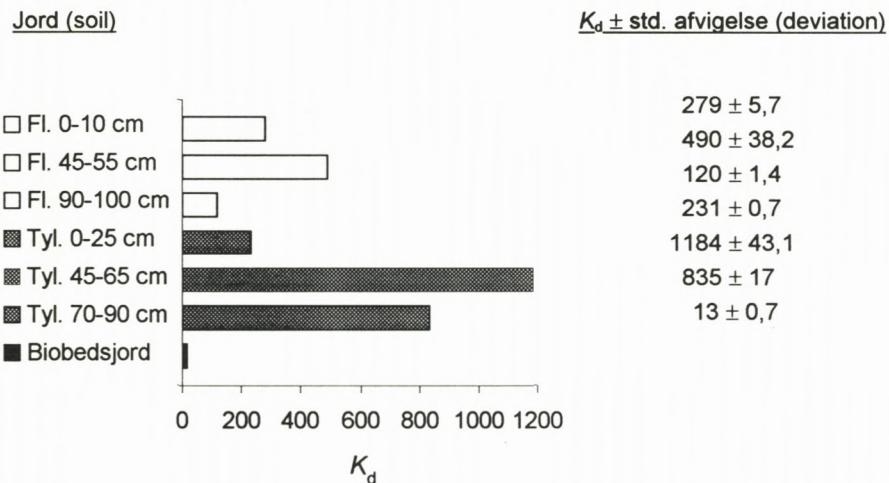
Figur 2. Adsorption udtrykt som fordelingskoefficienter (K_d) i Flakkebjerg jord (0-10 cm) som funktion af udrystningstiden (timer) for forsøgene A (o) og B (▲). Desuden er angivet en ikke-lineær regressionsmodel med tilhørende estimerede parametre (a, b, c) og den tilpassede kurve (—). The adsorption to the Flakkebjerg soil (0-10 cm) expressed as K_d -values versus agitation time (hours) for the A (o) and B (▲) experiments. Furthermore, a non-linear regression model with associated estimated parameters (a, b, c) and the curve fitted (—) are presented.

K_d -værdier for de undersøgte jorde

Med fordelingskoefficienter (K_d -værdier) mellem 120 og 1184 for de to landbrugsjorde (figur 3) er det tydeligt, at glyphosat adsorberes kraftigt til Jordens bestanddele. Biobedsjorden har en markant lavere K_d -værdi på 13, som dog også er udtryk for en relativt stærk adsorption, sammenlignet med andre aktivstoffer, som f.eks. atrazin der typisk har K_d -værdier i jord på under 5. At biobedsjorden skiller sig ud fra de øvrige jorde skyldes formentlig et meget højt indhold

af organisk carbon, som kan tænkes at hæmme adsorptionen ved at forårsage en ‘coating’ af lermineralerne. Derved nedsættes tilgængeligheden af bindingssteder for glyphosatmolekylerne.

Ved sammenligning af Flakkebjerg- og Tylstrup-jordene ses, at de øverste jordlag fra de to lokaliteter adsorberer glyphosat omrent lige godt med K_d -værdier på henholdsvis 279 og 231. I de dybere jordlag opnås højere K_d -værdier for Tylstrup-jordene end for jordene fra Flakkebjerg. Forskellen kan skyldes variationer i jordenes sammensætning, hvor især jordenes lerindhold samt lerfraktionens indhold af Fe- og Al-oxider menes at have stor betydning (Sprankle *et al.*, 1975; Glass, 1987; Piccolo *et al.*, 1994). Desuden er der en tendens til, at et stigende pH i jorden resulterer i faldende adsorption affødt af, at glyphosatmolekylet bliver mere negativt ladet (McConnell & Hossner, 1985).



Figur 3. Fordelingskoefficienter (K_d) bestemt for alle jorde efter 24 timers udrystning. Hver K_d -værdi er et gennemsnit af to gentagelser med angivelse af standardafvigelsen.
Distribution coefficients (K_d) for all selected soils determined after 24 hours of agitation. The K_d -values are specified as the mean of two replications ± the standard deviation.

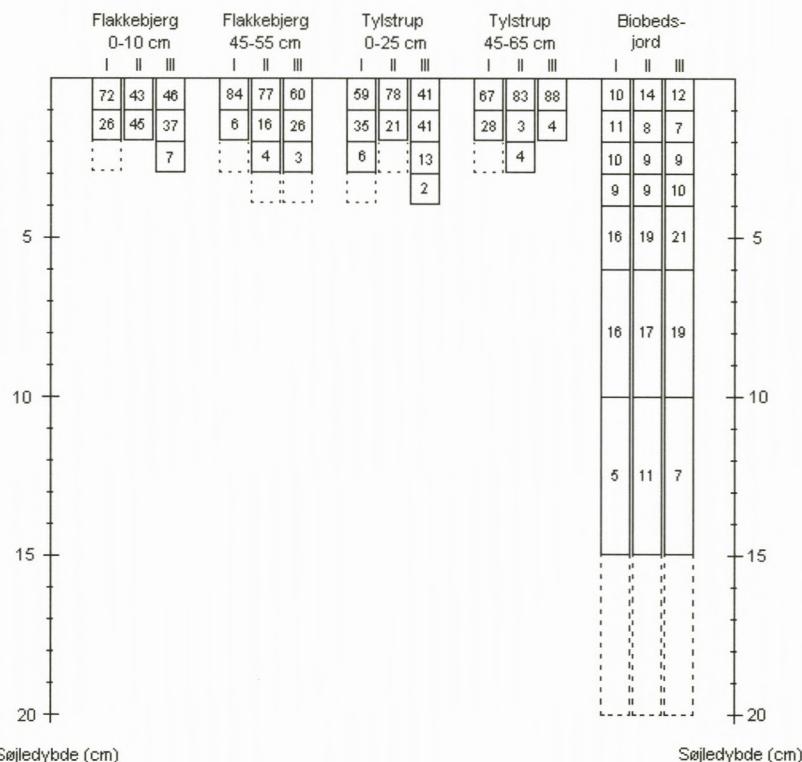
Som det ses af tabel 1, har underjordene fra Flakkebjerg højere pH (6,2 og 6,5) end underjordene fra Tylstrup (5,2 og 5,0), mens de to lokaliteter har fordelingskoefficienter på henholdsvis 120-490 og 835-1184 (figur 3). Dette tyder på, at der også her er en effekt af pH på adsorptionen af glyphosat.

Jordens lerindhold beskrives i litteraturen som værende en af de mest betydende faktorer (Sprankle *et al.*, 1975), fordi glyphosatmolekylets phosphonsyre-del kan danne kompleksforbindelser med metalkationer på overfladen af lermineraler. Variationen i K_d mellem de to underjorde indenfor hver jordtype kan skyldes forskelle i jordenes indhold af oxalat-ekstraherbare (amorfe) Fe- og Al-oxider (tabel 1). Det højere indhold af amorf Fe- og Al-oxider i Flakkebjerg 45-55 cm og Tylstrup 45-65 cm resulterer i større fordelingskoefficienter i forhold til de dybest liggende jordlag.

Adskillige udenlandske undersøgelser har dokumenteret glyphosats stærke binding til jord, og der er ikke noget som taler for, at andet skulle gøre sig gældende for danske jordtyper. Glyphosat bindes overordentlig godt i de her undersøgte jorde. Der vil dog selvsagt være variationer i forskellige danske jordes binding af glyphosat, på grund af forskelle i jordenes sammensætning.

Mobilitet

Selv med den ekstremt store vandmængde svarende til et års nedbør tilført indenfor få timer, kunne der ikke detekteres rester af glyphosat i den opsamlede væske under de pakkede jordsøjler. En analysering af de enkelte jordfraktioner viste, at den tilsatte glyphosat sad bundet i de øverste 2-4 cm af søjlerne med Flakkebjerg- og Tylstrup-jordene, mens stoffet bevægede sig ned til 15-20 cm i søjlerne pakket med biobedsjord, som illustreret i figur 4.



Figur 4. Glyphosats mobilitet i pakkede jordsøjler. Den kvantificerede fordeling af glyphosat er angivet som eksakte %-værdier for hver. Detektionsdybder (cm) er angivet med stiplede linjer. Mobility of glyphosate in packed soil columns. The quantified distribution of glyphosate is specified; with the exact values (%) of the soil fractions. The dotted signature indicates the depths of detection (cm).

For hver af de undersøgte jordes tre gentagelser er mobiliteten af glyphosat vist med nedadrettede kolonne-signaturer, som angiver den dybde i jordsøjlen, hvortil glyphosat kunne kvantificeres. De stiplede linier angiver yderligere den dybde, hvortil glyphosat kunne detekteres men ikke kvantificeres.

Når glyphosat bevæger sig så meget dybere ned i biobedsjorden, hænger det sammen med biobedsjordens høje indhold af organisk carbon, der som tidligere nævnt kan ‘coate’ lermineralernes overflade og derved virke kraftigt hæmmende på adsorptionen. I søjerne med Flakkebjerg- og Tylstrupjord er størsteparten af den tilsatte glyphosat (41-88%) placeret i den øverste cm, mens fordelingen på fraktioner er mere jævn i søjerne med biobedsmateriale. Denne forskel skyldes formentlig, at adsorptionen i jordene fra Flakkebjerg og Tylstrup sker meget hurtigt, måske endda inden vandtilførselen begynder, sammenlignet med en langsommere adsorptionsproces i biobedsmaterialet. For de 15 søjer var genfindelsen af ^{14}C mellem 77 og 100%.

Mobilitetsstudier i pakkede jordsøjler er en velegnet metode til opnåelse af standardiserede og sammenlignelige udtryk for kemiske stoffers bevægelighed i et homogent jordmatrix. Den manuelle pakningsmetode, hvor søjlen bygges op cm for cm, sikrer en høj grad af reproducérbarhed i de opnåede resultater. Det skal imidlertid pointeres, at denne type laboratorieforsøg har sin begrænsning med hensyn til at forklare, hvad der sker under markforhold, fordi jorden ved såvel sightning som pakning har mistet sin naturlige tilstand og lejring.

Det er ikke muligt udfra forsøg af denne art at klarlægge, om der reelt er en risiko for, at glyphosat kan forurene grundvandet, selvom stoffet bindes så stærkt til jorden, idet der ikke tages højde for stoftransporten i jordens naturlige sprækkesystemer f.eks. tektoniske sprækker, gamle rodgange eller ormehuller. Igangværende lysimeterforsøg og andre forsøg med uforstyrrede jorde i større skala skal medvirke til at afklare, om glyphosat bundet til jordpartikler via jordens sprækker kan føres med regnvandet ned i dybereliggende jordlag, hvor den mikrobielle aktivitet er lav.

Sammendrag

Glyphosat bindes stærkt til jord. I forsøg med danske landbrugsjorde samt en biobedsjord blev der målt fordelingskoefficienter (K_d -værdier) for glyphosat på mellem 13 og 1184. Adsorptionen af glyphosat synes at være påvirket af jordens indhold af ler samt dertil knyttede Fe- og Al-oxider. Mobiliteten af [^{14}C]-glyphosat blev undersøgt i pakkede jordsøjler. Udvaskning af glyphosat kunne ikke påvises i søjerne fra nogen af de undersøgte jorde. Den tilførte glyphosat bevægede sig mellem 2 og 15 cm ned i jordsøjlerne afhængigt af jordtype.

Erkendtlighed

De omtalte forsøg er udført ved Danmarks JordbrugsForskning, Afdeling for Plantebeskyttelse, Forskningscenter Flakkebjerg, som led i et speciale på agronomstudiet. I denne forbindelse rettes en særlig tak til laborant Alice Binder for kyndig instruktion i de anvendte forsøgsmeto-

der. Også en stor tak til dr. agro. Arne Helweg for god vejledning og diskussion gennem hele specialeforløbet.

Litteratur

- Cheah U.-B., Kirkwood R.C. & Lum K.-Y. 1997. Adsorption, desorption and mobility of four commonly used pesticides in Malaysian agricultural soils. *Pesticide Science*, 50, 53-63.
- de Jonge H., Jacobsen O.H., de Jonge L. & Moldrup P. 1997. Colloid facilitated transport of strongly adsorbing pesticides. In *Preferential Flow Processes in Soil and their Importance for Water Flow Distribution and Transport of Nutrients and Pesticides*. NJF, p. 7.
- Fyns Amt. 1997. De fynske vandløb. Uddrag af Vandmiljøovervågning, maj 1997, Fyns Amt, 159-169.
- Hance R.J. 1976. Adsorption of glyphosate by soils. *Pesticide Science*, 7, 363-366.
- Glass R.L. 1987. Adsorption of glyphosate by soils and clay minerals. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 35, 497-500.
- McConnell J.S. & Hossner L.R. 1985. pH-dependent adsorption isotherms of glyphosate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 33, 1075-1078.
- Mehra O.P. & Jackson M.L. 1960. Iron oxide removal from soils and clays by dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. *Clays and Clay Minerals Proc. 7th Conf. Natl. Acad. Sci. Natr. Res. Council Publication*, 317-377.
- Miljøstyrelsen. 1997. Bekæmpelsesmiddelstatistik 1996. Orientering fra Miljøstyrelsen, Nr. 10. Miljø- og Energiministeriet, 39 pp.
- OECD. 1981. OECD Guidelines for testing of chemicals. Guideline 106: Adsorption/Desorption. OECD, Paris, 1-15.
- Petersen L.H. & Rabølle M. 1997. The fate of glyphosate in soil – Including laboratory studies of adsorption and mobility in Danish soils. Speciale, Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, København. 73 pp.
- Piccolo A., Celano G., Arienzio M. & Mirabella A. 1994. Adsorption and desorption of glyphosate in some European soils. *Journal of Environmental Science and Health*, 29, 1105-1115.
- Schwertmann U. 1964. Differenzierung der Eisenoxide des Bodens durch Extraction mit Ammoniumoxalat-Lösung. *Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde*, 105, 194-202.
- Sprangle P., Meggit W.F. & Penner D. 1975. Adsorption, mobility and microbial degradation of glyphosate in the soil. *Weed Science*, 23, 229-234.
- USEPA. 1985. Pesticide Assessment Guidelines, Subdivision N, Chemistry: Environmental Fate, Series 163-1: Soil Column Leaching Studies. USEPA Hazard Evaluation Division, Office of Pesticide Programs, EPA-540/9-85-017.

Glyphosat og AMPA i jord

Glyphosate and AMPA in soil

Carsten Suhr Jacobsen

Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelser (GEUS)

Thoravej 8

DK-2400 København NV

Arne Helweg og Niels Henrik Spliid

Danmarks JordbrugsForskning

Afdeling for Plantebeskyttelse

DK-4200 Slagelse

Summary

Glyphosate is the single most frequently used pesticide in Denmark. In the spring 1997, unexpected large quantities of the primary metabolite AMPA were seemed to appear in several groundwater samples supplying the city of Copenhagen. It was found that degradation products from the soap used to clean the sample bottles at the responsible KIWA laboratories in Holland were the source of the AMPA detected. This paper presents a short literature review on the glyphosate herbicide, including the adsorption, microbial degradation and potential leaching in relation to glyphosate mediated water contamination. It is concluded that due to the strong adsorption glyphosate is most likely not leaching from agricultural fields and railways. However, the role of soil particle facilitated transport in soil macropores is not totally clear, and further the very low degradation rate of glyphosate in gravel must be considered in relation to the use of glyphosate on non cropped areas.

Indledning

Herbicidet glyphosat er det mest anvendte pesticid i Danmark, idet der i 1994, 1995 og 1996 har været anvendt henholdsvis ca. 606, 732 og 718 tons pr. år af glyphosat og det nærtstående glyphosat-trimesium. De udgør dermed henholdsvis 11, 11 og 14% af det totale salg af pesticider. (Miljøstyrelsen, 1997a). Det vakte derfor stor opmærksomhed, da der blev rejst mistanke om, at glyphosats vigtigste nedbrydningsprodukt aminomethylphosphonsyre (AMPA) var blevet fundet i prøver af grundvand (figur 1). Artiklen beskriver baggrunden for AMPA-sagen og søger at opsummere noget af den eksisterende viden om glyphosats binding og nedbrydning i jord.

Baggrunden for AMPA-sagen

Miljøstyrelsen og Danmarks Miljøundersøgelser iværksatte i de første måneder af 1997 i samarbejde med Sønderjyllands Amt og Fyns Amt en undersøgelse af overfladenært grundvand for glyphosat og dets nedbrydningsprodukt AMPA.

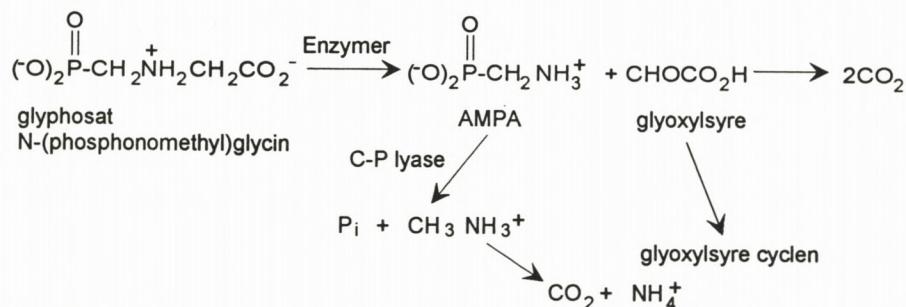
Undersøgelsen var primært politisk initieret, da den stadige strøm af rapporter om fund af pesticider i grundvand havde medført et pres for at få undersøgt, om det i dag mest anvendte sprøjtemiddel også var havnet i grundvandet.

Det hollandske institut, KIWA, der er internationalt anerkendt som analyselaboratorium for pesticider, og som var et af de eneste, der kunne foretage glyphosat-analyser blev valgt til opgaven.

Uafhængigt af denne undersøgelse iværksatte Københavns Vandforsyning ligeledes en undersøgelse af råvand og drikkevand fra en række forskellige vandværker, der forsyner københavnerne med vand. Københavns Vandforsyning valgte også KIWA til undersøgelsen. Som det er sædvanlig leverede laboratoriet flasker til prøveudtagning i begge tilfælde.

I marts kom så de første resultater, der ikke viste indhold af glyphosat, men af stoffet AMPA i en række af prøverne. Det medførte naturligvis stor opstandelse, og fagfolk, der hidtil havde hævdet, at glyphosat ikke ville blive et grundvandsproblem, var noget forundrede over, hvis det kunne være muligt for nedbrydningsproduktet AMPA at havne i grundvandet, da det adsorberes stærkt til uorganiske mineraler i jorden - ligesom glyphosat.

Et større opkläringsarbejde blev iværksat med inddragelse af flere laboratorier. Fremsendelse af blindprøver med analyserent redestilleret vand til KIWA viste stadig AMPA-indhold, mens prøver leveret i nyindkøbte flasker ikke viste indhold, og kilden blev lokaliseret til de opvaskemidler, der blev benyttet til rengøring af prøveflasker. Phosphonsyreholdige opvaskemidler kan indeholde små mængder AMPA.



Figur 1. Glyphosat og dets vigtigste nedbrydningsprodukt AMPA (aminomethylphosphonsyre) samt den videre nedbrydning til CO_2 (Franz et al., 1997). Metabolic pathways for glyphosate in soil.

En række phosphonsyrer, der indgår i forskellige produkter, herunder visse typer vaske- og rengøringsmidler, kan nedbrydes til AMPA. På det danske marked er det amino-trimethylphosphonsyre, ATMP, ethylendiamin-tetramethylphosphonsyre, EDTMP, diethylentriaminopentamethylphosphonsyre, DTPMP, hexamethyldiamino-tetramethylphosphonsyre, HDTMP

og carbonylbisnitrilobismethylentetraxisphosphonsyre, CNMTP. Forbruget af disse produkter er i samme størrelsesorden som forbruget af glyphosat, hvilket er omkring 500 tons pr. år. Ingen undersøgelser tyder på, at AMPA dannes i miljøet ud fra naturligt forekommende stoffer. (Miljøstyrelsen, 1997b).

I dag er der stadig ikke påvist glyphosat eller AMPA i dansk grundvand, mens enkelte prøver af overfladevand fra fynske vandløb og sjællandske sører har haft små indhold.

DJF, Flakkebjerg har i samarbejde med GEUS samlet den viden, der foreligger om glyphosats mobilitet og nedbrydning, og har iværksat en række undersøgelser, der skal belyse glyphosats nedbrydning, binding og mobilitet under danske forhold.

Adsorption og transport af glyphosat i jord

Den herbicide (plantegiftige) virkning af glyphosat stammer hovedsagelig fra optagelse gennem planternes blade, og glyphosat har stort set ingen herbicidvirkning gennem jord. Dette hænger bl.a. sammen med stoffets stærke sorption til jord. En lang række forfattere har vist, at glyphosats sorption hænger sammen med jordens lerindhold (Sprankle *et al.*, 1975; Hance, 1976; Glass, 1987). Binding forårsages af, at metal kationer (f.eks. Fe^{3+} og Al^{3+}) danner stærke komplekser med glyphosat gennem stoffets phosphonyredel.

Glyphosats binding til jord hænger kun i ringe grad sammen med jordens indhold af organisk stof, den er pH uafhængig, og der forekommer en konkurrence med frit uorganisk fosfor om bindingsstederne (Sprankle *et al.*, 1975; Hance, 1976; Torstensson, 1985).

Bindingen af et pesticid i jord angives normalt ved stoffets K_d -værdi. K_d angiver forholdet mellem pesticidkoncentrationen på jord og koncentrationen i vand. Undersøgelsen udføres normalt ved at omryste 1 til 5 g jord med 25 ml 0,01 M CaCl_2 med 5 mg glyphosat i ca. 1 døgn og derefter måle hvor meget pesticid, der er bundet på jorden, og hvor meget der stadig er i oplosning. Stor K_d -værdi betyder en stor binding.

Sorptionen af glyphosat er sædvanligvis meget stor, således fandt Hance (1976) K_d -værdier på mellem 18 og 377 for ni undersøgte jorde, og Glass (1987) har fundet tilsvarende K_d -værdier mellem 33 og 76 (tabel 1). Tilsvarende værdier er, som det ses nederst i tabellen, fundet i danske jordtyper (Petersen *et al.*, 1998) og i øvrigt også af Helweg og Binder (upubliceret). Endnu større variationer i K_d -værdien (fra 5 til 811) er anført af Lindhardt *et al.* (1997).

Tabel 1. Binding af glyphosat i 6 udvalgte jorde, vist ved stoffets fordelingskoefficient K_d -værdi. Adsorption (K_d) of glyphosate in different soil types.

% organisk C	Ler	Silt	Sand	K_d	Forfatter
2,0	22,6	33,4	44,0	377	Hance, 1976
7,0	6,6	15,9	45,5	83	
0,9	52,6	37,5	9,9	76	Glass, 1987
0,7	7,1	17,0	75,9	33	
1,9	13,4	15,2	68,0	279	Petersen <i>et al.</i>
1,2	4,6	4,0	89,4	231	1998

Organisk C = Organisk stof (humus)/1,72

Tabel 2 viser bindingen (K_d -værdien) af glyphosat i materiale fra jernbaneunderbygninger i Sverige med et C-indhold på 0,06 til 0,51 og i lerholdig jord udtaget i ca. 90 cm's dybde under danske marker. C-indhold er her på henholdsvis 0,12 og 0,08%. Tabellen viser, at K_d for glyphosat ligger på 26 til 835 i disse uorganiske jordprøver mod 33 til 377 i markjord. Glyphosat bindes altså godt både i baneunderbygninger med meget lavt indhold af organisk stof, og i lerholdig jord udtaget under rodzonen. Det skyldes, at glyphosat som nævnt bindes til jern og aluminium på mineraler i jorden. Disse metal kationer er tilstede i store mængder i de undersøgte jorde.

Til sammenligning kan nævnes, at et stof som atrazin har en K_d -værdi mellem 1,5 og 5 i humusholdige overfladejorde, medens K_d -værdien varierede fra 0,1 til 0,6 i mineralske underjorde (Jensen *et al.*, 1988).

Tabel 2. Binding(K_d -værdi) af herbicidet glyphosat i jernbaneunderbygninger fra Sverige (Torstensson & Lindholm, 1988) og i danske jordprøver udtaget i ca. 1 meters dybde (Petersen *et al.*, 1998). Adsorption of glyphosate in mineral soils from railroad embankments and subsurface.

% organisk C	Lokalitet	Glyphosat K_d
0,24	Jernbane	83
0,06	Jernbane	26
0,51	Jernbane	76
0,12	Under mark	120
0,08	Under mark	835

Nedbrydning af glyphosat

Glyphosat nedbrydes overvejende mikrobiologisk (Rueppel *et al.*, 1977 & Sprankle *et al.*, 1975), nedbrydningen er cometabolisk og giver altså ikke de nedbrydende mikroorganismen noget væsentligt udbytte (Sprankle *et al.*, 1975; Torstensson & Aamisepp, 1977; Jacobsen, 1987). Nedbrydningen foretages bl.a. af bakteriestammer af *Arthrobacter* og *Pseudomonas* (Franz *et al.*, 1997). I autoklaveret jord har Torstensson & Aamisepp (1977) dog fundet en svag kemisk nedbrydning.

Halveringstider (DT₅₀) for nedbrydning af glyphosat i tre markforsøg er i gennemsnit 18 dage (Lindhardt *et al.*, 1997), men kan i øvrigt variere meget. Glyphosat nedbrydes almindeligvis hurtigt af mikroorganismerne i landbrugsjord (Rueppel *et al.*, 1977). Den stærke adsorption af glyphosat til landbrugsjorde antages dog stærkt at begrænse den maksimale nedbrydningsrate. I modsætning til f.eks. 2,4-D efterfølges en gentagen tilsætning af stoffet til jord ikke af en forøget nedbrydning (Robertson and Alexander, 1994), og der findes ingen eksempler i litteraturen på accelereret nedbrydning af glyphosat.

Dette hænger muligvis sammen med, at der er mange forskellige mikroorganismer, der er i stand til at nedbryde glyphosat (Dick and Quinn, 1995). Der er beskrevet to nedbrydningsveje

for glyphosat enten over 1) sarcosin eller 2) AMPA. Ved sarcosin-nedbrydningsvejen nedbrydes glyphosat til sarcosin og videre over glycin før fuldstændig mineralisering. Bindingen mellem phosphormolekylet og det tilstødende kulstof (figur 1) er første trin og udføres af enzymet C-P lyase (Jacob *et al.*, 1988). Der er isoleret en række renkulturer af bakterier, der kan nedbryde glyphosat over denne nedbrydningsvej, og det gælder for alle disse, at deres nedbrydning stopper, når de kan få phosphor fra andre kilder.

Den anden nedbrydningsvej AMPA nedbrydningsvejen, som kvantitativt anses for den vigtigste i jord, starter med en klipning af C-2 kulstof-kvælstof bindingen (Jacob *et al.*, 1985). AMPA efterlades og vil kunne nedbrydes til fosfat, ammonium samt vand og CO₂. Dannelsen af AMPA fra glyphosat påvirkes ikke af phosphor, mens den videre nedbrydning af AMPA hæmmes af tilstedeværelsen af phosphor. Hvis udnyttelsen af phosphor er den primære drivkraft i nedbrydningen af glyphosat, vil omsætningen være afhængig af mængden af tilgængelige kulstofkilder.

AMPA nedbrydes langsommere end glyphosat i jord, hvilket bl.a. kan tilskrives, at det bindes stærkere til jorden end glyphosat. Nedbrydningen af AMPA sker også hovedsageligt mikrobiologisk (Ruepel *et al.*, 1977), og der synes ikke at ske en egentlig akkumulering af AMPA i de behandlede jorde. Franz *et al.* (1997) angiver AMPA-indhold på mellem 0,03 og 0,11 kg/ha ca. 100 dage efter behandling af skovjord med 2 til 4 kg glyphosat pr. ha. Glyphosatindholdet var på dette tidspunkt på mellem 0,05 og 0,38 kg/ha.

Energiudbyttet for mikroorganismerne ved nedbrydningen af glyphosat er ukendt, men det antages almindeligvis, som nævnt ovenfor, at nedbrydningen af den biologisk tilgængelige glyphosat sker co-metabolisk (Sprinkle *et al.*, 1975), og som sådan følger den generelle mikrobielle aktivitet i den pågældende jord (Torstensson, 1987).

Halveringstider for glyphosat

Da glyphosat bindes stærkt til jorden, er halveringstiden som nævnt også afhængig af den aktuelle binding (K_d-værdien) (Torstensson, 1985). Halveringstiden varierer fra under en uge til flere måneder (tabel 3).

Tabel 3. Mineralisering af glyphosat i udvalgte jorde. Halveringstiden er estimeret på baggrund af udskillelsen af ¹⁴CO₂. Degradation (DT₅₀) of glyphosate in soil from plough layer and from sub surface.

Forfatter	Jord	Temperatur	Organisk stof	Halveringstid
(Hance 1976	Lermuld			40 dage)
Rueppel <i>et al.</i> , 1977	Lermuld	30 °C	1%	3 dage
do	Ler	30 °C	6%	27 dage
do	Sandmuld	30 °C	1%	130 dage
(Torstensson 1982	Sandmuld			175 dage
do	Lermuld			90 dage)
Nielsen	Sandmuld 0-30	10 °C/20 °C	2.5	100/45 dage
do	Grov sand 35-55	10 °C/20 °C	1.0	>1000/500 dage
do	Grov sand 90-100	10 °C/20 °C	0.2	>1000/>1000 dage

Mikrobiologisk nedbrydning af herbicider er normalt betydelig reduceret i mineralske jorde (Helweg, 1987) og i jernbaneterræner (Torstensson, 1987), hvorfor det må forventes, at både omdannelsen fra frit glyphosat til AMPA og den videre fuldstændige mineralisering vil foregå langsommere i dette miljø. Tabel 3 (nederst) viser da også en væsentlig længere halveringstid i de relativt uorganiske jorde udtaget i 35-55 og 90-100 cm's dybde sammenlignet med overfladejordene. Undersøgelser i skovjorde har vist halveringstider på mellem 0,5 m og 2 måneder i de fleste af de undersøgte jorde, og enkelte angivelser på en halveringstid på 5 til 6 måneder (Torstensson *et al.*, 1989).

Nedbrydning og udvaskning fra befæstede arealer

Ved anvendelse af glyphosat på befæstede arealer kan det øverste jordlag udgøres af grus og andet sandet materiale. Den mikrobielle aktivitet er formodentlig meget begrænset i sådanne jorde, men dens omfang er ikke undersøgt under danske forhold, og der eksisterer ikke danske eller internationale undersøgelser af omsætningen af glyphosat i disse jorde. Imidlertid må det antages, at den mikrobielle aktivitet i gruslag under befæstede arealer i høj grad vil være på det samme niveau som den mikrobielle aktivitet i sandede underjorde, da disse underjordes hovedkomponenter i forhold til adsorption og total biomasse er identiske. Omsætningen af glyphosat udbragt på befæstede arealer kan derfor bedst sammenlignes med omsætningen af glyphosat i en sandet underjord.

Det er også begrænset, hvad der foreligger af undersøgelser over glyphosats omsætning i sandede underjorde, bl.a. fordi det ikke antages, at glyphosat vil udvaskes fra en almindelig overjord. Der eksisterer imidlertid resultater af endnu ikke publiceret forskning, hvor måling af mineralisering af glyphosat i en grovsandet dansk jordprofil har vist, at omsætningen af glyphosat er mange gange mindre i den sandede underjord end i den tilsvarende biologisk aktive overjord (tabel 3). Den samlede mineralisering lå i forsøgene på 10% eller derunder af omsætningen i den mikrobiologisk aktive overjord. Der er tale om en markant langsommere omsætning af glyphosat under disse omstændigheder.

Udvaskning af glyphosat fra befæstede arealer er undersøgt i felten ved tre canadiske transformerstationer anlagt på stabilgrus (Smith *et al.*, 1996). Transformerstationerne er anlagt, hvor muldlaget er fjernet, og der vil derfor kunne være forbindelse direkte fra den øverste stenbelægning omkring stationen til underjorden.

Ved to af de tre transformerstationer blev der ikke genfundet glyphosat i vandet under stationen, mens der under den tredje (Massey Drive) blev fundet mellem 0.0072 mg/l og 0.045 mg/l glyphosat i vandet på 8 målinger over en 37 ugers periode. Forskellene man fandt i udvaskningen kunne ikke tilskrives klimatiske forskelle imellem de tre lokaliteter men snarere den geologiske variation (Smith *et al.*, 1996). I modsætning til de to andre stationer ligger Massey Drive stationen over et kalkstens lag, der ofte har en høj permeabilitet (Smith *et al.*, 1996).

Partikelbåret udvaskning

Der har været rejst tvivl om den stærke binding af glyphosat er tilstrækkelig til at sikre mod udvaskning af stoffet til vandmiljøet. Årsagen er, at glyphosat måske kan transporteres i makroporer i jorden bundet til jordkolloider (Düring & Hummel, 1996; Villholth *et al.*, 1997). Der mangler dog undersøgelser, som kan belyse risikoen for dels glyphosats transport til overfladevand dels til grundvand gennem makroporer. Disse undersøgelser er nu startet i Danmark under Det Strategiske Miljøforskningsprogram og i et Forskningsrådsprojekt. Det ser i øvrigt ud til, at hvis glyphosat når overfladevandmiljøer, vil det blive bundet til bundsedimenter og blive omsat relativt hurtigt (Zaranyika & Nyandoro, 1993). Erfaringer fra overfladevandmiljøer stammer hovedsagelig fra, at glyphosat i nogle lande benyttes til bekæmpelse af uønsket vegetation i vandløb og søer.

Diskussion og konklusion

Glyphosat bindes meget effektivt i de fleste jordtyper, selv om variationen i bindingen fra en jord til en anden kan være meget stor. Nedbrydningen er tilsvarende relativt hurtig i overfladejorde, men varierer stærkt fra en jordtype til en anden. Nedbrydningen begrænses dels, hvis der sker en høj bindingen til jordpartikler, dels hvis den biologiske aktivitet i jorden er lav. På grundlag af værdierne for binding og nedbrydning skønnes risikoen for grundvandsforurening med glyphosat efter anvendelse på landbrugsarealer at være meget begrænset. Dog er spørgsmålet om udvaskning af glyphosat bundet til jordkolloider endnu ikke endeligt blyst.

Der er en stor interesse for at finde herbicider, som kan anvendes til total ukrudtsbekæmpelse på udyrkede arealer. Der foreligger ingen litteratur om mineralisering af glyphosat i fyldmaterialer under befæstede arealer. Imidlertid er der i overensstemmelse med den generelle litteratur om sammenhængen mellem glyphosats omsætning og jordens mikrobielle aktivitet fundet meget lave mineraliseringsrater i sandede underjorde. Da sandede underjorde formodes at opføre sig parallelt med fyldmaterialer under befæstede arealer, er det sandsynligt, at glyphosat på disse arealer omsættes væsentligt langsommere end i landbrugsjorde. Udvaskning til grundvandet fra befæstede arealer kan derfor især forhindres, hvis materialet indeholder bindingssteder for glyphosat. De foreløbige resultater på dette område tyder på, at glyphosat generelt bindes stærkt til jorde med lavt indhold af organisk stof, og dette gælder sandsynligvis også for jernbaneunderbygninger, der bl.a. indeholder store mængder jern.

Litteratur

Dick R.E. and Quinn J.P. 1995. Glyphosate-degrading isolates from environmental samples: occurrence and pathways of degradation. Appl. Microbiol. Biotechnol. 43:545-550.

- Düring R.-A. and Hummel H. E. 1996. Glyphosate: Importance in no-tillage agriculture with regard to environmental side-effects. Weed and Pest Control. Proceedings of EC-Workshop: Experience with the applicability of no-tillage crop production in the West-European countries. 69-78.
- Franz J. E., Mao M. K. & Sikorski J. A. 1997. Behaviour of Glyphosate in Soil, Hydrosoils and Water - Methods for Glyphosate Analysis. In. Glyphosate: A Unique Global Herbicide ACS Monograph 189, Washington, DC. 65-101.
- Glass R. L. 1987. Adsorption of glyphosate by soils and clay minerals. J. Agric. Food. Chem., 35: 497-500.
- Hance R. J. 1976. Adsorption of glyphosate by soils. Pestic. Sci., 7: 363-366.
- Helweg A. 1987. Nedbrydning og adsorption af pesticidkemikalier i jordlag under rodzonens og jordluftens sammensætning ned til 2 meters dybde. (MCPA, dichlorprop, monochlorprop, 2,4-dichlorphenol, TCA og paration). Statens Planteavlfsforsøg, Beretning nr. S 1881, 78 pp.
- Jacob G.S., Schaefer J., Stejskal E.O. and McKay R.A. 1985. Solid-state NMR determination of glyphosate metabolism in a *Pseudomonas* sp. *The Journal of Biological Chemistry* 260(10):5899-5905.
- Jacob G.S., Garbow J.R., Hallas L.E., Kimack N.M., Kishore G.M. and Schaefer J. 1988. Metabolism of glyphosate in *Pseudomonas* sp. strain LBr. *Appl. Environ. Microbiol.* 54(12):2953-2958.
- Jacobsen C. S. 1987. Udvaskning af dichlobenil og glyphosat fra jernbaneterræner. Rapport nov. 1987 fra Planteværnscentret, Flakkebjerg, 15 p.
- Jensen E. H., Jacobsen C. S. & Helweg A. 1988. Binding og udvaskning af atrazin i to danske jordprofiler. 5. Danske Planteværnskonference, Nyborg 1. marts 1988, Statens Planteavlfsforsøg, 33-44.
- Lindhardt B., Fomsgaard I.S., Brüsck W. and Bossi R. 1997. Pesticiders udvaskelighed - vurdering af usikkerheden på DT₅₀ og K_{oc} der anvendes i GUS. Rapport til Miljøstyrelsen, in press.
- Miljøstyrelsen. 1997a. Bekämpelsesmiddelstatistik 1996. Miljø- og Energiministeriet, Nr. 10, 1997
- Miljøstyrelsen. 1997b. Miljøstyrelsens redegørelse om AMPA og glyphosat i grundvand og overfladevand.
- Nielsen M.B. 1998. Unpublished result.
- Petersen L.H., Rabølle M., Felding G. og Jensen J.E. 1998. Binding og mobilitet af glyphosat i jord. 15. Danske Planteværnskonference, Miljø,
- Robertson B.K. and Alexander M. 1994. Growth-linked and cometabolic biodegradation: Possible reason for occurrence or absence of accelerated pesticide biodegradation. *Pestic. Sci.* 41:311-318.
- Rueppel M. L., Brightwell B. B., Schaeffer J. & Marvel J. T. 1977. Metabolism and degradation of glyphosate in soil and water. *J. Agric. Food. Chem.*, 25: 517-528.

- Smith N.J., Martin R.C. and St.Croix R.G.* 1996. Levels of the herbicide glyphosate in well water. *Bull Environ. Contam. Toxicol.* 57:759-765.
- Sprankle P., Meggitt W. F. & Penner D.* 1975. Adsorption, mobility and microbial degradation of glyphosate in the soil. *Weed Sci.*, 23: 229-234.
- Torstensson L.* 1985. Behaviour of glyphosate in soils and its degradation. In. *The Herbicide Glyphosate* (Eds. Grossbard & Atkinson) pp. 137-150: Butterworths; London. Boston, Durban, Singapore, Sydney, Toronto, Wellington.
- Torstensson L.* 1987. Nedbrytning och transport av herbicider i mullfattiga jordar. i: *Markmiljöns betydelse för pesticides rörlighet och persistens* (Helweg, A.; Lode,O.; Junnila, S. Torstensson,L. Eds.). Swedish University of Agricultural Sciences Rapport 37, Uppsala, Sweden.
- Torstensson L. and Aamisepp A.* 1977. Detoxification of glyphosate in soil. *Weed Research*, 17: 209-212.
- Torstensson L., Lundgren L.N. and Stenström J.* 1989. *Ecotoxicol. Environ. Safety*, 18, 230-239, fra Franz et al. (1997).
- Villholth K. G., Brun A., Christensen F. and Hjelmar O.* 1997. Colloid-facilitated transport of pesticides and other sorbing contaminants in soil and groundwater. Environmental Protection Agency. Report May 1997, VKI (summary).
- Zaranyika M. F. and Nyandoro M. G.* 1993. Degradation of glyphosate in the aquatic environment: an enzymatic kinetic model that takes into account microbial degradation of both free and colloidal (or sediment) particle adsorbed glyphosate. *J. Agric. Food Chem.*, 41: 838-842, fra Franz et al. (1997).

Vurdering af pesticider ud fra deres toksikologiske egenskaber bl.a. med glyphosat som eksempel

Toxicological assessment of pesticides with glyphosate as example

Inge Kraul

Bekæmpelsesmiddelkontoret

Miljøstyrelsen

Strandgade 29

1401 København K

Summary

The risk assessment of pesticides is made by the Danish EPA in the authorization procedure with background in a dossier made by the applicant according to internationally accepted data requirements. The assessment of the toxicological profile of the pesticide is reflected in the allocation of the values for Acceptable Daily Intake (ADI) and Acceptable Operator Exposure Level (AOEL) by using inter - and intraspecies uncertainty factors in extrapolating results from animals to humans. Many "new" pesticides, a.o. glyphosate are developed to be very selective in their way of reducing pests and in consequence hereof have little or no effect on mammals besides the effects which stem from the burden of a test animal organism to transport large amounts of a chemical of no nutritive value through the liver and kidney. Nonetheless a huge amount of toxicological studies additional to or a repetition of the mandatory study programme are published in the open literature. These studies are often inconclusive due to gaps in the testing procedure and the experience shows that they very seldom provide new knowledge of a pesticide.

Indledning

En udførlig beskrivelse af Miljøstyrelsens sundhedsmæssige vurdering af bekæmpelsesmidler i godkendelsesproceduren er givet i SP rapport nr. 3 fra 1996 i forbindelse med et indlæg på den 13. Danske Planteværnskonference.

Her vil problematikken med sundhedsmæssig vurdering af pesticider blive anskuet ud fra et ønske om at belyse, hvorfor Miljøstyrelsen har de krav til toksikologisk afprøvning af stofferne, som den har.

Det forebyggende godkendelsessystem

Kravene til toksikologiske undersøgelser til brug ved godkendelsen af pesticider er under konstant revision, dels for at nedbringe antallet af dyreforsøg og dels for at forbedre

sikkerheden i den risikovurdering, der lægges til grund for afgørelserne. Det grundlæggende, internationalt anerkendte princip for accept af anvendelsen af pesticider, set ud fra et sundhedsmæssigt synspunkt, er som det hele tiden har været, at enhver påvirkning af mennesker eller dyr stammende fra pesticider under alle omstændigheder er uønsket.

Der er altså et overordnet ønske om at godkendelsesproceduren fungerer som et forebyggende system, hvor det, hvis alle obligatoriske krav til dokumentation er opfyldt, skulle være muligt at gardere sig mod alle tænkelige effekter, sundhedsmæssige såvel som miljømæssige, inden et pesticid tages i anvendelse.

Det forebyggende toksikologiske undersøgelsesprogram for pesticider er ligeledes internationalt accepteret, så det betyder normalt ikke noget, hvor i verdenen undersøgelserne er foretaget, og det er da også kun få toksikologiske undersøgelser, der er udført i Danmark.

Mange finder det mærkeligt, at myndighederne kan godtage, at hele det omfattende undersøgelsesprogram er udført af pesticidproducenterne, der jo mere end nogen er interesseret i, at deres produkt viser en favorabel toksikologisk profil. Imidlertid er det fuldstændigt urealistisk at tænke sig, at andre skulle kunne gøre det på grund af det enorme ressourceforbrug - og i erkendelse af dette er der for at sikre videnskabeligt korrekte toksikologiske undersøgelser indført meget strenge regler om udførelse af forsøgene, behandling af forsøgsdyr, om "god laboratoriepraksis" og om akkreditering af laboratorier.

De toksikologiske undersøgelser er grundlaget for risikovurderingen af pesticidaktive stoffer og resulterer bl.a. i fastsættelse af de to sundhedsmæssige nøgleværdier: Acceptabel Daglig Indtagelse (ADI) og Acceptabel Bruger(operator)eksponering (AOEL):

Ingen effekt i dyreforsøg (No Observed Adverse Effect Level (NOAEL))

↓

Usikkerhed ved anvendelse af resultater fra dyreforsøg til at forudsige noget om mennesker
(værdien fra dyreforsøget nedsættes med en passende faktor- oftest 100)

↓

Acceptabel eksponering ved indtagelse (ADI) eller under arbejdet (AOEL)

Jo større disse værdier (mg/kg legemsvægt/dag) er, jo mere kan mennesket tåle at intage af pesticidet, om end alle bestræbelser naturligvis går på, at en sådan indtagelse ikke skal blive aktuel.

Pesticiders toksikologiske profil

Ved gennemførelsen af de toksikologiske undersøgelser repræsenterer stoffer som glyphosat og de fleste andre nyere pesticider en særlig udfordring. Dette skyldes, at pesticidernes effekt bliver mere og mere selektiv, det vil sige, at de i højere grad virker (f.eks. som ukrudtsdræber) ved en mekanisme, der er helt forskellig fra hvad, der vil kunne forekomme i pattedyrceller. Det vil sige, at man som oftest er helt på bar bund med hensyn til at forudsige hvilke effekter, man skal lede efter i dyreforsøgene.

Derfor er man i allerhøjeste grad nødt til at kræve hele det obligatoriske undersøgelsesprogram gennemført, et program, der omfatter alt hvad ”man” kan tænke sig at få besked om i de undersøgelser, som udføres på forsøgsdyr, i bakterier eller isolerede celler eller lignende, idet man naturligvis ikke udfører forsøg med mennesker. ”Man” er her de personer, der over hele verdenen beskæftiger sig med toksikologiske undersøgelser, og hvis forskningsresultater og vurderinger primært kanaliseres ud i OECD-testguidelines for toksikologisk afprøvning af kemiske stoffer.

I det forebyggende undersøgelsesprogram prøver man altså at få oplysninger, om et stof forårsager nogen af de effekter, som man tidligere har set kemiske stoffer kan give, det vil sige, om det er akut toksisk, om det er irriterende for hud eller øjne, forårsager allergi, forstyrrelser i reproduktionen, misdannelser i fostre, giver effekt på immun- eller nervesystem, ophobes i kroppen eller giver kræft ved livslang påvirkning af forsøgsdyr.

Netop en kortlægning af ”det tænkelige” er et grundlæggende element i krav til undersøgelser, og frygten for at man har overset noget vil altid lure og fortsat forårsage, at programmet vokser i takt med, at man udvikler nye og bedre testsystemer. Der arbejdes også på at fjerne toksikologernes skrækvision: at mennesket igen skulle vise sig at være den mest følsomme organisme for et stof, der har vist sig fredeligt i dyreforsøg.

Erfaring med glyphosat og mange af de andre selektivt toksiske stoffer er imidlertid, at de virkelig er selektive i deres virkningsmekanisme, idet de effekter, man observerer i forsøgsdyrenes organisme, kan sammenfattes til det man ofte kalder fysiologisk overarbejde. Det vil sige at dyrene belastes af de store mængder teststof uden næringsværdi, som kroppen skal udskille under forsøget. Heraf følger at dyrene ikke vokser normalt, at de får diarré, og at udskillelsesorganerne lever og nyrer kan ende med at tage skade, hvis der indgives tilstrækkeligt store doser teststof hver dag. Der er altså ikke tale om en specifik toksikologisk effekt af pesticidet, men kun om at stoffet er fremmed for dyrets organisme og derfor kan være belastende at håndtere i store doser.

Resultatet af risikovurderingen af denne type stoffer er derfor oftest, at en anvendelse som pesticid ikke volder sundhedsmæssige betænkeligheder, idet der skal helt urealistisk store mængder stof til, at der ville kunne ses biologisk effekt på mennesker eller dyr.

Data uden for det forebyggende system

Ikke desto mindre er netop glyphosat - vel i kraft af sin enorme anvendelse - eet af de pesticider, der er foretaget flest undersøgelser på uden for det forebyggende obligatoriske toksikologiske undersøgelsesprogram.

Vi har således via de toksikologiske og medicinske databaser, som Miljøstyrelsen har adgang til, fundet ca. 4.500 artikler om glyphosat og de produkter, hvori det forekommer, publiceret i den åbne litteratur i glyphosats levetid, det vil sige fra 1976 til nu. Her er dog tale om toksikologi i videste forstand, idet der også er artikler om f.eks. restkoncentrationsfund og toksicitet overfor fisk etc.

Imidlertid gælder det desværre generelt for rigtig mange af de publicerede undersøgelser om toksisk effekt af pesticider, at de er mangelfuld udørt eller anvender mere eller mindre hjemmestrikkede testsystemer, som ikke er validerede og dermed internationalt anerkendte. Dette medfører i bedste fald, at det ikke er muligt at konkludere noget fra resultaterne, i værste fald, at de bliver fortolket i vidt forskellige retninger.

Derudover viser erfaringen, at der meget sjældent kommer noget egentlig nyt frem i alle disse undersøgelser, hvilket også tages til indtægt for, at det forebyggende obligatoriske toksikologiske undersøgelsesprogram for pesticider efterhånden er udviklet til et stade, hvor der trods alt ikke er så stort behov for hele tiden at udvide kravene.

Litteratur

OECD - guidelines for testing of chemicals, OECD 1983.

Nielsen A. L. 1996. Sundhedsmæssig vurdering af pesticider. 13. Danske Planteværnskonference, Pesticider og Miljø/Ukrudt. SP rapport nr. 3, 31-39.

Resultater af en udvidet undersøgelse af pesticider i grundvand
An extended survey of pesticides in ground water

Niels Henrik Spliid
Danmarks JordbruksForskning
Afdeling for Plantebeskyttelse
Forskningscenter Flakkebjerg
4200 Slagelse

Benny Køppen
Miljø-Kemi
Dansk Miljø Center A/S
Holsbjergrvej 42
2620 Albertslund

Arbejdet er udført ved:
Danmarks Miljøundersøgelser
Afdeling for Miljøkemi
Frederiksborgvej 399
4000 Roskilde

Summary

The present paper gives the results of the second part of the project. The first part is published in Spliid *et al.* 1996 and Spliid and Køppen 1996. The compounds included in the analytical programme were revised in co-operation with Environmental Protection Agency and National Environmental Research Institute and the list was expanded to 34 pesticides and 10 degradation products.

Samples were shallow ground water from two sandy catchment areas and two clayey areas. Further samples were from ground water extraction screens where pesticides have been detected earlier.

17 out of the 44 compounds included in the programme were not detected in any sample. 9 compounds were detected in one sample, 4 compounds were detected in 2 samples while 14 compounds were detected in 3 or more of the 182 samples analysed in total. All samples were taken during 1996.

39 out of 108 shallow ground water samples contained one or more of the analysed compounds, 41 out of 74 ground water locations with earlier detection of pesticides contained pesticide compounds.

Atrazine and atrazine degradation products are most frequently found in the investigation. Desisopropylatrazine, which is found most frequently, is a degradation product from simazine, cyanazine and terbutylazine as well as from atrazine. Surprisingly terbutylazine and -degradation products were detected quite frequently despite the fact, that it has not been used in larger amounts until atrazine was banned in 1994. Simazine is detected quite often too. In general triazines seem to give most severe problems with contamination of ground water in Denmark.

Bentazone, isoproturon and metamitron are very much used for treatment of agricultural areas in Denmark. Isoproturon is used in the autumn for winter crops where the risk of leaching to ground water is highest. Bentazone was detected in 9 samples, one sample exceeding the drinking water limit of 0.1 µg/l, isoproturon was detected in 5 samples, two samples exceeding the drinking water limit of 0.1 µg/l, the largest concentration was 1.4 µg/l and metamitron was detected in three samples, one sample exceeding the drinking water limit of 0.1 µg/l.

Indledning

Siden 1993 er der under Miljøstyrelsens forskningsprogram vedrørende bekæmpelsesmidler blevet foretaget en udvidet undersøgelse af forekomsten af pesticider i grundvand. Undersøgelsen har fundet sted ved Danmarks Miljøundersøgelser, idet størstedelen af amterne har bidraget med prøveudtagning og forsendelse af vandprøver til laboratoriet.

Formålet med undersøgelsen har været at klarlægge hvilke pesticider og -nedbrydningsprodukter, der vil kunne forekomme i dansk grundvand, og som det dermed vil være relevant at inkludere i de generelle overvågningsprogrammer.

Udvælgelsen af de pesticider, der hypotetisk ville kunne forekomme i grundvand, og som det derfor ville være relevant at analysere for, er foretaget i samarbejde mellem Miljøstyrelsen og Danmarks Miljøundersøgelser.

Projektet har inkluderet metodeudvikling, hvor kravet til analysemetoden har været, at specificiteten skulle være høj, hvilket vil sige at eventuelle påvisninger af pesticider måtte være bestemt med høj grad af pålidelighed, så der ikke ville kunne være tale om falske positive resultater. Desuden skulle stofferne kunne bestemmes ned til detektionsgrænser på under en tiendedel af drikkevandsbekendtgørelsens grænseværdi på 0,1 µg/l. Disse forudsætninger samt det faktum, at der i grundvandssammenhæng i sagens natur må være tale om relativt polære (vandopløselige) forbindelser, medførte, at der til undersøgelsen er blevet anvendt den analyseteknik, der betegnes væskechromatografi med massespektrometrisk detektion (LC-MS).

Undersøgelsen omfatter grundvand, der er blevet udtaget efter to forskellige strategier: Overfladenært grundvand, der er udtaget fra 1,5 til 5 meter under terræn i de såkaldte

Tabel 1. Oversigt over stofvalg i denne undersøgelse. Selection of compounds in this investigation.

Komponent	Type ¹⁾	DK-fund ²⁾	Int. fund ²⁾	NL-model ³⁾	Forbrug ⁴⁾	Bemærkninger
Atrazin	H	p	p	0,06	42.594	
Atrazin-2-hydroxy	D		p			
BAM(2,6-Dichlorbenzamid)	D	p	p	0,01	42.148	Metabolit fra dichlobenil
Carbofuran	I	n			1.674	GRUMO anbefaling
Chloridazon	H			0,003	21.057	
Cyanazin	H	n	p	<0,001	51.129	
Desethyl-terbutylazin	D					Terbutylazin-metabolit
Desethylatrazin	D	p	p	1,5		Atrazin-metabolit
Desisopropylatrazin	D	p	p			Atrazin-metabolit
Dimethoat	I	n	p	0,1	51.538	
Diuron	H		p	<0,001	27.364	
Hexazinon	H	p	p	12	17.669	
Hydroxy-carbofuran	D					Carbofuran-metabolit
Isoproturon	H	n	p		249.235	
Linuron	H		p	0,005	3.544	
Metamitron	H	p		<0,001	273.210	
Methabenzthiazuron	H		p	<0,001	12.712	
Metribuzin	H		p		17.133	
Pirimicarb	I		p	<0,001	30.998	
Prochloraz	F				57.085	
Propiconazol	F			<0,001	88.403	
Propyzamid	H		p	<0,001	27.537	
Simazin	H	p	p	0,1	23.330	
Terbutylazin,2-hydroxy	D					Terbutylazin-metabolit
Terbutylazin	H	p	p		4.068	Atrazin-analog
Triadimenol	F		p	0,09	12.120	
2,4-D	H	p	p	<0,001	29.951	2,4-D- og dichlorprop-metabolit
2,4-dichlorphenol	D					Carboxylsyre
Benazolin	H				1.720	
Bentazon	H	p	p	14	82.329	
Bromoxynil	H		p		22.287	
Chlorsulfuron	H				32	Politisk ønske om metoder
DNOC	H	p	p	0,001	0	
Dicamba	H		p	20	1.058	
Dichlorprop	H	p	p		134.073	
Dinoseb	H	p	p		0	
Flamprop	D				13..157	Flamprop-ester-metabolit
Fluazifop	D				14..139	Fluazifop-ester-metabolit
Ioxynil	H		p		74.475	
MCPA	H	p	p	0,005	281.516	
Mechlorprop	H	p	p	0,3	369.034	
Metsulfuron-methyl	H				692	Politisk ønske om metoder
Triasulfuron	H				0	Politisk ønske om metoder
Thifensulfuron-methyl	H				208	Politisk ønske om metoder

1): H: Herbicid, I: Insekticid, F: Fungicid, D: Nedbrydningsprodukt

2): p påvist i danske eller udenlandske undersøgelser. n ikke påvist.

3): Hollandske modelberegninger. Gennemsnitskonc. i 1 m's dybde i µg/l.

4): Forbrug i 1993 i kg (Miljøstyrelsen, 1995).

landovervågningsoplanne (LOOP)(DGU,1989), samt grundvand fra prøvetagningsfiltre, hvor der i det generelle grundvandsmoniteringsprogram for 8 pesticider (DGU, 1991) er påvist et eller flere stoffer. Med disse strategier har det været hypotesen, at sandsynligheden for at finde potentielt udvaskelige stoffer har været størst, således at det med et relativt begrænset antal analyser ville være muligt at afsløre eventuelle problemstoffer.

Resultaterne fra første del af projektet, der omfattede 20 forskellige pesticider og nedbrydningsprodukter, blev fremlagt på den 13. Danske Planteværnskonference i 1996 (Spliid og Køppen, 1996). I anden del af projektet blev antallet af komponenter udvidet til 44. Desuden blev analysemetoden ændret, så opkoncentreringen af vandprøverne kunne foretages med fastfaseekstraktion uden brug af chlorerede opløsningsmidler, og endelig blev den massespektrometriske detektion yderligere styrket, idet der blev anvendt dobbelt massespektrometri (MS-MS). Det er resultaterne af dette arbejde, der fremlægges i denne artikel. Projektet er desuden publiceret i Miljøstyrelsens bekämpelsesmiddelforskningsserie. (Spliid *et al.*, 1998).

Metodebeskrivelse

Komponentvalg

Udvælgelsen af hvilke pesticider og -nedbrydningsprodukter, der skulle indgå i undersøgelsen, blev foretaget i samarbejde mellem Miljøstyrelsen og Danmarks Miljøundersøgelser. Kriterierne for stofvalget har været rapporteringer af fund i andre danske og udenlandske undersøgelser, fysisk-kemiske forhold vurderet i hollandske modelkørsler, forbrug og endelig politiske ønsker. Ud fra disse kriterier er stofvalget gennemgået i nedenstående tabel: I alt 44 stoffer indgår i den udviklede multianalysemetode.

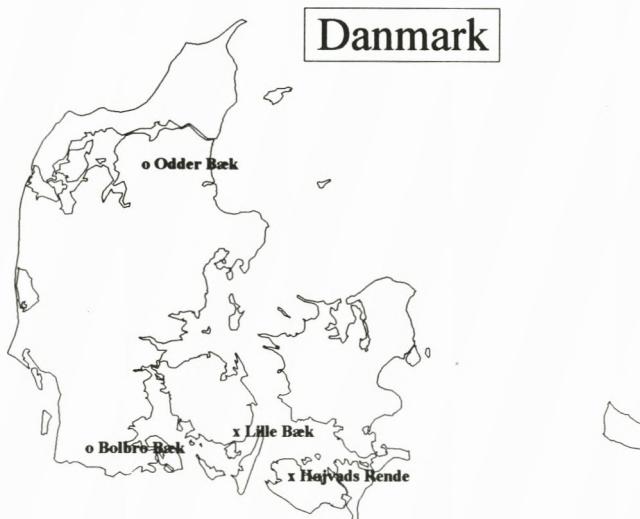
Prøvetagningssteder

Overfladenært grundvand

Der indgik 4 landovervågningsoplanne i undersøgelsen, hvor der blev udtaget prøver af grundvand 1,5 m, 3 og 5 m under terræn. Odder Bæk og Bolbro Bæk områderne repræsenterer sandjordslokaliteter, mens Lille Bæk og Højvads Rende repræsenterer lerjordsområder. Den geografiske placering fremgår af figur 1. For Bolbro Bæk området leverede Sønderjyllands Amt oplysninger om behandlinger af de omliggende marker, så der kunne indgå en vurdering af sammenhængen mellem sprøjtning og sprøjtetidspunkter og eventuelle fund i grundvandet.

Grundvandsprøver med tidlige pesticidfund

Der er i det generelle grundvandsmoniteringsprogram gjort fund af pesticider i de fleste amter (GEUS, 1996). Efter aftale med amterne er der til denne undersøgelse sendt prøver fra de prøvetagningsfiltre, hvor der tidligere er påvist pesticider. I alt har 10 amter bidraget med prøver til denne del af undersøgelsen.



Figur 1. o: Sandjordslokaliteter: Odder Bæk og Bolbro Bæk. x: Lerjordslokaliteter: Lille Bæk og Højvads Rende. o: Sandy locations: Odder Bæk and Bolbro Bæk. x: Clayey locations: Lille Bæk and Højvads Rende.

Prøvetagning

DMU har til prøvetagning leveret højtemperaturbehandlede prøveflasker. Desuden blev der medsendt blindprøver, der blev omhældt på prøvetagningsstedet for at kontrollere, at der ikke kunne ske forurening af vandprøverne under forløbet. De involverede amter stod for prøvetagning og forsendelse. Prøverne blev ikke konserveret ud over at blive opbevaret koldt indtil præparation, der fandt sted inden for få dage efter udtagning. Alle prøver blev taget gennem 1996.

Kemisk analyse

Prøveforberedelse

1 l vandprøver blev opkoncentreret ved at blive suget gennem en fastfasekolonne, hvor stofferne blev tilbageholdt for derefter at blive frigivet igen ved ekstraktion med acetonitril/methanol. Opløsningsmidlet blev fjernet ved inddampning, hvorefter slutrumfanget endte med at være 1 ml. Prøverne blev dermed opkoncentreret med en faktor 1000.

Analyse

Til analysen blev anvendt et gradient HPLC-system koblet til en massespektrometrisk detektor. De enkelte stoffer adskilles på den chromatografiske kolonne, hvor den tid det tager at passere kolonnen er karakteristisk for det enkelte stof og derfor bruges ved identifikation af, hvilket stof der er tale om. Yderligere identificeres stoffet, idet dets karakteristiske masse bestemmes i massespektrometret. Endelig bekræftes alle påvisninger ved en detektion af karakteristiske

fragmenter af molekylet. Analysemetoden er udførligt beskrevet i Spliid *et al.* (1998) og Køppen og Spliid (1998).

Kvalitetssikring

Analyseresultaterne blev kvalitetssikret ved i hver analyseserie at medtage blindprøver og spikede vandprøver, hvilket skulle forhindre såvel falske positive som falske negative resultater. Der indgik desuden eksternt referencemateriale for at forebygge systematiske fejl, ligesom laboratoriet løbende har deltaget i præstationsprøvninger. Den anvendte analysemetode er akkrediteret af DANAK.

Resultater og diskussion

Generel diskussion

De samlede resultater for såvel landovervågningsoplante som fornyede analyser af grundvand med tidligere fund fremgår af tabel 2. Der er i alt analyseret 108 prøver fra landovervågningsoplante (LOOP) og 74 prøver fra grundvandsmoniteringsoplante (GRUMO). 39 ud af 108 LOOP prøver indeholdt en eller flere af de analyserede pesticidkomponenter, 41 ud af 74 GRUMO prøver indeholdt pesticidkomponenter. Da de steder, hvor GRUMO prøverne er taget, tidligere har indeholdt pesticider, og der her kun findes pesticider i godt halvdelen af prøverne, viser denne undersøgelse lige såvel som andre undersøgelser, at pesticider ofte forekommer som pulser i grundvandet og dermed kan være svære at fange ved prøvetagningen.

Der er i alt fundet 27 af de 44 medtagne komponenter, hvoraf 9 stoffer kun er fundet i en enkelt prøve, mens 4 stoffer hver især kun er fundet i 2 prøver. De undersøgte sulfonylureaherbicider er ikke fundet i nogen af de analyserede prøver. Det mest anvendte minimiddel tribenuron-methyl (Express) er der ikke analyseret for, da det på grund af sin hurtige omdannelse ved lave pH-værdier, ikke har kunnet medtages ved den benyttede analysemetode.

De hyppigst fundne stoffer er atrazin og atrazin nedbrydningsprodukter. Desisopropylatrazin, der er fundet hyppigst (32 prøver), kan udover at stamme fra atrazin ligeledes være et nedbrydningsprodukt fra simazin, cyanazin og terbutylazin. Næst hyppigst er terbutylazin og nedbrydningsprodukter fundet, hvilket er overraskende, da terbutylazin først efter ophør af atrazinanvendelse er blevet brugt i større mængde (23.948 kg i 1994 og 61.828 kg i 1995) til bl.a. bekämpelse af ukrudt ved majsdyrkning. Simazin er fundet i 9 prøver. Terbutylazin og simazin er nært beslægtede med atrazin, og det må derfor forventes, at stabilitet og udvaskningsforhold er som for atrazin.

Bentazon, isoproturon og metamitron er meget udbredte sprøjtemidler, hvor isoproturon på grund af efterårsanvendelsen følges med stor opmærksomhed. Bentazon er fundet i 9 prøver, hvor en enkelt prøve indeholder mere end 0,1 µg/l. Isoproturon er fundet i 5 prøver, hvoraf 2, der begge er udtaget i december, indeholder over 0,1 µg/l. Der er her formentlig tale om sprækketransport, hvor stoffet i forbindelse med nedbør kort efter udvaskning er

Tabel 2. Samlet opgørelse over antal fund af de undersøgte pesticider opdelt på land-overvågnings-oplante (LOOP, 108 prøver), og grundvandsmoniterings-oplante (GRUMO, 74 prøver). Findings of pesticides in shallow Danish ground water (LOOP, 108 samples) and ground water monitoring areas (GRUMO, 74 samples).

Komponent	LOOP			GRUMO		
	Fund < 0,1µg/l	Fund > 0,1µg/l	Fund i alt	Fund < 0,1µg/l	Fund > 0,1µg/l	Fund i alt
Atrazin	4		4	8	1	9
Atrazin-2-hydroxy	3		3	1	1	2
BAM(2,6-Dichlorbenzamid)				6	2	8
Carbofuran				1		1
Chloridazon						
Cyanazin				1		1
Desethyl-terbutylazin		1	1	1		1
Desethylatrazin	7	2	9	11	4	15
Desisopropylatrazin	11	7	18	9	5	14
Dimethoat						
Diuron						
Hexazinon				2		2
Hydroxy-carbofuran					1	1
Isoproturon	2	2	4	1		1
Linuron						
Metamitron	1	1	2	1		1
Methabenzthiazuron						
Metribuzin					1	1
Pirimicarb	2		2			
Prochloraz						
Propiconazol	1		1			
Propyzamid						
Simazin	4		4	4	1	5
terbutylazin,2-hydroxy	6		6	4		4
Terbutylazin	1		1	1		2
Triadimenol						
2,4-D						
2,4-dichlorphenol	1		1			
Benazolin	1		1			
Bentazon	4		4	4	1	5
Bromoxynil						
Chlorsulfuron						
DNOC	1		1			
Dicamba						
Dichlorprop	1		1	3	2	5
Dinoseb						
Flamprop						
Fluazifop				1		1
Ioxynil				1		2
MCPA	2		2		3	3
Mechlorprop	2		2			
Metsulfuron-methyl						
Triasulfuron						
Thifensulfuron-methyl						
I alt	54	13	67	60	24	84

transporteret til grundvandszonen. Andre undersøgelser har vist, at denne hurtige transport gennem sprækker er mulig (Jørgensen og Spliid, 1998). Endelig er metamitron fundet i 3 prøver med én overskridelse af grænseværdien på 0,1 µg/l. I forhold til undersøgelsen, der blev afrapporteret i 1996 (Spliid *et al.*, 1996), er der procentuelt langt færre fund af bentazon i denne seneste undersøgelse, hvilket kan være forårsaget af de anvendelsesreguleringer, der har fundet sted inden for de seneste år. Nedbørsmængden var i 1996 desuden langt under det normale, hvilket også kan have reduceret udvaskningen. Metamitron er ligeledes fundet i relativt færre prøver i denne undersøgelse.

Forbrug af de undersøgte pesticider

Undersøgelsen dækker en væsentlig del af de anvendte pesticider. De komponenter, der indgår i denne undersøgelse, dækker således i alt 47% af det samlede landbrugsmæssige forbrug af pesticider i 1995.

Af den samlede landbrugsmæssige anvendelse af herbicider repræsenterer de komponenter, der indgår i denne undersøgelse, således 61% af forbruget i 1995. Glyphosat, der i alt dækker 20% af herbicidforbruget, indgår ikke i undersøgelsen, da det er vurderet som ikke relevant i grundvandsforureningssammenhæng (Miljøstyrelsen, 1997). De inkluderede fungicider omfatter 12% af fungicidforbruget i 1995. I fungicidgruppen er dithiocarbamaterne maneb og mancozeb ikke medtaget. Denne gruppe dækker 48 % af fungicidforbruget. Der er ikke udtaget prøver fra områder med kartoffeldyrkning, hvor dithiocarbamatholdige produkter bruges intensivt, og derfor er der ikke analyseret for disse stoffer eller deres nedbrydningsprodukt, ETU. Undersøgelsens insekticider repræsenterer 81% af forbruget af insekticider i 1995. Blandt de ikke medtagne stoffer er der en række stærkt apolære forbindelser, der således ikke må forventes at kunne forekomme i grundvand.

Sammenhæng mellem sprøjtning og fund

For LOOP-området i Sønderjyllands Amt er der for perioden 1993-1996 indsamlet oplysninger om arten og frekvensen af bekæmpelsesmiddelsprøjtninger, hvorved det er blevet muligt at sammenstille disse oplysninger med de konstaterede fund af pesticider i grundvandet fra det pågældende område. Tabel 3 viser, at en række af de pesticider, der er blevet brugt i LOOP-området, ikke efterfølgende er fundet i grundvandet. 1996 var dog et specielt år, idet der var meget begrænsede nedbørsmængder, og udvaskningsrisikoen har derfor været mindre end for et "normal-år". Andre stoffer som f.eks. atrazin kan findes i det overfladenære grundvand flere år efter sidste sprøjtning.

Tabel 3. Sammenstilling af antal sprøjtninger (x) med de enkelte komponenter og antal fund (tal) i Bolbro Bæk LOOP. Fund af nedbrydningsprodukter i parentes. Sprayings (x) and findings (figure) of different compounds in Bolbro Bæk area.

Komponent	1993	1994	1995	1996
Atrazin	xxx	6(34)	6(34)	2(23)
Carbofuran				
Chloridazon				
Cyanazin	xx	x	1	
Dimethoat				
Diuron				
Hexazinon		2		
Isoproturon	x		xxx, 1	1
Linuron				
Metamitron	xxxxxxxx	xxx, 4	6	xxx
Methabenzthiazuron				
Metribuzin				
Pirimicarb	xxxx	xxx		
Prochloraz	xx			
Propiconazol	xxx	xxxxxxxxxxxx	xxxxx	
Propyzamid				
Simazin		4	4	4
Terbutylazin		xxx, 2	xx	(2)
Triadimenol	x			
2,4-D				
Benzazolin	x	2		
Bentazon	x	x, 18	xxx, 23	x, 2
Bromoxynil			x	
Chlorsulfuron	xx	xxx	x	
DNOC		4		1
Dicamba				
Dichlorprop				
Dinoseb				
Flamprop		2		
Fluazifop				
Ioxynil	xx		x	x
MCPA	xxxxx	xxxxx, 2	xxx, 1	x
Mechlorprop	xx			x, 1
Metsulfuron-methyl				xxx
Triasulfuron				
Thifensulfuron-methyl		x		

x: Hvert x repræsenterer 1 sprøjtning omkring et af tensiometrene. Tallet repræsenterer antal fund af pågældende komponent. Tal i parentes repræsenterer antal fund af nedbrydningsprodukter af pågældende komponent.

Sammendrag

Dette indlæg omhandler anden del af et projekt, hvor første del tidligere er publiceret. I samarbejde mellem Miljøstyrelsen og Danmarks Miljøundersøgelser (DMU) er der foretaget en revision og udvidelse af analyseprogrammet til at omfatte 34 pesticider og 10 nedbrydningsprodukter. Prøveforberedelsesmetodikken blev desuden ændret fra at benytte chlorerede opløsningsmidler til væske-væske ekstraktion til fastfase ekstraktion under anvendelse af begrænsede mængder methanol og acetonitril. Ud over selve LC-MS analysen

blev der udviklet et verifikationsstrin, så alle prøver med fund af en eller flere af de medtagne komponenter blev reanalyseret ved LC-MS-MS, hvorved den kvalitative pålidelighed af analyseresultatet blev uovertruffen. Metoden er under forløbet blevet akkrediteret af DANAK. DMU har desuden deltaget i internationale præstationsprøvninger afholdt af Water Research centre (WRc) 4-6 gange årligt.

Den nyudviklede analysemethode er blevet benyttet til analyse af 108 prøver fra landovervågningsoplande (LOOP) og 74 prøver fra grundvandsmoniteringsoplande (GRUMO). Af de 44 komponenter var der 17, der ikke blev påvist, 9 blev påvist i en enkelt prøve, 4 stoffer i 2 prøver, mens 14 stoffer blev påvist i 3 eller flere prøver. I alt blev der således påvist 27 forskellige pesticider og -nedbrydningsprodukter.

39 ud af 108 LOOP prøver indeholdt et eller flere af de analyserede pesticidkomponenter, 41 ud af 74 GRUMO prøver indeholdt pesticidkomponenter. Da alle GRUMO prøver er fra lokaliteter, der tidligere har indeholdt pesticider, og der her kun findes pesticider i godt halvdelen af prøverne, viser denne undersøgelse, at pesticider ofte forekommer som pulser i grundvandet og dermed kan være svære at fange ved prøvetagningen.

Atrazin og atrazin nedbrydningsprodukter er de hyppigst fundne stoffer i undersøgelsen. Desisopropylatrazin, der udover fra atrazin også kan stamme fra cyanazin, simazin og terbutylazin er oftest påvist. Det er overraskende, at terbutylazin og dets andre nedbrydningsprodukter er de næst hyppigst fundne stoffer, da terbutylazin først er blevet anvendt i større omfang efter, at atrazin er ophørt med at blive anvendt. Simazin er ligeledes blevet fundet relativt hyppigt.

Bentazon, isoproturon og metamitron er meget udbredte sprøjtemidler, hvor isoproturon på grund af efterårsanvendelse alt andet lige har større risiko for udvaskning. Bentazon er fundet i 9 prøver med ét fund over grænseværdien. Isoproturon blev påvist i 5 prøver, hvor 2 overskred grænseværdien, den ene prøve indeholdt 1,4 µg/l. Endelig blev metamitron fundet i 3 prøver med én over 0,1 µg/l.

Erkendtlighed

Der er ydet støtte til projektet fra Miljøstyrelsens bekämpelsesmiddelforskningsprogram. De deltagende amter takkes for prøvetagning og forsendelse samt diverse oplysninger. Kemotekniker Annette Frausig og laborant Vivian Plesner takkes for veludført laboratoriearbejde.

Litteratur

- DGU. 1989. Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Landovervågningsoplande LOOP 6
Bolbro Bæk. Etableringsrapport for jordvandsstationer og grundvandsstationer. Intern rapport nr. 54.
- DGU. 1991. Grundvand. Overvågning og problemer. DGU Serie D nr. 8.
- GEUS. 1996. Grundvandsovervågning 1996.

- Jørgensen P. and Spliid N.H.* 1997. Migration and Biodegradation of Pesticides in Fractured clayey Till. Bekämpelsesmiddelforskning fra Miljøstyrelsen. Under udgivelse.
- Køppen B. and Spliid N.H.* 1998. Determination of acidic herbicides using liquid chromatography with pneumatically assisted electrospray ionization mass spectrometric and tandem mass spectrometric detection. (accepted for publ. in Journal of Chromatography A.)
- Miljøstyrelsen.* 1995. Bekämpelsesmiddelstatistik 1993. Orientering fra Miljøstyrelsen.
- Miljøstyrelsen.* 1997. Redegørelse om AMPA og glyphosat i grundvand og overfladevand. Redegørelse til Folketingets Miljø- og Planlægningsudvalg, Miljøstyrelsen, 6. maj 1997.
- Spliid N.H. og Køppen B.* 1996₁. Udvidet kortlægning af pesticider i grundvand. SP rapport nr. 3 s. 41-48.
- Spliid N.H. and Køppen B.* 1996₂. Determination of polar pesticides in ground water using liquid chromatography-mass spectrometry with atmospheric pressure chemical ionization. Journal of Chromatography A, 736, 105-114.
- Spliid N.H., Køppen B., Frausig A.H., Plesner V., Sommer N.A. og Nielsen M.Z.* 1996. Kortlægning af visse pesticider i grundvand, Bekämpelsesmiddelforskning fra Miljøstyrelsen nr. 21.
- Spliid N.H., Køppen B., Frausig A.H., Plesner V., Sommer N.A. og Mathiasen K.* 1998. Kortlægning af visse pesticider i grundvand. 2. del Bekämpelsesmiddelforskning fra Miljøstyrelsen (Under trykning).

Vurdering af pesticiders udvaskelighed på grundlag af tilgængelige data for sorption og nedbrydning

Assessment of the leachability of pesticides based on accessible data on sorption and degradation

Bo Lindhardt & Walter Brüsche

GEUS

Geokemisk Afdeling

Thoravej 8

DK-2400 København NV

Inge S. Fomsgaard

Danmarks JordbrugsForskning

Afdeling for Plantebeskyttelse

Flakkebjerg

DK-4200 Slagelse

Rossana Bossi

Danmarks Miljøundersøgelser

Afdeling for Miljøkemi

Frederiksborgvej 399

DK-4000 Roskilde

Summary

The validity of ranking mobility of pesticides in soil by using the GUS index has been assessed, including an assessment of the variation in DT₅₀, and K_{oc} for 12 selected pesticides. Data were primarily collected from the reports used by the Danish Environmental Protection Agency in their approval procedures for plant protection products. The relative standard deviation on DT₅₀ for the 11 pesticides, which had more than one result, was between 36 and 112%. The relative standard deviation on K_{oc} for the selected pesticides vary between 9 and 174%. Selecting only results from soils which are assumed to be representative for Danish soils do not substantially reduce the standard deviation. It is recommended not to use the average and standard deviation as an expression for the variations in these two parameters, but the median values together with minimum and maximum values. The median values are less influenced by extreme values than the average values.

Based on the median values determined for DT₅₀ and K_{oc} the GUS index for the pesticides was calculated. The GUS_{med} indicates that 4 of the pesticides must be expected to be "probably leachable", whereas 6 must be described as "possibly leachable". Only one is stated as "not probably leachable". The calculated GUS_{min} and GUS_{max} show that all 11 pesticides with extreme combinations of degradation and sorption conditions must be assessed to be "probably leachable", and that 8 out of 11 pesticides under other conditions must be assessed to be "not probably leachable". This shows that ranking by using the GUS index is subject to considerable uncertainty.

The ranking of the leachability of 7 of the selected pesticides based on results from lysimeter tests corresponds reasonably with the ranking which appeared from the GUS_{med}, with exception of metamitron which may be more mobile based on the lysimeter data than the GUS index. Ranking the leachability for the selected pesticides after the registered occurrence in groundwater gives in general the same result as using the GUS-index, with some exceptions. From the actual findings the metamitron must be considered to be relatively more mobile than predicted by the GUS_{med}, whereas diuron should be relatively less mobile. Comparison of ranking of the leachability from different tests should be regarded tentatively as a consequence of the very varied test conditions.

Indledning

Gennem de senere år er der i udlandet og herhjemme gjort et stigende antal fund af pesticider og nedbrydningsprodukter fra disse i grundvand. Det har bl.a. resulteret i, at der fra myndighedernes side har været fremsat ønske om at kunne rangordne pesticiderne efter deres sandsynlige udvaskelighed til grundvandet. Grundet det relativt store antal pesticider, der anvendes, er det ønskeligt at kunne foretage en vurdering af udvaskningsrisikoen ved hjælp af relativt simple metoder f.eks. matematiske modeller (analytiske eller numeriske) eller ud fra simple indeks.

Miljøstyrelsen iværksatte derfor et projekt, der skulle afklare, om det er muligt med rimelig sikkerhed at rangordne udvaskeligheden til grundvand ved anvendelse af GUS-indekset. Denne afklaring omfatter primært en vurdering af spredningen på nedbrydeligheden i jord, DT₅₀ og fordelingskoefficienten mellem organisk stof og vand, K_{oc}, samt en vurdering af, om indeksering af de udvalgte pesticider ud fra GUS-indekset giver en rimelig beskrivelse af udvaskeligheden af disse stoffer bedømt ud fra data fra lysimeterforsøg og fund af pesticider i grundvand.

Der foreligger en række opslagsværker (f.eks. Linders *et al.*, 1994 og Wauchope *et al.*, 1992), hvor der er anført DT₅₀- og K_{oc}-værdier for de fleste pesticider. For de enkelte stoffer er der dog oftest tale om en betydelig spredning i de værdier, som er anført. Det er ofte ikke muligt ud fra sådanne opslagsværker at vurdere hvilke værdier, der vil være de mest repræsentative for danske forhold. Projektet omfatter derfor en sammenstilling af de DT₅₀- og K_{oc}-værdier, som ligger til grund for Miljøstyrelsens vurdering af et antal udvalgte pesticider med henblik på at vurdere spredningen på disse data, idet dataene fra Miljøstyrelsen i princippet skulle være dækkende for danske forhold, og der hermed kunne være en forhåbning om, at der ville være

en mindre spedning end den, der findes i diverse opslagsværker. Desuden vil det være disse data, som i givet fald skal være en væsentlig del af basis for den ønskede indeksering. Der er dog også i et vist omfang inddraget resultater af danske og internationale publikationer, som skønnes relevante til formålet.

Projektet blev afgrænset til en vurdering af 12 pesticider (atrazin, bentazon, diuron, glyphosat, isoproturon, MCPA, mechlorprop, metamitron, metsulfuron methyl, phenmedipham, propiconazol og triasulfuron). Projektet er afleveret til Miljøstyrelsen i efteråret 1997 og forventes publiceret her i foråret. Dette indlæg er en præsentation af resultaterne fra dette projekt (Lindhardt *et al.*, in press).

GUS-indeks

Gennem de sidste 10-20 år er der opstillet flere forskellige indeks, der har haft som intention ud fra simple beregninger at beskrive sandsynligheden for, at pesticider udvaskes fra de øvre jordlag til grundvandet. I et tidligere udredningsarbejde er det vurderet, at GUS-indekset kunne give en rimelig beskrivelse af den sandsynlige udvaskelighed af pesticider under forudsætning af, at der forelå troværdige data for DT_{50} og K_{oc} (Lindhardt og Brüscher, 1996).

GUS-indekset (Groundwater Ubiquity Score) er fremsat af Gustafson (1989). Ud fra en klassificering af 44 pesticider er der opstillet et simpelt empirisk indeks for den sandsynlige udvaskelighed, som alene er baseret på stoffernes iboende egenskaber. Indekset har til hensigt at beskrive udvaskningen af disse stoffer ved almindelig landbrugsmæssig brug. Indekset er baseret på nedbrydningstiden i jord, DT_{50} og fordelingskoefficienten mellem organisk kulstof og vand, K_{oc} .

GUS-indekset er defineret som:

$$GUS = \log(DT_{50}) \cdot [4 - \log(K_{oc})]$$

Grænsen for, om pesticider forventes at være udvaskelige, er af Gustafson sat til, at når GUS-indeks er:

- | | |
|---------|---|
| < 1,8 | : I , ikke sandsynlig udvaskelig |
| 1,8-2,8 | : M , mulig udvaskelig |
| > 2,8 | : S , sandsynlig udvaskelig |

GUS-indekset vurderer kun den potentielle risiko for udvaskning af det enkelte stof ud fra to stofspecifikke egenskaber. Der tages ikke højde for den faktiske anvendelse, det vil sige den anvendte mængde eller anvendelsestidspunktet eller forekomsten af udvaskelige nedbrydningsprodukter.

I gennem tiden har anvendeligheden af GUS-indekset været diskuteret. En indvending er, at indekset er for simpelt, og at for mange faktorer, der påvirker transporten af pesticider, ikke er medtaget. I stedet for et simpelt indeks burde der anvendes egentlig modelberegning til at beskrive en rangordning af udvaskeligheden af stofferne. En fælles forudsætning for at anvende enten et indeks eller en model til vurderingen af udvaskeligheden af stoffer til grundvandet er, at der foreligger de nødvendige data for de enkelte stoffer, som beskriver deres transportegen-

skaber i jorden. De to stofparametre, der indgår i GUS-indekset DT₅₀ og K_{oc}, indgår som minimum i de fleste modeller, og ofte indgår der ikke andre stofparametre i modellerne. Det betyder, at en rangordning af stofferne indbyrdes med hensyn til udvaskelighed relativt vil være behæftet med den samme usikkerhed ved anvendelse af et simpelt indeks og en egentlig model. Dette forudsætter dog, at de enkelte pesticiders iboende egenskaber er væsentlig betydende for den mængde, der udvaskes.

Variationen på nedbrydningsstider i jord

I projektet blev der gennemgået de undersøgelser, som ligger til grund for Miljøstyrelsens godkendelse af de 12 udvalgte pesticider, og som behandler nedbrydning i jord. For disse 12 pesticider foreligger der tilsammen 152 undersøgelser af nedbrydningen. Disse undersøgelser omhandler i alt 604 enkelte forsøg. Resultaterne af de 427 forsøg er afferapporteret som DT₅₀-værdier, i de øvrige er resultaterne angivet som dannelsen af ¹⁴CO₂, hvorud fra det ikke umiddelbart er muligt at angive en DT₅₀-værdi. I vurderingen af resultaterne er der kun medtaget data, som anses for at være repræsentative for Danmark, det vil sige hvor koncentrationen har været under 50 µg/kg, og hvor temperaturen har været mellem 10 og 25°C. I tabel 1 er angivet resultaterne for sammenstillingen for DT₅₀.

Tabel 1. Halveringstider, DT₅₀, for de udvalgte pesticider. Antal gennemgåede undersøgelser (N). Antal datasæt (n). Gennemsnitlige DT₅₀-værdier (Gen., dage), den relative standardspredning (RSD, %) samt median (Medi)-, minimums- og maksimumsværdier (Min-Max). Samt data fra Linders (1994). Half-life, DT₅₀, for the selected pesticides. Number of reviewed investigations (N). Number of data (n). Average DT₅₀ (days), standard deviation (RSD%) and median (Medi.), minimum and maximum (Min-Max) values. Data from Linders *et al.*, 1994.

	Miljøstyrelsen				Linders <i>et al.</i>
	N	n	Gen (RSD) dage(%)	Medi (Min-Max) dage	Medi (Min-Max) dage
Atrazin	5	27	58 (79)	37 (20-225)	50 (38-62)
Bentazon	3	3	50 (41)	52 (29-70)	48 (19-77)
Diuron	1	1	90	90	
Glyphosat	3	28	18 (44)	16 (3-36)	38 (18-66)
Isoproturon	4	36	16 (48)	18 (4-40)	
MCPA	2	62	14 (36)	13 (11-50)	15 (6-24)
Mechlorprop	6	10	16 (82)	12 (5-50)	11 (6-14)
Metamitron	5	23	14 (80)	16 (5-43)	30 (20-40)
Metsulfuron methyl	2	15	81 (112)	45 (1-315)	31 (27-34)
Phenmedipham	6	38	39 (70)	34 (10-140)	

Antallet af data for nedbrydelighed for de udvalgte stoffer er meget varierende fra en enkelt værdi til 62 værdier. Disse data stammer fra såvel laboratorieforsøg som markforsøg. Baseret på dette datamateriale er der beregnet en gennemsnitlig DT₅₀ for de 11 stoffer. Den relative

spredning for disse stoffer er mellem 36 og 112%. De stoffer, hvor der foreligger 10 eller flere bestemmelser af DT₅₀, kan opdeles i to grupper efter den relative spredning (RSD), dels stoffer, hvor den relative spredning er omkring 50%, og stoffer hvor den relative spredning er i størrelsen 70-110%.

Det må forventes, at man ville opnå mere homogene datasæt, hvis man begrænsede sig til kun at medtage resultater fra f.eks. laboratorieforsøg. Dette ville dog betyde, at der ikke ville foreligge anvendelige resultater for 3 af de udvalgte stoffer; diuron, glyphosat og metsulfuron methyl. I hvor høj grad spredning på dataene alene er begrundet i en reel variation i nedbrydningshastigheden, var det ikke muligt at vurdere inden for projektets rammer. En del af spredningen må tilskrives forskellige forsøgsbetingelser og svingende kvalitet af de enkelte undersøgelser. En anden forklaring er, at reduktionen af de gennemførte undersøgelsesresultater til en enkelt parameter pr. forsøg, det vil sige en DT₅₀-værdi, i en lang række undersøgelser er behaftet med betydelig usikkerhed og i visse tilfælde fejlbehæftet. F.eks. er det i flere tilfælde diskutabelt, om de observerede nedbrydningsforløb kan beskrives ved en 1. ordens nedbrydning. Dernæst er der forskel på hvilke processer, der er medtaget, når nedbrydeligheden er undersøgt. I en række undersøgelser dækker DT₅₀-værdien kun over selve den mikrobielle nedbrydning af stoffet (typisk i laboratorieforsøg), mens der i andre undersøgelser (typisk markforsøg) er medtaget fordampning, udvaskning, hydrolyse og fotolyse under begrebet DT₅₀. Ud fra det foreliggende datamateriale har det ikke været muligt at vurdere betydningen af jordtype, indhold af organisk kulstof, pH, vandindhold og mikrobiel aktivitet, idet variationen i DT₅₀ har været for stor i forhold til antallet af de foreliggende data.

Variationen i fordelingskoefficienter, K_{oc}

I vurderingen af variationen på K_{oc} er der udover det materiale, der indgår i Miljøstyrelsens godkendelse af de 12 udvalgte stoffer, inddraget en række andre undersøgelser. Der er ikke foretaget en egentlig litteraturundersøgelse. Antallet af undersøgelser i Miljøstyrelsens godkendelsesmateriale, hvor der er bestemt sorptionskoefficienter, er mellem 1 og 4 undersøgelser for disse 12 stoffer. For 7 af stofferne foreligger der kun en enkelt undersøgelse pr. stof. Herudover er der inddraget 8 andre publicerede undersøgelser, der alle med undtagelse af een enkelt er publiceret i internationale tidsskrifter, den sidste er en rapport udarbejdet for Miljøstyrelsen. I den følgende vurdering indgår i alt 142 datasæt, hvoraf de 76 henfører til Miljøstyrelsens godkendelsesmateriale, se tabel 2.

Fælles for alle undersøgelser er, at de er udført som batch forsøg. Der er ofte taget udgangspunkt i OECD forskriften med diverse modifikationer. Kvaliteten af undersøgelserne er meget svingende, og ikke alle relevante oplysninger har været tilgængelige. Flertallet af undersøgelserne har et meget begrænset antal data.

I 2/3 af undersøgelserne er det konkluderet, at sorptionen er koncentrationsafhængig, og derfor bedst beskrives med en Freundlich-isoterm. For at man med rimelighed kan omregne de foreliggende Freundlich-konstanter til K_{oc}-værdier, kræves det, at isotermerne er tilnærmelsesvis lineære. Hvor eksponenten er bestemt til mellem 0,7 og 1,1, er der foretaget en omregning.

Tabel 2. Fordelingskoefficienter mellem organisk kulstof og vand, K_{oc} , for de udvalgte pesticider. Antal gennemgåede undersøgelser (N1), heraf undersøgelser, der indgår i Miljøstyrelsens materiale (N2). Antal datasæt (n). Gennemsnitlige K_{oc} -værdier (Gen) og den relative standardspredning (RSD), samt median (Medi)- minimum- og maksimumværdier (Min-Max). Samt data fra Linders *et al.*, 1994, bemærk at de her er angivet som K_{oc} og ikke, som hos Linders, som K_{om} . The distribution coefficient between organic carbon and water, K_{oc} for the selected pesticides. Number of reviewed investigations (N1), investigations included in the reports from the Danish Environmental Protection Agency (N2), number of data (n). Average K_{oc} (l/kg), standard deviation (RSD%) and median, minimum and maximum values. Data from Linders *et al.*, 1994, please note that the data are recalculated to K_{oc} from K_{om} .

	Miljøstyrelsen						Linders <i>et al.</i>	
	N1 N2 n			K _{oc}			Medi	(Min-Max)
		Gen l/kg	(RSD) (%)	Medi l/kg	(Min-Max)			
Atrazin	6	3	23	585 (174)	177 (55-4040)		119 (48-190)	
Bentazon	3	3	5	49 (147)	13 (5-176)		1 (0-3)	
Diuron	3	4	9	506 (73)	321 (139-1242)		394 (248-541)	
Glyphosat	3	1	10	11323 (153)	3414 (160-50688)		11118 (2040-23120)	
Isoproturon	3	1	15	123 (67)	85 (50-356)			
MCPA	1	1	3	54 (9)	52 (50-59)		49 (37-61)	
Mechlorprop	2	1	7	31 (31)	29 (20-44)			
Metamitron	3	1	8	233 (99)	207 (17-700)		170 (83-257)	
Metsulfuron methyl	1	1	2	56 (9)	56 (53-60)		48 (20-85)	
Phenmedipham	2	2	5	772 (31)	725 (469-1075)			
Propiconazol	2	2	9	952 (54)	688 (386-1813)			
Triasulfuron	1	1	5	9 (17)	9 (7-11)			

Der er foretaget omregning for 40 datasæt ud af i alt 53, de øvrige data indgår ikke i den videre vurdering.

Resultaterne for de 12 udvalgte stoffer kan inddeltes i 3 grupper med hensyn til den relative spredning (RSD) på fordelingskoefficienten. Der er 5 stoffer, hvor den relative spredning er mindre end 50%: MCPA, mechlorprop, metsulfuron methyl, phenmedipham og triasulfuron. For disse stoffer foreligger der en enkelt undersøgelse pr. stof med undtagelse af mechlorprop, hvor der foreligger to undersøgelser. Antallet af undersøgte jorde er mellem 4 og 7 for disse 5 stoffer. For andre 4 stoffer er spredningen mellem 50 og 100%, det er diuron, isoproturon, metamitron og propiconazol. Der foreligger 2-3 undersøgelser med i alt mellem 9 og 15 datasæt for disse stoffer. For bentazon er spredningen på K_{oc} 132% og for glyphosat 124%. For begge stoffer foreligger der 3 undersøgelser med henholdsvis 5 og 10 datasæt. Den relative spredning på K_{oc} -værdierne for atrazin er 174%, der er medtaget 6 undersøgelser med 23 datasæt for dette stof. Den relative spredning for K_{oc} for de udvalgte stoffer ser ud til at stige jo flere undersøgelser, der inddrages i vurderingen.

En mulig forklaring på den betydelige variation i fordelingskoefficienterne kan være, at sorptionen til jordmatricen ikke alene er domineret af interaktion mellem stofferne og Jordens indhold af organisk stof, men at Jordens indhold af ler og oxider har en signifikant betydning for en række af pesticiderne, der indeholder forskellige mere eller mindre polære grupper. Der fås ikke nogen signifikant reduktion i den relative spredning på fordelingskoefficienterne for disse 12 stoffer som helhed ved kun at medtage resultater fra jorde med et indhold af organisk kulstof på mellem 0,5 og 3% og med et lerindhold på mindre end 20%. Ved at reducere data-sættet til sådanne jorde, der skulle være mere typiske for danske forhold, bliver den relative spredning for atrazin halveret, mens den relative spredning for diuron stiger med ca. 50%. Men det er vigtigt at understrege, at selv for ikke-polære stoffer, hvor sorptionen forventes at være domineret af interaktionen til Jordens organiske stof, må der forventes en betydelig variation i fordelingskoefficienterne mellem forskellige jorde, op til en faktor 10 mellem minimums- og maksimumsværdier. Denne forskel kan bl.a. være begrundet i forskel i strukturen af det organiske stof i jorden.

For glyphosat blev det vurderet, at det ikke vil være meningsfuldt at beskrive sorptionen ved en fordelingskoefficient mellem organisk stof og vand, idet sorptionen af dette stof kun i mindre grad er kontrolleret af Jordens indhold af organisk stof. Sorptionen er formodentlig styret af andre faktorer, såsom mængden af ler og indholdet af oxider. Ud fra den molekulære struktur af stoffet er det ikke overraskende, at dette stof adskiller sig fra de øvrige pesticider, der er medtaget i denne undersøgelse.

Rangordningen af 12 pesticider efter mulig udvaskelighed

Ud fra GUS-indeks

Gennemgangen af de foreliggende data for de udvalgte pesticiders DT₅₀ og K_{oc} viste, at data-sættene for disse to parametre er meget inhomogene, og at der er en betydelig spredning på dataene for de enkelte stoffer. Det er vurderet, at det ikke er statistisk rimeligt at beregne et gennemsnit og en standardafvigelse på disse parametre. Det er derfor valgt at beregne GUS-indeks ved anvendelse af medianværdierne, idet medianværdierne ikke i samme grad som det aritmetiske gennemsnit er påvirkede af ekstremværdierne. Spredningen på disse parametre er angivet ved de minimums- og maksimumsværdier, som er indsamlet. I tabel 3 er angivet GUS-indekset for stofferne. Udover at beregne et GUS-indeks baseret på medianværdierne (GUS_{med}) er der beregnet indeks-værdier for ekstreme situationer. Dels GUS_{min}, hvor der er anvendt min. DT₅₀ og max. K_{oc}, det vil sige en situation, hvor stoffet skulle være meget lidt mobilt, og dels GUS_{max}, hvor der er anvendt max. DT₅₀ og min K_{oc}, der skulle beskrive den mest mobile situation. Der er ikke beregnet nogen indeks-værdi for glyphosat.

GUS_{med} angiver, at 4 af de her vurderede pesticider kan betegnes som "sandsynlig udvaskelig". Det er bentazon, triasulfuron, metsulfuron methyl og diuron, mens 6 af pesticiderne må betegnes som "mulig udvaskelig". Det er atrazin, mechlorprop, isoproturon, MCPA, propiconazole og metamitron, mens phenmedipham angives som "ikke sandsynlig udvaskelig". De beregnede GUS_{min} og GUS_{max} viser, at samtlige 11 stoffer for ekstreme kombinationer af nedbrydningsforhold og sorptionsforhold må vurderes at være "sandsynlig udvaskelig", og at 8 ud

af de 11 pesticider under andre forhold må vurderes at være “ikke sandsynlig udvaskelig”, mens tre stoffer under “alle” forhold vil være “mulig udvaskelig” eller “sandsynlig udvaskelig”. Det er bentazon, metsulfuron methyl og MCPA.

Tabel 3. Rangordningen af de udvalgte pesticider efter udvaskelighed, baseret på GUS-indeks, lysimeterforsøg og fund i dansk grundvand. I: Ikke sandsynlig udvaskelig, M: Mulig udvaskelig og S: Sandsynlig udvaskelig. Ranking of the selected pesticides after leachability, based on GUS-index, lysimeter tests and occurrence in Danish ground water.

	GUS-indeks		Lysimeter forsøg	Grundvand
	Median	Min-Max		
Bentazon	S	M-S	3	1
Triasulfuron	S	I-S	1	m.i.
Metsulfuron methyl	S	M-S	4	m.i.
Diuron	S	i.b.	m.i.	6
Atrazin	M	I-S	m.i.	2
Mechlorprop	M	I-S	5	5
Isoproturon	M	I-S	m.i.	7
MCPA	M	M-S	5	4
Propiconazol	M	I-S	m.i.	m.i.
Metamitron	M	I-S	2	3
Phenmedipham	I	I-S	m.i.	m.i.
Glyphosat	i.b.	i.b.	m.i.	m.i.

i.b.: Ikke beregnet, idet K_{oc} ikke kan bestemmes.

m.i.: Manglende information.

For at vurdere “gyldigheden” af den herved fremkomne rangordning af stofferne efter deres potentielle mobilitet, er der sammenlignet data fra lysimeterforsøg og fra moniteringsdata af grundvand og overfladevand.

Ud fra lysimeterforsøg

I Miljøstyrelsens godkendelsesmateriale for de 12 stoffer er der information fra lysimeterstudier for de 7 stoffer. Det skal bemærkes, at der ikke kræves lysimeterstudier for at godkende pesticider, der ikke vurderes som udvaskelige ud fra sorptions- og søjleforsøg. Antallet af lysimeterstudier, her forstået som kombinationen af jord, klima og stof, hvorfra der foreligger information, er fra 1 til 12 studier pr. stof. En direkte sammenligning af de enkelte studier er vanskelig på grund af de mange variable, der ikke er identiske mellem de forskellige forsøg. Trods usikkerhederne på tolkningen af data fra lysimetrene indikerer resultaterne fra lysimeterforsøgene for de 7 stoffer følgende rangordning for mobilitet: Triasulfuron > metamitron > bentazon > metsulfuron methyl > MCPA=mecchlorprop. Denne rangordning skal tages med forbehold som følge af de meget varierende forsøgsbetegnelser, og kun udvaskeligheden ved for-

årsanvendelse er vurderet. Set i forhold til den rangordning, der fremkom ud fra GUS_{med}, er der en rimelig overensstemmelse med undtagelse af metamitron. Metamitron må også betegnes som et af de mest mobile af de her gennemgåede stoffer ud fra data fra lysimeterstudierne, mens det er et af de mindre mobile ud fra GUS_{med}. Der skal dog tages forbehold over for resultaterne fra lysimeterforsøgene, idet det ikke er entydigt, om den angivne udvaskning alene er aktivstof, eller om det omfatter nedbrydningsprodukter.

Sammenligning af resultaterne fra lysimeterforsøgene med den rangordning, der fremkommer ved GUS indekset, er begrænset af, at der ikke indgår dosis i GUS indekset. Det vanskeliggør sammenligningen af de to sulfonylurea midler med de øvrige stoffer, da disse to anvendes i meget mindre doser (50 til 100 gang mindre pr. ha).

Ud fra grundvandsfund

Hensigten med at rangordne stofferne med hensyn til udvaskelighed er at kunne vurdere risikoen for en fremtidig grundvandsforening. En måde at vurdere, om en given metode til rangordning giver et rimeligt billede, er, om den svarer til det mønster af stoffer, som vi i dag finder i grundvandet. I projektet er fundhyppigheden af disse 12 pesticider sammenlignet for grundvand i Danmark og i udlandet samt i overfladenvand. For at få det mest repræsentative billede for de 12 stoffer, er der primært lagt vægt på resultater fra analyseprogrammer, hvor flertallet af stoffer har været analyseret. Primo 1997 var GEUS bekendt med 724 analyser af dansk grundvand, hvor der var analyseret for mere end 8 GRUMO pesticider. Af disse repræsenterer de 376 ungt grundvand (Primært LOOP data). Rangordningen er foretaget på grundlag af forekomsten af de enkelte stoffer målt i procent fund ud fra det samlede antal analyser. Antallet af analyser for de enkelte stoffer varierer fra ingen til 724. For 6 af stofferne er der mere end 400 analyser, mens der for glyphosat, metsulfuron methyl og triasulfuron ikke foreligger analyser. Følgende rangordning fås ud fra fundhyppigheden i dansk grundvand: Bentazon > atrazin > metamitron > MCPA > mechlorprop > diuron > isoproturon. Rangordningen af de udvalgte pesticider efter forekomst i dansk grundvand adskiller sig på en række punkter fra den rangordning, som fås ved anvendelse af GUS_{med} indekset. Metamitron må betegnes som relativt mere mobilt ud fra de faktiske fund, end GUS_{med} skulle forudsige, mens diuron skulle være relativt mindre mobilt.

En umiddelbar sammenligning af rangordningen efter udvaskningsrisikoen baseret på GUS indeks og fundprocent skal tages med forbehold, idet fundprocenten vil være påvirket af mange faktorer, som ikke er indeholdt i et simpelt indeks som GUS-indekset, f.eks. den totale anvendte mængde, doseringstidspunkt, dosering pr. ha. og eventuelt andre kilder end fladebelastning. Forbruget for metamitron kan ikke alene umiddelbart forklare den forskel, der fremkommer i rangordningen ud fra grundvandsfund og GUS_{med}-indekset. For diuron kan det begrænsede antal data for DT₅₀ og det relativt lave forbrug tilsammen være en begrundelse for afvigelsen mellem de to rangordninger for dette stof.

Sammendrag

Gennemgangen af de DT₅₀- og K_{oc}-data, som Miljøstyrelsen ligger inde med for 12 udvalgte pesticider viser, at datasættene for disse to parametre er meget inhomogene, og at der er en betydelig spredning på dataene for de udvalgte stoffer. Resultaterne fra andre publicerede undersøgelser for K_{oc} adskiller sig ikke markant fra de resultater, der er i Miljøstyrelsens materiale. Der er en svag tendens til at jo flere undersøgelser, der inddrages, jo større spredning fås for K_{oc}. Det må konkluderes, at det ikke på det foreliggende grundlag er muligt at angive en statistisk meningsfuld spredning. Det anbefales at anvende medianværdier og udtrykke spredningen på parametrene ved minimums- og maksimumsværdier. Spredningen på DT₅₀ og K_{oc} er i samme størrelse, som den der findes i diverse opslagsværker eller større.

Det er vurderet, at det ikke vil være meningsfuldt at angive en K_{oc}-værdi for glyphosat, idet sorptionen af dette stof er styret af andre jordparametre end jordens indhold af organisk stof.

Med disse forbehold over for DT₅₀- og K_{oc}-værdierne er der estimeret et GUS-indeks for de 11 pesticider baseret på medianværdierne af de indsamlede data. Ud fra GUS_{med} er de 10 af de 11 udvalgte pesticider vurderet som ”sandsynlig” eller ”mulig” udvaskeligt og et enkelt som ”ikke sandsynlig” udvaskeligt. Vurderet ud fra GUS_{max} må alle de 11 stoffer betragtes som ”sandsynlig udvaskelige”, mens 7 af stofferne må betegnes som ”ikke sandsynlig udvaskelige” ud fra GUS_{min}. Dette viser, at den rangordning, der fremkommer ved anvendelse af GUS_{med}, skal tages med meget kraftige forbehold.

Rangordningen af stoffernes mobilitet ud fra lysimeter- og grundvandsdata underbygger i store linier den rangordning, der fremkommer ved anvendelse af GUS_{med}. Der er dog en række forskelle, f.eks. vurderes metamitrons mobilitet relativt lavt ud fra GUS_{med} i forhold til de to andre metoder. En egentlig sammenstilling er også begrænset af, at GUS-indekset ikke inkluderer den anvendte dosis og tidspunkt på året, som indgår i lysimeterforsøg eller de anvendte mængder, som må forventes at blive reflekteret i fundhyppighed i grundvandet.

Litteratur

- Gustafson D.I. 1989. Groundwater ubiquity score: A simple method for assessing pesticide leachability. *Environmental Toxicology & Chemistry*, **8**, 339-357.
- Lindhardt B. & Brisch W. 1996. Vurdering af udvaskningsindeks for pesticider. Teknisk notat udarbejdet for Miljøstyrelsen. GEUS.
- Lindhardt B., Fomsgaard I.S., Brusch W.B. & Bossi R. (in press) Pesticiders udvaskelighed - vurdering af usikkerheden på DT₅₀ og K_{oc}, der anvendes i GUS-indekset. Miljøstyrelsen.
- Linders J.B.H.J., Jansma J.W., Mensink B.J.W.G. & Otermann K. 1994. Pesticides: Benefaction or Pandora's box? National institute of public health and environmental protection, The Netherlands. Report no. 679101014.
- Wauchope R.D., Buttler T.M., Hornsby A.G., Augustijn Beckers P.W.M. & Brut J.P. 1992. The SCS/ARS/CES pesticide properties database for environmental decision-making. Reviews of environmental Contamination and Toxicology vol. 123.

Status for pesticidhandlingsplanen

Status on the pesticide action plan

Lene Gravesen

Miljøstyrelsen

Strandgade 29

DK-1401 København K

Summary

Ten years have elapsed since the adoption of the Action Plan. Over this period the focus on the use of pesticides has been sharpened significantly. This is partly due to the occurrences of pesticides that have been observed in groundwater.

The Action Plan's goal of tightening up the approval scheme has been attained. In 1997 an international panel of experts expressed the view that the Danish approval scheme contributes to ensuring observance of the requirements regarding the protection of groundwater stated in the directive on quality of water intended for human consumption. The Danish EPA has reassessed pesticides with 209 active ingredients, of which 29 have been prohibited or are now strictly regulated. In 1993 the prohibited substances accounted for 25% of the total quantity of active ingredients intended for agricultural purposes. Over 80% of this quantity is regulated because these substances constitute a threat to groundwater. There is therefore reason to believe that the load on groundwater will drop in the future.

Sales of active ingredients have been steadily falling throughout the period of the Action Plan and have, in fact, been reduced by about 36% in relation to the reference period 1981-1985. Agriculture's share of the total quantity of active ingredients is 90%. The reduction of consumption in agriculture amounts to about 40%. Part of this reduction can be attributed to the fact that the amount of arable land in crop rotation has been reduced by about 11%, while another part can be ascribed to the increasing use of low-dose products.

The treatment frequency in the agricultural sector has not dropped as presupposed in the Action Plan. The total treatment frequency remains largely unchanged in relation to the reference period. The average crop-specific treatment frequency has dropped in recent years by 15% to 20%, although this reduction is offset by the fact that a relatively larger number of crops which are heavily sprayed is being cultivated today. The fall in the average crop-specific treatment frequency is primarily due to a markedly reduced use of fungicides.

Load indices, in which consumption is weighted according to the toxicity of products, show a clear fall with respect to acute and chronic toxicity for mammals. The load indices for acute toxicity for birds and crustaceans has also dropped, whereas the values for fish remain unchanged. Sales of pesticides suspected of possessing carcinogenic properties also remain at

the same level as in the reference period. The use of pesticides causes pollution of the surroundings and the occurrence of pesticides in groundwater, surface water and rainwater. Fallowing has meant a reduction of the load on the environment. Studies show that the use of pesticides causes impoverishment of flora and fauna on arable land.

Implementation of the recommendations from an international assessment of the Danish approval system with respect to the risk of pesticide leaching into the groundwater, recommendations from the drinking water committee, and the agreement between the government and the socialist party on protection of groundwater, will further strengthening the effort to protect the groundwater from pollution of pesticides. Doubling of the existing tax on pesticides will reduce the consumption on pesticides. The outcome of the committee to assess the overall consequences of a phase-out of pesticides in agriculture, horticulture and forestry will form a part of the foundation for the future pesticide policy in Denmark.

Indledning

Det er nu gået mere end 10 år siden miljøministeren i december 1986 fremlagde sin handlingsplan for nedsættelse af forbruget af bekæmpelsesmidler (pesticidhandlingsplanen), og der er gjort status over resultaterne af den indsats, der har fundet sted.

Siden handlingsplanen blev fremlagt har opmærksomheden på pesticiders negative påvirkninger af sundhed og miljø været tiltagende. Ikke mindst pesticidbelastningen af grundvandet har tiltrukket sig meget opmærksomhed, og der er ikke umiddelbart noget, som tyder på, at den store offentlige interesse for jordbrugets pesticidanvendelsen er aftagende.

1997 blev også et år, hvor der var meget fokus på anvendelsen af pesticider. Af større sager og begivenheder fra 1997 kan nævnes:

- Registrering af AMPA i det Københavnske drikkevand
- Folketingets beslutning om vurdering af konsekvenserne af en afvikling af pesticidforbruget
- Status for pesticidhandlingsplanen
- Betænkning fra drikkevandsudvalget
- Politisk aftale om pesticidafgift m.v.

Nærværende indlæg omhandler status for pesticidhandlingsplanen, og de initiativer der er sat i værk eller kan forventes på området i den nærmeste fremtid.

Pesticidhandlingsplanen

Handlingsplanens mål og midler

I marts 1986 vedtog Folketinget en dagsorden, som pålagde regeringen at fremsætte en handlingsplan, som hurtigt og effektivt kunne nedsætte forbruget af bekæmpelsesmidler.

På den baggrund fremlagde miljøministeren i december 1986 en handlingsplan for nedsættelse af forbruget af bekæmpelsesmidler.

Formålet med handlingsplanen var "at nedbringe bekæmpelsesmiddelforbruget for derigenem

- at beskytte mennesker mod sundhedsmæssige risici og skadenvirkninger som følge af brugen af bekæmpelsesmidler. Dette gælder såvel for brugerne af midlerne som for befolkningen i almindelighed, der især må sikres mod indtagelse via levnedsmidler og drikkevand,
- at beskytte miljøet - det vil sige såvel harmløse organismer som nytteorganismer blandt flora og fauna på landjorden og i akvatisk miljøer.”

Det blev samtidig i handlingsplanen fremhævet, at “da det er overordentlig vanskeligt at fastlægge et miljømæssigt forsvarligt niveau for bekæmpelsesmiddelforbruget, er det - for at mindske belastningen af miljøet - nødvendigt at reducere anvendelsen af bekæmpelsesmidler mest muligt. Den eksisterende jordbrugsproduktion kan dog ikke ske ganske uden brug af bekæmpelsesmidler, der som bekendt især anvendes til beskyttelse mod ukrudt, sygdom og skadedyr samt til vækstregulering.”

Det ene hovedmål med handlingsplanen var, at det samlede forbrug af bekæmpelsesmidler skulle nedbringes med mindst 25% inden den 1. januar 1990, og en yderligere reduktion på 25% ønskedes opnået inden den 1. januar 1997.

Den årlig opgørelse over forbruget skulle omfatte:

- mængden af solgte aktivstoffer og produkter
- sprøjteintensiteten opgjort som behandlingshyppighed.

I følge planen skal den ønskede forbrugsreduktion som udgangspunkt give sig udslag ved alle ovennævnte opgørelsesmetoder. Det fremgår endvidere af planen, at der ved vurderingen af forbruget dog tages hensyn dels til de naturlige svingninger, der sker fra år til år som følge af f.eks. forekomst af skadegørere og ændringer i sædkiftet, herunder efterafgrøder og dels til, at der i forbruget efterhånden indgår mindre skadelige midler.

En reduktion af bekæmpelsesmiddelforbruget skulle dels ske ved en opprioritering af rådgivningsindsatsen, dels ved at der blev gennemført en intensiveret forskning i begrænsning af forbruget af bekæmpelsesmidler.

I handlingsplanen blev der desuden foreslået en række yderligere initiativer for at opnå reduktionsmålene:

- differentiering og udbygning af den eksisterende gebyrordning,
- forbud mod plansprøjtning,
- godkendelser af konkrete sprøjtninger,
- obligatorisk uddannelse/sprøjtebevis,
- mulighed for konkrete forbud mod eller påbud om ændret sprøjtning,
- fastlæggelse af maksimale grænser for miljøbelastningen af bekæmpelsesmidler,
- typegodkendelse af sprøjtemateriel.

Det andet hovedmål i handlingsplanen var at få omlagt forbruget til mindre farlige midler.

Allerede i 1987 vedtog Folketinget en lovændring, der præciserede, at der ikke længere kunne ske godkendelse af midler, der vurderes som særlig farlige for sundheden eller særlig skadelige for miljøet, samt at der skulle ske en revurdering af alle de midler, der førhen alene var registreret og klassificeret af Giftnævnet.

Handlingsplanen har flere gange været til debat i Folketinget, hvor intentionerne og målene i planen er blevet konfirmeret.

Andre handlingsplaner og initiativer

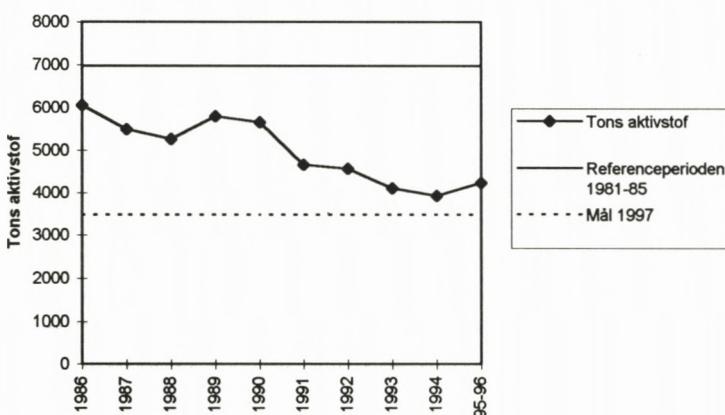
Som opfølging på "Handlingsplanen for et bæredygtigt landbrug" fra 1991 blev det besluttet at indføre krav om sprøjtejournaler, stikprøvevis eftersyn af sprøjter, samt at den del af undervisningen af landmænd m.fl., som tidligere havde været frivillig, skulle gøres obligatorisk. Folketingsudvalget vedrørende en Bæredygtig Landbrugsudvikling opfordrede i sin beretning til, at der blev udarbejdet en redegørelse om mulighederne for at udarbejde bedre målekriterier for pesticiders påvirkning af miljøet.

I foråret 1997 vedtog Folketinget en motiveret dagsorden, som opfordrede regeringen til at nedsætte et udvalg med uafhængig sagkundskab. Udvalget skal frem til årsskiftet 1998/99 vurdere de samlede konsekvenser af en afvikling af bekæmpelsesmiddelforbruget inden for jordbrugserhvervene, herunder belyse alternative muligheder for bekæmpelse af plantesygdomme, skadedyr og ukrukt i jordbrugserhvervene.

Status for handlingsplanen

Mængden af solgte aktivstoffer til landbruget og sprojteintensiteten opgjort som behandlingshyppighed

I figur 1 og figur 2 er udviklingen i det samlede salg af aktivstoffer til landbrugsformål og behandlingshyppigheden afbildet for perioden 1986 til 1995-96. Landbrugets andel af den samlede aktivstofmængde udgør ca. 90%.

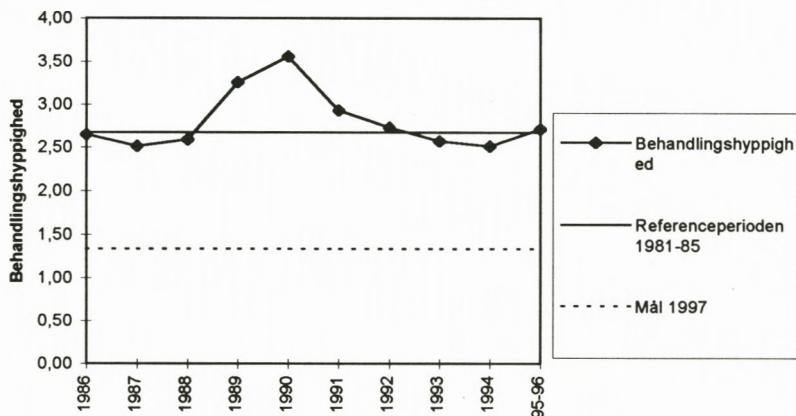


Figur 1. Det samlede salg af aktivstoffer til landbrugsformål 1986 til 1995-96. Total sales of active ingredients for agricultural purposes, 1986 to 1995-1996.

Som det fremgår, har salget af aktivstoffer været jævnt faldende i hele handlingsplanens periode og er reduceret med ca. 40% i forhold til referenceperioden 1981-85. Behandlingshyppigheden for landbruget er ikke faldet som forudsat i handlingsplanen. Den samlede behandlingshyppighed er derimod stort set uændret i forhold til referenceperioden.

Årsagen til den forskellige udvikling i mængde aktivstoffer og i behandlingshyppigheden skal især søges i den stadig mere udbredte anvendelse af lavdosismidler, der giver en lavere mængde aktivstoffer men ikke nødvendigvis en lavere behandlingshyppighed.

I perioden fra 1981-85 til i dag er landbrugsarealet i omdrift reduceret med ca. 11%, hvilket også er en del af forklaringen på den reducerede mængde aktivstoffer.



Figur 2. Den samlede behandlingshyppighed i perioden 1986 til 1995-96. Total treatment frequencies for the period 1986 to 1995-1996.

Vurdering af forbruget

Som nævnt fremgår det af handlingsplanen, at der ved vurderingen af forbruget skal tages hensyn dels til de naturlige svingninger, der sker fra år til år som følge af f.eks. forekomst af skadegørere og ændringer i sædkiftet, herunder efterafgrøder og dels til, at der i forbruget efterhånden indgår mindre skadelige midler. Herudover blev det i forbindelse med udarbejdelse af lov om afgift af bekämpelsesmidler tilkendegivet, at spørgsmålet om braklægning ville blive inddraget i vurderingen.

Variation i forekomsten af skadegørere

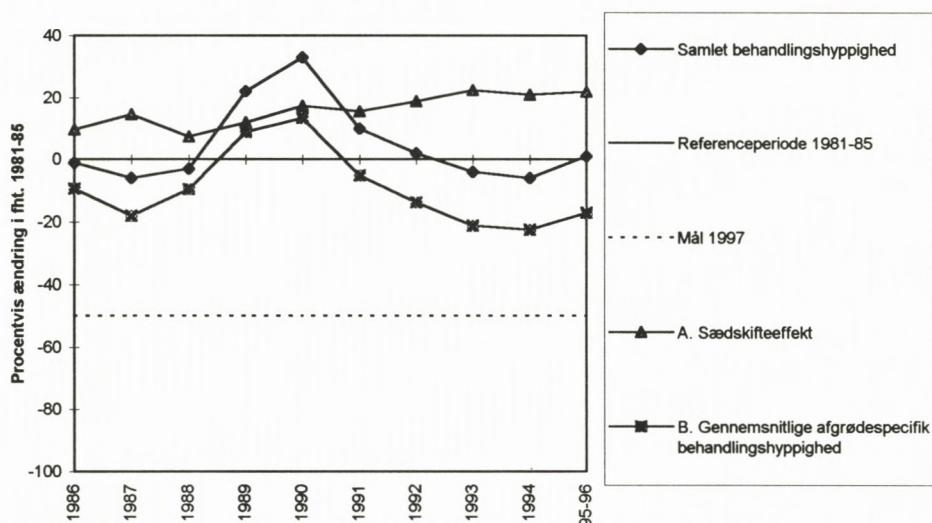
Variationen i forekomsten af skadegørere mellem de enkelte år er i høj grad påvirket af de klimatiske forhold. For den enkelte mark spiller dyrkningstekniske forhold som jordbehandling, sædkifte, sortsval og gødskning også en rolle.

Set over en årrække vil de klimabetingede variationer i forekomsten af skadegørere imidlertid udjævnes.

Ændringer i sædkiftet, herunder efterafgrøder

De ændringer, der er sket i sædkiftet i de sidste 10 år, har påvirket den samlede behandlingshyppighed. Den mest markante sædkifteændring er et skift fra vårsæd til vintersæd.

I figur 3 viser den øverste kurve (A), hvordan behandlingshyppigheden ville have udviklet sig i forhold til referenceperioden, forudsat at behandlingshyppigheden i de enkelte afgrøder i alle årene havde været som i referenceperioden. Altså under forudsætning af, at behandlingshyppigheden i vintersæd, vårsæd, rør m.v. i årene 1986 til 1995-96 havde været som i 1981-85. Som det fremgår af figuren ville uændrede behandlingshyppigheder i de enkelte afgrøder have givet en behandlingshyppighed, der i den betragtede periode ville have været mellem ca. 10% og 20% over niveauet i referenceperioden. Disse ændringer kan tages som et udtryk for, i hvilken udstrækning ændringer i sædkiftet har påvirket behandlingshyppigheden.



Figur 3. Udvikling i den samlede behandlingshyppighed, sædkifteeffekt (A) og gennemsnitlig afgrødespecifikke behandlingshyppighed (B). Developments in total treatment frequency, effect of crop rotation (A) and average crop-specific treatment frequency (B).

Den nederste kurve (B) er et udtryk for, hvor meget den afgrødespecifikke behandlingshyppighed i gennemsnit er ændret i forhold til referenceperioden. De beregninger, der ligger til grund for kurven, er udført efter den standardmetode, som Danmarks Statistik benytter. Ved denne metode sammenholdes den samlede behandlingshyppighed med den værdi, som behandlingshyppigheden ville have haft, hvis behandlingshyppigheden i alle afgrøder havde været som i referenceperioden (kurve A). Det fremgår af kurven (B) at den gennemsnitlige afgrødespecifikke behandlingshyppighed i den betragtede periode har ligget

mellel ca. 10% over og ca. 20% under niveauet i referenceperioden. Det fremgår også af kurve B, at den afgrødespecifikke behandlingshyppighed i de senere år har ligget ca. 15-20% under referenceniveauet. Disse ændringer kan tages som et udtryk for den indsats, som landbruget har gjort for at reducere behandlingshyppigheden i de enkelte afgrøder.

Det gennemsnitlige fald i den afgrødespecifikke behandlingshyppighed modsvares af, at der dyrkes flere arealer med afgrøder, som sprøjtes meget. Derfor er den samlede behandlingshyppighed i dag den samme som i referenceperioden.

Den miljømæssige belastning fra pesticider knytter sig til den samlede behandlingshyppighed.

Braklægning

Da behandlingshyppigheden er en opgørelse af sprøjteintensiteten i landbrugets hovedafgrøder, indgår de udrykkede braklagte arealer ikke i det beregningsmæssige grundlag for opgørelsen af behandlingshyppigheden. Brakarealer, der dyrkes med non-food afgrøder, det vil i praksis sige raps, indgår dog i behandlingshyppigheden på lige fod med afgrøder, der dyrkes til foder eller konsum. Da der med undtagelse af den lovlige bekämpelse af flyvehavre ikke må anvendes bekämpelsesmidler på udrykkede brakarealer, medvirker braklægningen til en reduktion i pesticidforbruget. I forbindelse med tilbageførsel til almindelig drift kan der forekomme en vis anvendelse af især herbicider på arealer, der har været braklagte.

Fra 1993 til 1994 er der registreret et fald i salget af bekämpelsesmidler med landbrugsmæssig anvendelse på næsten ca. 10% svarende til 500 tons aktivstof. En del af denne reduktion vurderes at kunne tilskrives braklægningen.

Medregnes de braklagte arealer ved beregning af sprøjteintensiteten fås nogle værdier, der er lavere end den samlede behandlingshyppighed, fordi de behandlede arealer sættes i relation til et større areal. Hvis brakarealer medregnes opnås værdier, der i perioden efter 1992 er 7- 8% lavere end den samlede behandlingshyppighed.

Midlernes egenskaber

Der har gennem mange år været en interesse i at få undersøgt mulighederne for at udarbejde mere præcise udtryk for miljøbelastningen fra pesticider, end dem som benyttes i dag, det vil sige mængde aktivstof og behandlingshyppighed. Bl.a. blev der på opfordring af folketingsudvalget for en bæredygtig landbrugsudvikling udarbejdet en redegørelse, der belyser spørgsmålet. I redegørelsen konkluderes det, at der ikke er fagligt belæg for at opstille ét risikoindeks for pesticider. Der har også været igangsat en række projekter, som har set på muligheden for at udarbejde forskellige former for delindeks. En stor del af denne indsats har været koncentreret om indeks for belastning af grundvandet. Det er endnu ikke lykkedes at udarbejde brugbare delindeks.

For at få et billede af, i hvilken udstrækning midlerne er blevet mindre skadelige for miljøet, er de enkelte pesticiders giftighed for pattedyr, fugle, regnorme, fisk, krebsdyr og alger sammenholdt med det salg, der har været af hvert enkelt pesticid. Herved kan man eksempelvis få et billede af, hvordan midlernes akutte giftighed for pattedyr sammenholdt med forbruget af

de enkelte pesticider, har ændret sig fra referenceperioden til i dag. De beregnede værdier benævnes belastningstal for pattedyr, belastningstal for fisk osv.

Belastningstallet for akut og kronisk giftighed for pattedyr er markant mindre end i referenceperioden. Belastningstallet for akut giftighed for fugle og krebsdyr viser også en faldende tendens Den væsentligste årsag til disse fald er, at stoffet parathion ikke længere er godkendt. For fisk synes belastningstallet at være uændret.

Det samlede salg af stoffer, der er klassificeret som carc. 3 (det vil sige stoffer, som er mistænkt for at være kræftfremkaldende), var i 1994-96 af samme størrelsesorden som i referenceperioden. Sidst i 1980-erne skete der et fald primært på grund af et fald af 2,4-D salget, hvorefter der gennem de seneste 7-8 år har været en stigning, som kan tilskrives salget af isoproturon. Som følge af at isoproturon er fundet i grundvandet, vurderer Miljøstyrelsen for øjeblikket om anvendelsen skal indskrænkes eller forbydes.

Belastningstallet for nedbrydelighed viser en faldende tendens, hvilket er i overensstemmelse med, at man i forbindelse med revurderingen bl.a. har ønsket at udfase svært nedbrydelige stoffer.

Med hensyn til belastningen af grundvandet skal det fremhæves, at der som følge af revurderingen er vedtaget en række forbud mod anvendelse af pesticider. En del af disse er enten påvist i grundvand eller har været under mistanke for at kunne forurene grundvandet. Resultaterne af forbudene vil vise sig på længere sigt.

Initiativer til opfyldelse af reduktionsmålene

Rådgivning, vejledning og information indgår som et væsentligt element i handlingsplanen. Informationen skal ifølge planen omhandle korrekt anvendelse af bekæmpelsesmidler, muligheder for at begrænse forbruget gennem ændringer i sædkifte, sortsvalg, mekanisk og biologisk bekæmpelse, behovsvurdering og forbedret sprøjte teknik. Der lægges stor vægt på, at rådgivningen baseres på såvel en økonomisk som en miljømæssig afvejning.

Uddannelse

Siden 1. april 1993 har erhvervsmæssige brugere af bekæmpelsesmidler skulle være i besiddelse af et sprøjtecertifikat. For jordbrugere etableret inden 1. januar 1991 er det dog tilstrækkeligt at være i besiddelse af et sprøjtebevis, og der er for denne gruppe indført en overgangsordning, som indebærer, at de sidste beviser skal være erhvervet i marts 1998. Erhvervsmæssige brugere, der sprøjter mindre end 4 timer pr. år, kan endvidere nøjes med et sprøjtebevis. Frem til 1997 har knap 31.000 sprøjteførere fået udstedt sprøjtecertifikat, mens ca. 20.000 landmænd har erhvervet sprøjtebevis. På baggrund af en rundspørge til en repræsentativ gruppe af landmænd vurderes det, at ca. 45.000 landmænd selv sprøjter. Hertil kommer ansatte bl.a. på maskinstationer.

Rådgivning og information

Den altovervejende del af rådgivningsindsatsen finder sted i landboorganisationernes regi. Miljøstyrelsen har støttet en række rådgivnings-, informations- og forskningsprojekter, som er

gennemført af bl.a. landboorganisationerne og Danmarks JordbrugsForskning. Der er dog også gennemført informationsaktiviteter henvendt til private haveejere og offentlige brugere. Der er gennemført undersøgelser af, hvordan landmænd og planteavlskonsulenter forholder sig de miljømæssige aspekter af bekämpelsesmiddelanvendelsen. Resultatet af disse undersøgelser bliver præsenteret af Sydjysk Universitetscenter på dette års Planteværnskonference.

Gebyr og afgifter

I december 1987 blev den eksisterende gebyrordning udvidet, idet den maksimale grænse pr. produkt på 60.000 kr. bortfaldt. Frem til 1996 var afgiften på godt 3% af grossistomsætningen af bekämpelsesmidler. Afgiften finansierede de godkendende myndigheders aktiviteter, tilsyn og kontrol, forskning, information og uddannelse.

Landbrugets udgifter til bekämpelsesmidler udgjorde i 1996 7,7% af værdien af planteavlsproduktionen. Udgifterne har været stigende siden 1994, hvor de udgjorde 6,8% af planteavlsproduktionsværdien. Det ser endvidere ud til, at priserne på en del af de stoffer, som i dag har en meget udbredt anvendelse, er faldet markant i løbet af de sidste 10 år.

I 1996 blev afgiften for plantebeskyttelsesmidler hævet til 15% for herbicider og fungicider og til 37% for insekticider og jorddesinfektionsmidler. En stikprøve viser, at detailsalgsprisen på fungicider er steget 10% fra 1995 til 1996, prisen på herbicider er steget 13% og insekticider ca. 47%.

Forbrugsreduktionen blev ved afgiftens indførelse skønnet til mellem 5 og 10%. Først over en årrække kan den faktiske virkning vurderes. Hovedparten af afgiftsprøvenet er ført tilbage til landbruget gennem nedsettelse af ejendomsskatterne.

Sprøjtejournaler og ettersyn af sprøjter

Som et led i opfølgingen på handlingsplanen for et bæredygtigt landbrug fra 1991, har man på ejendomme på mere end 10 ha skulle føre sprøjtejournal med oplysninger om anvendte midler og afgrøder på de enkelte marker.

Plantedirektoratet fører tilsyn med journalerne. Resultatet af kontrollen viste i 1995, at 73% af journalerne var i orden. I 1996 var 84% af journalerne i orden. Siden 1994 har sprøjtemateriel været underkastet en stikprøvekontrol. Hvert år checkes 300-500 ud af de eksisterende ca. 45.000 sprøjter. I 1996 overholdt 65% af de kontrollerede sprøjter ikke de fastsatte krav.

Stramning af loven i 1987 og revurderingen

Handlingsplanens mål om en styring af forbruget over mod mindre farlige midler blev muliggjort ved en stramning og præcisering af lov om kemiske stoffer og produkter i 1987 (lov nr. 285 af 13. maj 1987), således at der ikke længere måtte ske godkendelse af stoffer, som blev vurderet som værende særligt farlige for sundheden eller særligt skadelige for miljøet. Der blev i forarbejderne til loven lagt vægt på, at der skulle foretages en bedømmelse af stofferne ud fra deres iboende egenskaber. Samtidig blev der skabt mulighed for en alternativ vurdering,

således at der mellem flere pesticider til samme formål alene skulle kunne ske godkendelse af mindre farlige midler.

Endelig blev der i loven skabt hjemmel til, at alle aktivstoffer, som tidligere var blevet klassificeret af Giftnævnet og som havde fået en tidsubegrænset tilladelse skulle indkaldes til fornyet vurdering. Den detaljerede revurderingsplan blev fastsat i bekendtgørelse om kemiske bekæmpelsesmidler (Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 791 af 10. december 1987) og omhandlede alle bekæmpelsesmidler, det vil sige både plantebeskyttelsesmidler og biocider. Alle disse bekæmpelsesmidler blev indkaldt til en fornyet vurdering i perioden 1. september 1988 til 1. september 1992.

I sommeren 1993 trådte Rådets direktiv 91/414/EØF om markedsføring af plantebeskyttelsesmidler i kraft. Direktivet blev gennemført i dansk lov ved en ændring af kemikalieloven (lov nr. 1067 af 23. december 1992). Konsekvensen herefter var, at ansøgninger, der ikke var afgjort endeligt inden 4 uger før lovens ikrafttræden skulle afgøres efter de nye EF-principper. En afgørende ændring var, at man tidligere havde vurderet stofferne ud fra deres iboende egenskaber, hvorimod man fremtidigt skulle afgøre sagerne på baggrund af en risikovurdering - det vil sige ud fra en vurdering ved almindeligt brug. En anden ændring var, at man ikke længere kunne anvende alternativ vurdering ved afgørelser om plantebeskyttelsesmidler.

For at få gennemført og afsluttet revurderingen har en række forhold nødvendiggjort flere ændringer af kemikalieloven. Ved lovændringerne i 1994 og 1995 blev der således skabt det nødvendige redskab for forvaltningen til effektivt at kunne fjerne bekæmpelsesmidler fra markedet, som er vurderet som særligt skadelige for sundheden eller særligt farlige for miljøet.

218 aktivstoffer har været omfattet af revurderingen, hvoraf 213 er afgjort. Fire aktivstoffer er udgået, idet de tidligere var afgjort efter det nye regelsæt, og et aktivstof udgik, da det viste sig at være et hjælpestof.

Samlet oversigt over afgørelser for aktivstoffer omfattet af revurderingen

Aktivstoffer afgjort under revurderingen	Manglende svar/ikke ønsket revurderet	Afvist på grund af manglende dokumentation	Godkendt	Godkendelsen trukket tilbage eller afmeldt	Forbudt eller strengt reguleret
213	60	29	78	16	30

Midler med 30 stoffer er blevet forbudt eller strengt reguleret. Heraf er to stoffer, der bruges i træbeskyttelsesmidler, stadig i forbudsproceduren. Salget af de nu forbudte midler tegnede sig i 1993 for 25% af det samlede forbrug af plantebeskyttelsesmidler.

Andre tiltag vedrørende pesticider

Internationalt ekspertpanel til vurdering af den danske godkendelsesordning med hensyn til beskyttelse af grundvandet

I forbindelse med registrering af AMPA i københavnske vandprøver igangsatte miljø- og energiministeren i foråret 1997 en international evaluering af det danske godkendelsessystem for så vidt angår risikoen for nedvaskning til grundvandet.

Undersøgelsen blev gennemført til trods for, at det blev godtgjort, at den registrerede AMPA var et nedbrydningsprodukt fra de rengøringsmidler, som laboratorieflaskerne var rengjorte med.

I den internationale undersøgelse indgik en gennemgang af de generelle regelsæt og vurderingsgrundlag, som Miljøstyrelsen anvender ved sagsbehandlingen ligesom en række konkrete afgørelser blev gennemgået. I den internationale undersøgelse indgik tillige Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelses (GEUS') kvalitetssikring af Miljøstyrelsens vurderingsgrundlag for risikoen for grundvandsforurening med bekämpelsesmidler. De vigtigste hovedkonklusioner fra det internationale ekspertpanel fastslår, at den danske godkendelsesordning er en af de strengeste i EU, og at dette - på trods af at Danmarks geologi er både ung og varierende - er med til at sikre, at grænseværdien for drikkevand på 0,1 µg/l ikke overskrides.

Herudover kom udvalget med en række anbefalinger, som miljø- og energiministeren har taget til efterretning. Det gælder bl.a. forslaget om at forbedre grundlag for vurdering af pesticider til anvendelse uden for jordbruget, som f.eks. ved veje og jernbaner, hvor der typisk er andre jordbundsmæssige forhold end i dyrkningsjord. I sommeren 1997 bad ministeren derfor GEUS om at udarbejde et vurderingsgrundlag for sådanne områder. Når det foreligger, vil Miljøstyrelsen foretage en opfølgning.

Panelet har også anbefalet, at en del af grundvandsmoniteringen tilrettelægges på en sådan måde, at den kan give mere direkte feed-back til godkendelsessystemet, med hensyn til om anvendelsen af midlerne giver anledning til overskridelse af grænseværdien, end det for nærværende er muligt. Endelig peger panelet på, at det bør overvejes at intensivere uddannelsen af brugerne, så forkert håndtering af pesticider, der kan føre til forurening af grundvandet så vidt muligt undgås.

Betænkning fra drikkevandsudvalget

I december 1997 aflagde drikkevandsudvalget sin betænkning.

Det slås i betænkningen fast, at målsætningen for så vidt angår pesticider er, at drikkevand skal kunne fremstilles af uforurenede grundvand, der ikke renses for pesticider (aktivstoffer eller nedbrydningsprodukter).

Betænkningen indeholder en række anbefalinger vedrørende den fremtidige grundvandsbeskyttelse. I det følgende omtales de anbefalinger, som især vedrører jordbrugets anvendelse af pesticider.

Udvalget anbefaler, at målene i pesticidhandlingsplanen fastholdes, og at der findes virkemidler, som hurtigst muligt sikrer opfyldelsen af dem. Det anbefales endvidere, at økologisk landbrugsfremmes mest muligt.

Udvalget har ikke fundet, at der på nuværende tidspunkt er et tilstrækkeligt sagligt grundlag for at indføre regler om forbud mod eller begrænsninger i anvendelse af pesticider i særligt følsomme områder. Med henblik på at vurdere, om der er behov for en sådan indsats i visse områder anbefales det, at der igangsættes et arbejde, som kan belyse dette. Hvis det herefter viser sig, at det for at opretholde en høj grundvandskvalitet, egnet til produktion af drikkevand, er nødvendigt at forbyde eller begrænse anvendelsen af pesticider i et område, skal dette indarbejdes i indsatsplanen for området. I det omfang det ikke er muligt at realisere indsatsplanen ved frivillige aftaler, kan det være nødvendigt at pålægge tvungne restriktioner. Udvalget anbefaler derfor, at der tilvejebringes en hjemmel til - mod kompensation til de berørte jordbrug at pålægge de nødvendige restriktioner i pesticidanvendelsen i disse områder.

Udvalget tilslutter sig det internationale ekspertpanels anbefalinger vedrørende forbedringer af godkendelsesordningen, grundvandsmoniteringen m.v. Herudover anbefaler udvalget, at videngrundlaget med hensyn til risikoen for grundvandsforurening med pesticider forbedres på en række områder, bl.a. vedrørende konsekvenserne af samtidig anvendelse af flere pesticider samt atmosfærebidragets og hjælpestofferne eventuelle betydning for grundvandsforurening. Med henblik på at give alle parter nem adgang til opdaterede oplysning anbefales det, at myndighederne og vandforsyningen sammen arbejder for, at der etableres et internationalt samarbejde om udveksling af overvågningsresultater fra pesticider og hjælpestoffer.

Med hensyn til afviklingsfristerne for pesticider, der er optaget på forbudslisten, anbefales det, at de bliver så korte som muligt, samt at dispensationsordningen for så vidt angår grundvandstruende pesticider begrænses mest muligt, og at afviklingen af disse stoffer prioriteres meget højt.

Endelig anbefales det, at der etableres klare retningslinjer om påfyldning og skylling af sprøjteudstyr, og i den forbindelse bør udviklingen vedrørende biobede følges.

Aftale om en styrket indsats for vandmiljøet

I slutningen af sidste år blev der indgået en politisk aftale mellem regeringen og SF om at forstærke indsatsen for beskyttelse af grundvandet mod bekæmpelsesmidler.

SF og regeringen er enige om, at der er behov for at forhøje den eksisterende bekæmpelsesmiddelafgift.

Der er ligeledes enighed om, at godkendelsesordningen for bekæmpelsesmidler skal styrkes bl.a ved i højere grad at inddrage udenlandske grundvandsfund i det omfang de er relevante for danske forhold. Endvidere skal der inden 5 år ske en principiel udfasning af det offentliges pesticidanvendelse. Anvendelsen af bekæmpelsesmidler i private haver og på ikke dyrkede arealer skal så vidt muligt forbydes.

Endelig skal der i en kommende lovgivning tilvejebringes en hjemmel til - mod kompensation til de berørte jordbrug - at kunne pålægge de nødvendige restriktioner i

dyrkningsspraksis/arealanvendelse i områder, hvor grundvandet konkret vurderes at være særligt sårbart, når der ikke kan indgås frivillig aftale. Såfremt indgrebet er meget omfattende kan landmanden begære ekspropriation efter gældende regler.

Vurdering af de samlede konsekvenser af en afvikling af pesticidanvendelsen

Folketinget vedtog den 15. maj 1997 en motiveret dagsorden, som opfordrer regeringen til at nedsætte et udvalg med uafhængig sagkundskab, som bl. a. skal foretage en vurdering af de samlede konsekvenser af en afvikling af pesticidforbruget inden for jordbrugserhvervene, herunder skal alternative muligheder for bekæmpelse af plantesygdomme, skadedyr og ukrudt i jordbrugserhvervet belyses.

Ved vurderingen skal produktionsmæssige, økonomiske, juridiske, sundhedsmæssige beskæftigelsesmæssige og miljømæssige konsekvenser belyses.

Resultatet af udvalgsarbejdet skal indgå i det kommende arbejde med en ny pesticidhandlingsplan.

Der er nedsat et hovedudvalg med sagkyndige medlemmer fra forskningsverdenen, jordbrugserhvervene, de grønne organisationer, forbrugerorganisationer, fødevare- og agrokemisk industri, fagbevægelsen og de relevante ministerier. Medlemmerne skal dække fagområderne jordbrugsproduktion, økonomi, jura, beskæftigelse, sundhed, miljø og økologi.

Der er herudover nedsat 4 faglige underudvalg, som udarbejder faglige baggrundsrapporther til brug for hovedudvalgets endelige afgørelse.

Hovedudvalget har til opgave dels at koordinere og diskutere underudvalgenes arbejde, dels at udarbejde den endelige rapport til ministeren.

De faglige underudvalg skal dække følgende områder: jordbrugsdyrkning, produktion, økonomi og beskæftigelse, miljø og sundhed samt lovgivning.

Hovedudvalget og underudvalgene blev nedsat i juli 1997. Hovedudvalget afgiver en rapport til miljø- og energiministeren ved årsskiftet 1998/1999.

Sammendrag

Det er nu ca. 10 år siden, at handlingsplanen blev trådt i kraft. I den forløbne tid er fokus på anvendelsen af bekæmpelsesmidler blevet skærpet væsentligt. Det skyldes bl.a. de fund af bekæmpelsesmidler, som er gjort i grundvandet.

Handlingsplanens målsætning om en opstramning af godkendelsesordning er nået. Et ekspertpanel har i 1997 vurderet, at den danske godkendelsesordning er i overensstemmelse med kravene til grundvandsbeskyttelse. Miljøstyrelsen har revurderet 209 aktivstoffer, hvoraf 29 er blevet forbudt eller strengt reguleret. De forbudte stoffer udgjorde i 1993 25% af den samlede mængde aktivstoffer til jordbrugsformål. Over 80% af denne mængde er reguleret, fordi stofferne udgjorde en trussel for grundvandet. Det vurderes derfor, at belastningen af grundvandet fremover vil falde.

Salget af aktivstoffer har været jævnt faldende i hele handlingsplanens periode og er reduceret med ca. 36% i forhold til referenceperioden 1981-85. Landbrugets andel af den

samlede aktivstofmængde er 90%. For landbruget er reduktionen 40%. Noget af nedgangen kan her tilskrives, at landbrugsarealet i omdrift er reduceret med ca. 11%, mens andet kan tilskrives en stigende anvendelse af lavdosismidler.

Behandlingshyppigheden for landbruget er ikke faldet som forudsat i handlingsplanen. Den samlede behandlingshyppighed er stort set uændret i forhold til referenceperioden. Den gennemsnitlige afgrødespecifikke behandlingshyppighed er i de senere år faldet 15-20%, men dette fald modsvares af, at der i dag dyrkes relativ flere afgrøder, som sprøjtes meget. Faldet i den gennemsnitlige afgrødespecifikke behandlingshyppighed kan hovedsageligt henføres til et markant fald for fungiciderne.

Belastningstal, hvor forbruget vægtes med midlernes giftighed, viser et markant fald for akut- og kronisk giftighed for mennesker og andre pattedyr. Belastningstallene for akut giftighed for fugle og for krebsdyr er også faldet, mens det for fisk er uændret. Salget af midler, der er mistænkte for at fremkalde kraft, ligger på samme niveau som i referenceperioden. Brugen af pesticider indebærer, at omgivelserne forurennes, og der findes pesticider i grundvand, overfladevand og regnvand. Braklægningen har betydet en reduktion i miljøbelastningen. Undersøgelser viser, at brugen af pesticider medfører en forarmning af flora og fauna i agerlandet.

Ved opfølgning på anbefalinger fra et internationalt ekspertpanel, betænkning fra drikkevandsudvalget og aftale mellem regeringen og SF, om en styrket indsats for vandmiljøet, vil indsatsen for beskyttelse af grundvandet mod forurening af pesticider blive styrket yderligere. Fordobling af den eksisterende pesticidafgift vil medvirke til, at forbruget af pesticider reduceres. Resultaterne af arbejdet i udvalget til vurderingen af konsekvenserne ved en afvikling af forbruget af pesticider, vil indgå i det kommende arbejde med en ny pesticidhandlingsplan.

Landmanden, konsulenten og pesticidforbruget

Farmers, advisers and the use of pesticides

Søren V. Svendsen, Villy Søgaard og Flemming Just

Syddjysk Universitetscenter

Afdeling for Andels- og Landbrugsforskning

Niels Bohrs Vej 9

DK-6700 Esbjerg

Summary

The present paper combines three questionnaire analyses among farmers and extensionists to examine the impact of the advisory system on farmers' environmental behaviour. Also, the role of so-called Crop Protection Groups (i.e. groups formed by farmers and advisers to facilitate the exchange of experience and information) has been examined. On the whole, the advisory system is held in high esteem by farmers and exercises a powerful influence on farmers' behaviour. Both the advice and membership of a Crop Protection Group tend to reduce the amount of pesticides applied by the farmer. There is, however, substantial variation in the pesticide doses recommended by advisers, and some advisers stress the need for more and better research on the consequences of applying smaller doses. Moreover, the standard of basic education of advisers is criticised by some respondents. Attempts were made to analyse the relationship between farmers' and extensionists' attitudes and their environmental behaviour or advice. No strong relationship could be found, however.

Indledning

I 1986 vedtog Folketinget pesticidhandlingsplanen, hvor målsætningen var, at både mængden af aktivt stof og behandlingshyppigheden skulle halveres på 10 år. Som led i evalueringen af handlingsplanen rettede Miljøstyrelsens Bekæmpelsesmiddelkontor i 1997 henvendelse til Afdeling for Andels- og Landbrugsforskning (ALF) ved Syddjysk Universitetscenter med henblik på en 'afdækning af holdninger og adfærd omkring nedsat brug af bekæmpelsesmidler'.

Landmændenes og planteavlkskonsulenternes rolle påkalder sig naturligvis særlig opmærksomhed i den forbindelse, og afdækningen af holdninger og adfærd hos disse to hovedaktører er primært et forsøg på at identificere barrierer på individplan for et mindre forbrug af pesticider. En sådan undersøgelse vil samtidig kunne give en indikation på effekten og rækkevidden af de såkaldte bløde instrumenter, som kan tages i anvendelse i bestræbelserne på at sikre et nedsat forbrug af bekæmpelsesmidler.

Tre spørgeskemaundersøgelser danner grundlaget for analysearbejdet. Det drejer sig om en GfK-spørgeskemaundersøgelse fra 1997 blandt næsten 1400 medlemmer af GfK's aktuelle landmændspanel, hvor landmændenes holdninger og adfærd omkring brugen af pesticider blev søgt identificeret. Dernæst er der tale om en spørgeskemaundersøgelse, der ligeledes blev gennemført i 1997 blandt samtlige planteavlskonsulenter. Hensigten med denne undersøgelse var - for første gang - at få et indgående indtryk af forholdene omkring planteværnsrådgivning. Endelig indgår det omfattende undersøgelsesmateriale fra den tidligere analyse af sammenhængen mellem landmændenes holdninger og deres miljømæssige adfærd i Torben Bagers og Villy Søgaards bog *Landmanden og miljøet* (1994).

I rapporten *Landmanden, konsulenten og pesticidforbruget* er undersøgelsesmaterialet analyseret og omtalt udførligt.

Denne artikel vil fokusere på de væsentligste resultater fra de tre undersøgelser. Artiklen struktureres således, at metoden bag spørgeskemaundersøgelserne refereres i det følgende afsnit. Dernæst følger et afsnit om landmændenes rolle med baggrund i GfK-undersøgelsesmaterialet. Det fjerde afsnit er forbeholdt planteavlskonsulenternes rolle, og deres betydning for landmændenes beslutningsadfærd. Afsnittet bygger på datagrundlaget fra alle tre undersøgelser. Grupperådgivning omkring pesticidanvendelse har været tillagt ret stor betydning og fik fra slutningen af 1980'erne økonomisk støtte af Miljøstyrelsen. Med baggrund i undersøgelsesmaterialet fra *Landmanden og miljøet* og den aktuelle undersøgelse af planteavlskonsulenterne vurderes planteværnsgruppernes betydning i det femte afsnit. Afslutningsvis fremsættes nogle konkluderende bemærkninger om landmænd og konsulenters holdninger og adfærd og mulighederne for at benytte de bløde instrumenter.

Metode

Rapporten *Landmanden, konsulenten og pesticidforbruget* bygger som ovenfor nævnt på tre spørgeskemaundersøgelser. Den ene af undersøgelserne blev foretaget af GfK, der i foråret 1997 udsendte spørgeskemaer til 1506 landmænd i GfK Danmarks Landbrugspanel. 1387 brugbare skemaer svarende til en svarprocent på ca. 92 blev returneret. Eftersom de store landbrug og visse geografiske områder bevidst er overrepræsenteret i GfK's landbrugspanel, er svarmaterialet væget efter bedriftsstørrelse og amt således, at det svarer til de faktiske forhold ifølge officiel landbrugsstatistik.

Den anden spørgeskemaundersøgelse blev foretaget af ALF blandt samtlige landets planteavlskonsulenter, i alt 346. De modtog i uge 12 i 1997 et spørgeskema vedlagt en følgeskrivelse, hvori undersøgelsens baggrund og formål kort blev beskrevet og med en svarfrist på kun to uger. I alt kom 197 spørgeskemaer retur fra konsulenterne, svarende til en svarprocent på 57%, som må vurderes til at være meget tilfredsstillende. Der var ingen signifikante skævheder i undersøgelsesmaterialet hvad angår alder, køn eller geografi. Materialet kan derfor betragtes som repræsentativt for landets planteavlskonsulenter, idet det samtidig må erindres, at svarprocenten skal ses i forhold til hele populationen.

Spørgeskemaet indeholdt 51 spørgsmål samt muligheden for uddybende kommentarer i et sidste punkt i skemaet. Undersøgelsen blev afgrænset til at omhandle konsulenternes holdninger, deres rådgivning omkring pesticidforbrug samt deres vurdering af en række emner i tilknytning til deres rådgivningssituation. Selve spørgeskemaet blev udarbejdet med inspiration fra den spørgeskemaundersøgelse, som dannede grundlag for *Landmanden og miljøet*. Desuden kommenterede en række planteavlkskonsulenter spørgsmålenes udformning og indhold, og samtidig blev der indhentet værdifuld inspiration til spørgeskemaet hos medarbejderne på Landskontoret for Planteavl i Skejby.

Den tredje undersøgelse, som rapporten er bygget op omkring, vedrører landmændenes holdninger og adfærd samt samspillet mellem landmændene og konsulenterne set fra landmændenes side. Undersøgelsen blev foretaget omkring årsskiftet 1993/94, og der blev dengang udsendt et omfattende 16-siders spørgeskema til et repræsentativt udsnit af landmænd udtrukket tilfældigt af Danmarks Statistik på grundlag af deres erhvervsregister. Af i alt 3.300 landmænd svarede 1.549 (58%). Derudover blev der sendt et skema ud til 630 landmænd, der deltog i planteværnsgrupper. Af disse svarede 434 personer (73%), således at den samlede svarprocent blev 61%. Det må betegnes som meget tilfredsstillende emnets følsomhed taget i betragtning. Repræsentativiteten var også i orden, idet der kun var en lille undervægt af ældre landmænd og personer fra mindre ejendomme.

Landmændene og pesticiderne

Landmændenes kendskab til "Godt landmandsskab år 2000"

Landmændene er i GfK-spørgeskemaundersøgelsen blevet bedt om at angive deres kendskab til landboorganisationernes retningslinier for "Godt landmandsskab år 2000". Svarfordelingen fremgår af tabel 1.

Tabel 1. Landmændenes kendskab til "Godt landmandsskab år 2000". Farmers' knowledge of 'Good farming in the year 2000'.

Tilkendegivelse Response	%-fordeling Percentages
Ja, jeg har hørt om pjecen. (Yes, I have heard about the pamphlet)	40
Ja, jeg har læst pjecen. (Yes, I have read the pamphlet)	13
Ja, jeg har læst pjecen og tænkt mig at følge mange af principperne. (Yes, I have read the pamphlet and intend to follow many of the principles)	8
Ja, jeg har læst pjecen og følger mange af principperne. (Yes, I have read the pamphlet and am following many of the principles)	14
Ja, jeg har læst pjecen og har ikke tænkt mig at følge principperne. (Yes, I have read the pamphlet and do not intend to follow the principles)	1
Nej. No	24
Total	100

Svartilkendegivelserne viser med nogen styrke, at der eksisterer barrierer på det individuelle plan for holdningsbearbejdning. Ifølge tabellen har næsten to tredjede af landmændene således enten ikke kendskab til pjecen, eller også har de blot hørt om den. De resterende landmænd har læst pjecen, men det er kun omkring hver femte landmand, der enten allerede følger principperne for godt landmandsskab eller har tænkt sig at gøre det fremover. I øvrigt kan det bemærkes, at kendskabet eller måske rettere det manglende kendskab til pjecen går på tværs af alderskategorierne i undersøgelsen.

Kvaliteten af sprøjteudstyret

48% af alle landmænd vurderer, at deres sprøjteudstyr er af en sådan kvalitet og i en sådan stand, at der kan doseres præcist, og at der kan opnås en jævn fordeling af midlet på det behandlede areal. Kun et fåtal af landmændene (2%) mener ikke, at deres udstyr kan leve op til disse krav. Derimod vurderer 30% af landmændene, at deres udbringningsudstyr nok er i orden, men det ”kunne godt forbedres”, som svarmuligheden lyder i spørgeskemaet. Denne store andel af landmænd kunne give anledning til at overveje forskellige incitamenter til at investere i mere avanceret udbringningsudstyr, der kan understøtte en miljømæssig optimal brug af pesticider.

Strategi ved plantebeskyttelse, strategiskift og erfaringer hermed

Flere af spørgsmålene i undersøgelsen forsøger at indkredse landmændenes strategi i forbindelse med plantebeskyttelse og eventuelle ændringer heri inden for de seneste år. Svartilkendegivelserne viser, at langt hovedparten af landmændene ofte eller nogle gange inden sprojtning vurderer grundigt, om det er muligt at anvende nedsat dosering af pesticider. Man kan dog sandsynligvis ikke se bort fra de mere politisk korrekte svar i den sammenhæng.

PC-Planteværn er ikke et specielt benyttet værktøj blandt landmændene. 64% af landmændene bruger det således hverken selv eller gennem konsulentensystemet, og kun 15% af landmændene (primært de store bedrifter) gør brug af værktøjet ofte. Ud fra en faglig vurdering af PC-Planteværns fordele i relation til en mere hensigtsmæssig udnyttelse af pesticidforbruget kunne resultatet af undersøgelsen give anledning til at overveje forskellige muligheder for en større udbredelse af værktøjet. I den forbindelse skal man nøje overveje og tage hensyn til konsulenternes incitamenter til at anbefale og overføre ny teknologi til landmændene.

Brug af pletsprøjtning deler landmændene i to grupper; halvdelen anvender ofte eller nogle gange metoden med at behandle de steder i marken, hvor der er behov, mens den anden halvdel aldrig eller kun sjældent finder grundlag for at benytte denne metode. Derimod er der langt større enighed blandt landmændene om at sprøjte mod ukrukt tidligt på døgnet.

Mekanisk ukrudtsbekämpelse har ikke vundet specielt gehør blandt landmændene, idet næsten trefjerdedele af landmændene sjældent eller aldrig anvender metoden. Omvendt må der også blandt den fjerdedel af landmændene, som anvender mekanisk ukrudtsbekämpelse, være grundlag for at uddrage erfaringer og eventuelle succeshistorier med mekanisk ukrudtsbekämpelse, som kan tjene til inspiration for de landmænd, der anvender de konventionelle

metoder med brug af pesticider. Og ud fra en antagelse om, at landmændene lader sig påvirke af andres erfaringer og realiserede resultater, kunne det være en interessant mulighed.

Som det fremgår af nedenstående tabel, viser undersøgelsesmaterialet, at en stor andel af landmændene inden for de sidste 2-3 år er begyndt at gøre brug af nedsat dosering for samtlige pesticidtyper og uanset afgrøde.

Tabel 2. Andelen af landmænd, der sprøjter med lavere dosering pr. gang fordelt på afgrødetype. The percentage of farmers who spray with lower doses per spraying broken down by type of crop.

	Jeg sprøjter flere gange med lavere dosering pr. gang			Jeg sprøjter færre eller samme antal gange med lavere dosering pr. gang.			Total		
	I spray more times with lower doses per spraying			I spray fewer or same no. of times with lower doses per spraying					
	Hvede Wheat	Vårbyg Spring barley	Roer Beets	Hvede Wheat	Vårbyg Spring barley	Roer Beets	Hvede Wheat	Vårbyg Spring barley	Roer Beets
Insektsmidler (Insecticides)	34	24	38	31	24	32	52	38	57
Svampe midler (Fungicides)	69	48	11	49	39	12	85	65	20
Ukrudtsmidler (Herbicides)	32	27	60	35	33	36	34	49	74
Procentgrundlaget*	580	705	238	580	705	238	580	705	238
(Basis of calculation, N)									

* Procentgrundlaget er de landmænd, der havde den pågældende afgrøde til høst i 1997. The number of farmers who harvested the crop in question in 1997.

Totalkolonnen i tabellen er summen af de landmænd, som har benyttet en af de to strategier, idet der er korrigert for de landmænd, som har tilkendegivet, at de har benyttet begge strategier inden for perioden. Med grundlag i disse tal er det rimeligt at konkludere, at den strategi, der tager sigte på at sprøjte med lavere dosering pr. gang, forfølges af hovedparten af landmændene.

Det er ikke muligt at identificere en tilsvarende markant opbakning omkring de strategiskift, der vedrører brug af doseringsvinduer, pletsprøjtning og mekanisk ukrudtsbekämpelse. Opgjort i forhold til det samme procentgrundlag, som er anvendt i tabel 2 ovenfor, har disse metoder således vundet indpas hos mellem 5 og 22% af landmændene for de tre hovedafgrø-

der. Et ændret sædskifte for at holde sygdomstrykket nede eller mindske problemer med ukrudt indgår som en strategiændring hos mellem 8 og 16% af landmændene.

I øvrigt viser tallene, at tilbøjeligheden til at anvende doseringsvinduer og pletsprøjtning og sprøjte på et tidligere tidspunkt på døgnet stiger med bedriftsstørrelsen, når der dyrkes vinterhvede. Det er altså specielt de større brug, der inden for de sidste 2-3 år har formået at ændre strategi og gøre brug af disse nye metoder. I forbindelse med dyrkning af vårbyg er det kun anvendelse af doseringsvinduer og sprojetidspunkt, der skiller store og små brug, og kun de små brug med roer adskiller sig fra de større ved ikke at have ændret strategi inden for de seneste år med hensyn til sprojetidspunktet.

Undersøgelsen giver også mulighed for at belyse effekten af ændringer i dyrkningsmetode. 51% af de landmænd, som har skiftet strategi inden for de sidste 2-3 år, tilkendegiver således, at de har kunnet reducere dosis eller helt undgå at behandle ved at kunne vurdere behovet for indsats. Samtidig angiver 58% af landmændene, at de har kunnet mindske brugen af svampemidler i kraft af resistente sorter. Omkring hver femte landmand har i undersøgelsen givet udtryk for, at de enten ikke har kunnet se en forskel som følge af deres strategiskifte, eller også har de slet ikke kunnet se nogen forskel, idet de dog medgiver, at de ”heller ikke har gjort så meget”, som det udtrykkes i formuleringen på spørgsmålets svarkategorier.

Oplever landmændene problemer ved at bruge og mindske forbruget af pesticider?

På spørgsmålet om, hvorvidt landmanden inden for de seneste 2-3 år har haft problemer ved enten sin egen eller nabokers brug af plantebeskyttelsesmidler, tilkendegiver 9 ud af 10 landmænd, at de ikke har oplevet problemer af nogen art. Incitamenterne for landmændene til at ændre adfærd i mere miljørigtig retning og reducere forbruget af pesticider skal således ikke søges i landmændenes erfaringsgrundlag med brugen af plantebeskyttelsesmidlerne. Snarere er dette erfaringsgrundlag en kilde til at kunne forklare baggrunden for en modvilje hos landmændene til at ændre adfærd på området, ligesom det er en indikation på, at der skal tungtvejende grunde til at få landmændene til at skifte strategi.

På den anden side viser landmændenes svar i undersøgelsen også, at en meget stor andel af landmændene ikke har oplevet problemer ved at mindske brugen af plantebeskyttelsesmidler. 66, 78 og 60% af landmændene med henholdsvis vinterhvede, vårbyg og roer har således tilkendegivet, at de inden for de seneste 2-3 år ikke har haft dårlige erfaringer ved at mindske brugen af plantebeskyttelsesmidler. Undersøgelsen indikerer dermed på den ene side nogle barrierer, som skal overvinDES for at få landmændene til at ændre strategi og mindske brugen af pesticider, og på den anden side, at erfaringerne med at forfølge nye veje i plantebeskyttelsesarbejdet er positive.

Blandt de mere markante og interessante udslag på spørgsmålet om eventuelle dårlige erfaringer med et nedsat forbrug af pesticider kan det bl.a. nævnes, at 20% af landmændene med roer tilkendegiver, at de mekaniske metoder er væsentligt mere tidskrævende og dyrere end kemiske metoder. En teknologisk udvikling, der kunne effektivisere og billiggøre den mekaniske ukrudtsbekämpelse, kunne derfor tænkes at bidrage til en reduktion af pesticidforbruget på dette område.

Landmændenes vurdering af udsagn om pesticidanvendelse

I spørgeskemaundersøgelsen bedes landmændene vurdere en række udsagn om pesticidanvendelse. Svartilkendegivelserne viser nogen spredning i landmændenes vurderinger målt på en skala fra meget enig til meget uenig, men vurderingerne går på tværs af både alder, brugsstørrelse og geografi. Spredningen i vurderingerne kommer klarest til udtryk ved udsagnene om, at det er muligt at tilrettelægge sit sædkifte, så problemer med ukrudt, skadedyr og insekter i vid udstrækning forebygges; at insektmidler er så billige, at det kan betale sig at bekæmpe selv et meget lille angreb - især hvis de udbringes sammen med f.eks. svampemidler; at nedsat dosering fremmer udvikling af resistens mod bestemte midler, og at nedsat dosering af ukrudtsmiddel giver en tvivlsom bekæmpelseseffekt.

Spredningen i vurderingerne af disse udsagn giver sandsynligvis en del af forklaringen på vanskeligheden ved at få landmændene til at foretage strategiskift og i særdeleshed i samlet flok. For det første er det kun den ene halvdel af landmændene, som seriøst vil overveje et strategiskifte på det område, som udsagnet omhandler, og for det andet vil der være en udtalt usikkerhed om nutten af strategiskiftet. Tilegnelse af nye metoder gennem naboenes erfaringer - naboeffekten - vil nemlig have svært ved at sætte sig effektivt igennem, når holdningerne er delte.

Der synes kun at være fælles fodslag blandt landmændene, når det gælder udsagnene om, at svampemidler er dyre, men udgiften opvejes normalt af fordelen ved at bruge midlerne, og at brug af stråforkortningsmidler i korn stort set kun er nødvendig i vinterrug. Hovedparten af landmænd erklærer sig således meget eller mest enig i disse udsagn. Undersøgelsen indikerer dermed også, at der er en stærk økonomisk tilskyndelse til at opretholde forbruget af svampemidler.

Går landmændene på kompromis med anbefalinger for anvendelse af pesticider?

Der findes en række anbefalinger om, hvordan plantebeskyttelsesmidler skal anvendes i praksis, og landmændene bliver i undersøgelsen spurgt, om de har måttet gå på kompromis med nogle af dem. 58% af landmændene angiver, at de ikke er gået på kompromis med anbefalinger med sprøjting. 9% af landmændene angiver bl.a., at de ikke har fulgt forskrifterne for anvendelse af pesticider i praksis på grund af manglende kapacitet, hvorved det optimale behandlingstidspunkt er overskredet, og at det derfor har været nødvendigt at bruge større doser. 16% har af hensyn til bekæmpelsen måttet sprøjte, selvom det blæste for meget, mens 15% af hensyn til pasning af husdyrene har måttet sprøjte på et andet tidspunkt af døgnet end det, hvor indsatsen ville have haft størst effekt. Samme kompromis har 14% af landmændene fundet det nødvendigt at vælge men på grund af andet arbejde, og endelig er der 8%, som af hensyn til tid og omkostninger i forbindelse med svampebehandlingen har sprøjtet mod insekter, inden skadetærsklerne var overskredet.

Ud fra en miljømæssig betragtning er det således en temmelig stor andel af landmændene, der finder det nødvendigt at gå på kompromis med anbefalingerne til brug af pesticider, og som ovenstående procentsatser angiver, er der blandt denne gruppe af landmænd flere, som går på

kompromis med anbefalingerne på flere områder. Det skal dog også tilføjes, at vi ikke har kendskab til omfanget eller graden af det kompromis, som den enkelte landmand foretager.

Økologisk produktion og planer for reduktion af pesticidforbruget

Den ultimative metode til reduktion af pesticidforbruget - økologisk jordbrug - gøres også til genstand for undersøgelse i spørgeskemaet. Langt hovedparten af landmændene (84%) tilkendegiver, at de ikke vil omlægge til økologisk produktion, mens 10% af landmændene overvejer at omlægge til økologisk produktion.

I gruppen af landmænd, som ikke vil omlægge til økologisk produktion, anfører 61%, at de ikke tror, at deres forbrug kan reduceres yderligere med den nuværende afgrødesammensætning på bedriften, og 6% er helt kategoriske og vil ikke reducere forbruget af pesticider. Omkring 56% af samtlige landmænd har med andre ord en opfattelse af, at deres pesticidforbrug ikke kan reduceres. Med denne holdning kan de næppe forventes at være specielt åbne eller lydhøre over for råd, der tager sigte på at formindske pesticidforbruget. Eller måske rettere: argументerne og de positive erfaringer med et lavere forbrug af plantebeskyttelsesmidler skal være bedre end ellers for at kunne overvinde en forståelsesmæssig barriere hos en stor andel af landmændene. 20% af landmændene er lydhøre over for rådgivning, idet de tilkendegiver, at de vil arbejde med konkrete planer for omlægning af praksis, hvis de bliver opmærksomme på eksakte muligheder. Tilbage bliver kun 10% (stadic af de 84%, som ikke vil omlægge til økologisk produktion), der har planlagt en række foranstaltninger med henblik på at formindske pesticidforbruget.

Blandt de landmænd, der påtænker omlægning til økologisk jordbrug, er den unge generation forholdsvis stærkest repræsenteret. Der er ikke mange svineproducenter, der overvejer omlægning, men derudover er brugstype ikke nogen særlig god variabel til at forklare en forskel. Deltidslandmændene er klart overrepræsenteret i gruppen af landmænd, der påtænker at omlægge, mens medlemmer af landboforeningerne er svagt underrepræsenteret.

Disse resultater ligger stort set i forlængelse af tilsvarende analyser på grundlag af data-materialet bag *Landmanden og miljøet*. En såkaldt diskriminantanalyse viste her, at forskellen mellem landmænd, der har omlagt - eller grundigt har overvejet at omlægge til økologisk jordbrug - på den ene side og andre konventionelle landmænd på den anden side primært var af holdningsmæssig art, mens driftsretning, bedrftsstørrelse og alder isoleret set var af mindre betydning. Navnlig bedrftsstørrelsen viste sig dog at have en vis sammenhæng med landmændenes holdningstilkendegivelser, idet svarpersoner med store bedrifter generelt var de mest konventionelt indstillede.

Planteavlskonsulenterne og pesticiderne

Konsulenternes holdninger

Planteavlskonsulenterne vurderer overordnet, at der er risiko ved brugen af pesticider. Over 90% af konsulenterne vurderer således, at der er nogen eller stor risiko ved brugen af pesticider, når det gælder drikkevandet, vandløb, søer og havet. I den forbindelse skal det også tilfø-

jes, at 42% af konsulenterne mener, at landmændenes anvendelse af pesticider har påvirket grundvandet i deres eget rådgivningsområde, og den samme andel tilkendegiver, at anvendelsen af pesticider vil komme til at påvirke grundvandet. Det er ligeledes en udtalt vurdering blandt konsulenterne, at der eksisterer en risiko for skader på de vilde planter og dyr, at der er en helbredsrisiko ved udbringning, samt at der er en risiko for, at der dannes resistens som følge af brugen af pesticider.

I spørgeskemaundersøgelsen blev planteavlskonsulenterne præsenteret for 20 påstande om landbrug, miljø og bedrifterstruktur. På baggrund af de enkelte respondenters stillingtagen til hver enkelt af disse påstande blev der konstrueret en skala (likertskaala) fra 1 til 5 med yderpunkterne henholdsvis alternativ og konventionel holdning. Den alternative holdning er udtryk for en kritik af de eksisterende produktionsmetoder, de miljømæssige forhold samt bedrifterstrukturen i landbruget. Den konventionelle holdning modsvarer omvendt et forsvar for det konventionelle landbrug og en avisning af kritikken mod erhvervet. Frekvensfordelingen for denne holdningsskala er vist i tabel 3, dels for konsulenterne, dels for landmændene, dvs. svarpersonerne fra *Landmanden og miljøet*.

Tabel 3. Planteavlskonsulenter og landmænd fordelt efter placering på holdningsskalaen. Plant breeder advisers' and farmers' distribution on the attitudinal scale.

	Konsulenter	Landmænd
	Advisers	Farmers
Stærkt alternativ. (Strongly alternative)	2,8	2,2
Moderat alternativ. (Moderately alternative)	18,9	9,2
Hverken eller. (Neither nor)	53,6	35,4
Moderat konventionel. (Moderately conventional)	24,3	45,3
Stærkt konventionel. (Strongly conventional)	0,6	6,7
Antal observationer, N: (No. of observations, N)	181	1317

Som det fremgår af tabellen, centrerer konsulenterne omkring midten og med samlet set lidt flere konsulenter med konventionelle end med alternative holdninger. Konsulenterne hælder dog gennemgående en smule stærkere i "alternativ" retning end landmændene. Ved at sammenholde holdningsskalaen med organisationstilhørsforholdet fremgår det med statistisk signifikans, at konsulenter ansat i enten De Danske Landboforeninger eller både Landboforeningerne og Dansk Familielandbrug har mere konventionelle holdninger end deres kolleger i Dansk Familielandbrug. Ligeledes viser der sig at være en tilsvarende stærk sammenhæng mellem alder og placering på holdningsskalaen, idet de ældste konsulenter har mere konventionelle opfattelser end deres yngre kolleger. Ved et 10% signifikansniveau kan der i øvrigt også identificeres en sammenhæng mellem køn og indplacering på holdningsskalaen, eftersom der er relativt flere kvinder med alternative holdninger end mænd. Såvel sammenhængen med

køn som med alder stemmer overens med resultaterne fra landmandsundersøgelsen i *Landmanden og miljøet*.

Konsulenterne er ligeledes blevet spurgt, om de føler et personligt ansvar for mængden af pesticider, landmændene bruger. Kun 12% af konsulenterne svarer "nej" på det spørgsmål, mens 59% placerer sig i kategorien "ja, i nogen grad" og 28% i "ja, i høj grad". Der er altså en betydelig ansvarsfølelse for pesticidforbruget hos planteavlskonsulenterne, og ansvarsfølelsen kan også tages som udtryk for et miljøhensyn, idet der er en tæt sammenhæng mellem konsulenternes indplacering på dette spørgsmål, og deres tilkendegivelse af i hvor høj grad de lader overvejelser om den miljømæssige belastning ved forbruget af pesticider indgå i forbindelse med rådgivningen af landmændene. Der kan konstateres en sammenhæng mellem aldersvariablen og respondenternes indplacering på spørgsmålet, idet de ældste konsulenter føler et større personligt ansvar for mængden af pesticider, som landmændene bruger.

"Hvor vigtige er miljøhensyn i forhold til økonomihensyn, når du rådgiver landmændene om forbrug af pesticider" lyder et andet spørgsmål. Økonomihensynene vejer tungest for over halvdelen af konsulenterne. Dette harmonerer med den klassiske rollefordeling mellem landmand og konsulent, hvorefter det er konsulentens professionelle opgave at vejlede landmanden med henblik på at opnå det bedst mulige økonomiske resultat. Det er derfor bemærkelsesværdigt, at 41% vægter de to hensyn lige højt, og konsulenternes tilkendegivelser på dette spørgsmål synes yderligere at underbygge den formodning, at miljøsiden opfattes som et væsentligt element i den faglige rådgivning.

Konsulenternes rådgivning og deres påvirkning af pesticidforbruget

Tabel 4 viser, hvorledes konsulenterne rådgiver landmændene i forhold til den anbefalede normaldosis for alle tre pesticidtyper. Svarfordelingerne viser for det første, at konsulenternes anbefaling varierer stærkt fra gang til gang, og det kan vel tages som udtryk for, at sprøjteindsatsen tilpasses behovet. Derudover må det imidlertid også konstateres, at der er en betydelig variation i konsulenternes anbefaling for alle tre pesticidtyper. Selvom der kan være fortolkningsproblemer ved den eksakte indplacering i de enkelte svarkategorier viser undersøgelsesmaterialet med stor tydelighed, at holdningsmæssige forskelle mellem konsulenterne langt fra kan forklare den store variation i adfærdten. Hovedforklaringen på de betydelige variationer mellem konsulenternes anbefalinger skal derfor søges i faglige overvejelser hos konsulenterne.

Undersøgelsesmaterialet fra *Landmanden og miljøet* giver mulighed for at sammenligne konsulenternes anbefalinger med landmændenes brug af pesticider i forhold til normaldosis. Som følge af mindre forskelle mellem de to undersøgelser har det dog været nødvendigt at kumulere svarfordelingen for at kunne sammenligne svarfordelingen for landmænd og konsulenter. Med det forbehold samt med det forbehold, at undersøgelserne er gennemført på forskellige tidspunkter, viser en sammenligning, at der er en større spredning på den faktiske anvendelse end på den anbefalede. Dette tyder på, at rådgivningssystemet har en vis normaliserende indflydelse på landmændene.

Tabel 4. Planteavlskonsulenternes angivelse af deres anbefaling af forbruget af herbicider, fungicider og insekticider i forhold til normaldosis. Plant breeder advisers' indication of their recommendations on the use of herbicides, fungicides and insecticides in relation to normal doses.

Anbefaling Recommendation	%-fordeling Percentage distribution		
	Herbicider Herbicides	Fungicider Fungicides	Insekticider Insecticides
Anbefaler mere end normaldosis. (Recommend more than normal dose)	0	0	0
Anbefaler normaldosis. (Recommend normal dose)	1	1	15
Anbefaler reduktion på 1-19% ift. normaldosis. (Recommend reduction of 1-19% on normal dose)	5	2	25
Anbefaler reduktion på 20-39% ift. normaldosis. (Recommend reduction of 20-39% on normal dose)	23	19	25
Anbefaler reduktion på 40-59% ift. normaldosis. (Recommend reduction of 40-59% on normal dose)	31	29	11
Anbefaler reduktion på >60% ift. normaldosis. (Recommend reduction of >60% on normal dose)	3	23	2
Det varierer stærkt fra gang til gang (Varies widely from time to time)	31	25	20
Andet. (Other)	5	2	2

Samtidig indikerer en sammenligning, at forbruget af ukrudtsmidler og svampemidler pr. sprøjtning ville blive reduceret, såfremt landmændene slavisk fulgte rådgivningen fra planteavlskonsumenterne. Derimod ville forbruget af skadedyrsmidler pr. sprøjtning være stort set uændret.

Sammenhængen mellem konsumenternes anbefalinger og landmændenes anvendelse indikerer kun en mulig årsagssammenhæng. Undersøgelsesmaterialet bag *Landmanden og miljøet* viser dog, at mange landmænd selv tillægger konsulentsystemet stor betydning. Kun en forholdsvis lille gruppe af landmændene (14,8%) angiver, at de "aldrig" spørger planteavlskonsumenter til råds, før de sprøjter. Og 60% angiver, at planteavlskonsumenten spiller en stor rolle for såvel valg af sprøjtemiddel som dosering. Ifølge 83% af landmændene er planteavlskonsumenterne velkvalificerede eller yderst velkvalificerede (det sidstnævnte gælder for 37%'s vedkommende), og ca. 2/3 af landmændene angiver, at de betragter planteavlskonsumenterne som uvildige.

Såvel GfK-undersøgelsen som materialet bag *Landmanden og miljøet* bekræfter, at landmændene benytter sig af planteavlskonsulenternes rådgivning. GfK-materialet viser dog, at det sker i forskelligt omfang alt afhængig af rådgivningsområde og afgrødetype, jf. tabel 5.

Tabel 5. Andelen af landmænd, som modtager rådgivning fra planteavlskonsulenter opdelt på område og afgrøde. Farmers' use of plant breeder advisers' counselling grouped according to topic and crop.

Afgrøde Crop	Vinter- hvede Winter wheat	Vårbyg Spring barley	Roer Beets	Andre afgrøder Other crops	Modta- ger ikke rådgiv. No use of advisers	Landmanden (total) <i>The Farmer and the Environment</i> (total)
Rådg.område Topic						
1. Forsk. plantebeskyttelsesmidlers effektivitet. (Efficiency of various pesticides)	57	42	51	17	39	65,9
2. Dosering, der skal udbringes. (Dosage to be applied)	56	47	57	17	34	77,2
3. Udbringningstidspunktet. (Time of application)	48	35	44	15	38	73,8
4. Risikoen for vilde planter og dyr. (Risk to wild plants and animals)	17	12	17	7	53	18,6
5. Sundhedsrisikoen ved udbringning. (Health hazard during application)	13	8	10	3	59	9,2
6. Risikoen for grundvandet. (Risk to groundwater)	10	8	8	2	59	7,0

Undersøgelsesmaterialet viser, at mere end hver tredje landmand slet ikke indhenter rådgivning vedrørende plantebeskyttelsesmidlernes effektivitet, dosering og udbringningstidspunkt. Fra materialet bag *Landmanden og miljøet* ved vi imidlertid også, at det i helt overvejende grad er de mindste bedrifter, der undlader at benytte konsulentensystemet. Denne gruppe af landmænd tegner sig således for væsentligt mindre end en tredjedel af den samlede produktion.

De sidste tre rådgivningsområder vedrører direkte den miljømæssige belastning ved brugen af pesticider. Over halvdelen af landmændene mener ikke at have et behov for rådgivning på disse miljørelaterede områder. Det er næppe et uventet resultat, men det gør det ikke min-

dre betænkeligt ud fra en miljømæssig overvejelse, og det betyder med andre ord, at landmændene kun i beskeden omfang udtrykker deres behov for rådgivning på de felter, hvor den direkte miljømæssige gevinst ved en ekstern rådgivning sandsynligvis ville være størst. En anden fortolkningsmulighed kan være, at udbuddet af rådgivning på disse felter er begrænset.

Vendes blikket igen mod undersøgelsesmaterialet bag *Landmanden og miljøet* kan det sandsynliggøres, at konsulenterne gennemgående bidrager til at reducere forbruget af sprøjtemidler. Det gav landmændene nemlig udtryk for. Hermed supplerer de konsulenternes egen vurdering i spørgeskemaundersøgelsen rettet mod dem selv. Konsulenterne vurderer dog effekten af deres rådgivning mere positivt end landmændene selv, som det fremgår af tabellen nedenfor.

Tabel 6. Sammenligning mellem landmændenes angivelser af i hvilket omfang konsulenterne har påvirket deres forbrug af sprøjtemidler, og konsulenternes angivelser af i hvilket omfang de selv mener at have påvirket landmændene. Farmers' indication of the extent to which advisers have influenced their use of pesticides.

Påvirkning Influence	Konsulenter Advisers	Landmænd (<i>Landmanden & miljøet</i>) Farmers (<i>The Farmer and the Environment</i>)
	%-fordeling Percentages	%-fordeling Percentages
De har ikke påvirket mig. (They have not influenced me)	4,7	17,8
De har øget mit forbrug betydeligt. (They have increased my consumption considerably)	-	0,3
De har øget mit forbrug lidt. (They have increased my consumption a little)	0,5	1,3
De har hverken øget eller mindsket forbruget. (They have neither increased nor decreased my consumption)	(udeladt)	16,8
De har mindsket mit forbrug lidt. (They have decreased my consumption a little)	59,6	41,2
De har mindsket mit forbrug betydeligt. (They have decreased my consumption considerably)	28,5	13,5
Ved ikke. (Unresolved)	3,6	8,6
Andet. (Other)	3,1	(udeladt)
Total	100	99,5

Omkring ¾ af alle landmænd tilkendegiver, at de i varierende grad lader sig påvirke af konsulenternes rådgivning. Spørgeskemaundersøgelser mistænkes/kritiseres ofte for at fremkalde "korrekte" svar, det vil sige, at sværpersonerne formodes at have en tendens til at svare, som de forventer det vil være mest passende. Undersøgelsesmaterialet fra *Landmanden og miljøet* viser imidlertid, at der er en signifikant sammenhæng mellem landmændenes vurdering af konsulenternes indflydelse og deres angivelser af såvel den faktiske udvikling i udgiften til sprøjtemiddel pr. ha. som den skønnede udvikling i miljøbelastningen.

Aldersvariablen kan ikke forklare nogen variation i landmændenes tilbøjelighed til at lade sig påvirke, mens undersøgelsesmaterialet omvendt viser, at det er de største og mest specialiserede brug, der især benytter sig af rådgivningen. Dette indtryk bestyrkes af andre kørsler, som viser, at navnlig de meget specialiserede bedrifter er flittige brugere af rådgivnings-systemet. I forlængelse heraf kan der i svarmaterialet spores en vis sammenhæng mellem tilbøjeligheden til at benytte konsulent-systemet og den miljømæssige adfærd; desto hyppigere anvendelse af konsulent-systemet, desto mindre miljømæssigt belastende adfærd. Parallelt hermed viser undersøgelsesmaterialet, at det især er de mindre bedrifter og her navnlig deltidsbedrifterne, der tegner sig for en overgennemsnitlig andel af det samlede forbrug af sprøjtemidler. Blandt de specialiserede planteproducenter er forbruget af sprøjtemidler navnlig stort blandt de ældre landmænd.

Landmandens benyttelse af konsulent-systemet afhænger også af hans vurdering af, hvor *kvalificeret* og *uvildig* konsulenten vurderes at være. Det fremgår således, at de (få) landmænd, der har en negativ eller forbeholden vurdering af rådgivningens kvalitet, ikke anvender den i nær samme omfang som de landmænd, der forholder sig mere positivt til kvaliteten af rådgivningen. En helt tilsvarende sammenhæng finder man mellem landmændenes vurdering af rådgivningens uvildighed og deres brug af den. Mens 78% af de landmænd, der anser plantekonsulenten for uvildig, bruger ham eller hende fra tid til anden eller næsten hver gang, så gælder det samme kun for 63% af de landmænd, der anser konsulenten for ikke at være uvildig, mens tallet kun er 36% for de sværpersoner, der (taktfuld) har svaret "ved ikke" på dette nærgående spørgsmål.

Nærmere undersøgelser viser, at der er et vist sammenfald mellem de landmænd, der sætter spørgsmålstegn ved rådgivningens uvildighed, og dem, der anfægter dens kvalitet. Dette forhold kan næppe overraske. Det er imidlertid langt fra sådan, at det ene forhold kan siges at forklare det andet, og begge dele har en signifikant selvstændig indflydelse på brugen af konsulent-systemet.

Sammenhængen mellem konsulenternes holdninger og deres rådgivning

Slår konsulenternes holdninger til miljø og økonomi i landbrugsproduktionen igennem i deres rådgivning af landmændene? Med henblik på at undersøge en mulig sammenhæng er såvel de fire tidligere omtalte holdningsspørgsmål som de fire adfærdsmål for rådgivningen sammenholdt. I tabel 7 er sammenfattet sammenhængen mellem de nævnte adfærds- og holdningsmål. Bag hvert felt i tabellen ligger en tabel, som angiver sammenhængen mellem det holdningsmål,

der er angivet i tabelhovedet i øverste række, og det mål for adfærdens (rådgivningen), der er angivet i forsiden længst til venstre.

Tabel 7. Relationen mellem rådgivning/anbefaling og holdning. The relation between advice/recommendation and attitude.

Holdning: Attitude	Placering på alternativ- konventionel skala Position on alternative- conventional scale	Personligt ansvar for mængden af pesticider Personal responsibility for quantity of pesticides	Overvejelser over miljøbelastning fra pesticider Consideration about environmental impact of pesticides	Miljøhensyn versus økonomihensyn Environmental versus economic considerations
Rådgivning/ anbefaling Counselling/ recommendation				
Har rådgivningen øget eller mindsket pesti- cidforbruget? (Has counselling increased or decrease pesticide use)			*	*
Anbefalet dosering af herbicider. (Recommended dosing of herbicides)			*	(*)
Anbefalet dosering af fungicider. (Recommended dosing of fungicides)		(*)		
Anbefalet dosering af insekticider. (Recommended dosing of insecticides)		*		

Med et * er angivet de sammenhænge, som er statistisk stærkt signifikante, mens svagere sammenhænge er angivet med (*), og de tomme felter angiver, at vi ikke har kunnet måle nogen sammenhæng. Når der ikke i søjlen under "placering på alternativ-konventionel skala" er nogle stjerner, er det med andre ord et udtryk for, at der ikke er nogen statistisk sammenhæng mellem konsulentens placering på denne skala og rådgivningen med hensyn til at øge eller mindske pesticidforbruget eller med hensyn til dosering af herbicider, fungicider eller insekticider.

Dette kan umiddelbart siges at støtte den vurdering, at rådgiverens holdning til miljøspørsgsmål ikke slår igennem i rådgivningen til landmanden. Dette ville være en overforenkling at forvente direkte sammenhæng mellem konsulenternes placering på den ovenfor beskrevne holdningsskala på den ene side og deres rådgivningsadfærd på den anden. Konsulenter i den alternative ende af skalaen behøver ikke nødvendigvis at opfatte løsningen på miljøproblemerne som et individuelt ansvar. Selv hvis de gør, kan de som konsulenter mene, at dette ansvar er landmandens og ikke konsulentens. Denne tolkning styrkes af, at det især er spørgsmålet om personligt ansvar for den udbragte mængde pesticider, der slår igennem i rådgivningen/anbefalingerne.

Det er heller ikke muligt at finde nogen sammenhæng mellem konsulenternes egen angivelse af deres påvirkning af landmændenes forbrug af pesticider og baggrundsvARIABLE såsom alder, køn, uddannelse eller organisationstilhørsforhold. Den manglende sammenhæng er en yderligere indikation på, at rådgivningen sker ud fra det samme grundlag. Det grundlag må betragtes som fagligt i den betydning, at såvel økonomi- som miljøhensyn kan indgå i rådgivningen.

Planteavlskonsulenternes vurdering af informations- og rådgivningsværktøjer

Sprøjteplaner

Som det fremgår af tabel 8, udarbejdes der mange sprøjteplaner. Samtidig tillægges de nogen betydning for landmændenes forbrug af pesticider; 54% af planteavlskonsulenterne tillægger sprøjteplanen en stor rolle for landmændenes valg af pesticider, mens 48% vurderer, at de spiller en stor rolle for landmændenes beslutninger om dosering.

Tabel 8. Konsulenternes angivelse af andelen af landmænd, der får udarbejdet en sprøjteplan i forbindelse med markplanlægning*. Advisers' indications of the percentage of farmers who have a spraying plan drawn up in connection with their field planning(*)).

Andel af landmænd Percentage of farmers	Konsulenternes angivelse Advisers' indication
Under 10% af landmændene. (Less than 10 per cent of the farmers)	22%
Mellem 10-20% af landmændene. (Between 10 and 20 per cent of the farmers)	17%
Mellem 20-40% af landmændene. (Between 20 and 40 per cent of the farmers)	16%
Over 40% af landmændene. (More than 40 per cent of the farmers)	45%

* Eksempelvis angiver 22% af konsulenterne, at under 10% af landmændene får udarbejdet en sprøjteplan. (*) For example, 22 per cent of the advisers state that less than 10 per cent of the farmers have a spraying plan drawn up.

Der er nogen variation i konsulenternes angivelser. Det er en indikation på, at sprøjteplanens berettigelse vurderes forskelligt af konsulenterne, og det må også betyde, at der er visse rådgivningsområder, hvor det kun er et fåtal af landmændene, der får en sprøjteplan. Undersøgelsesmaterialet viser i øvrigt også en forskel regionsvis, idet der på den ene side er forholdsvis mange landmænd på Fyn og i Sønderjylland, i Sydjylland samt til dels på Øerne og i Nordjylland, der får udarbejdet sprøjteplaner. På den anden side skiller Midt- og Vestjylland samt Østjylland sig ud ved en noget lavere andel af landmænd, der får udarbejdet sprøjteplaner.

Informationsmateriale

Planteavlskonsulenterne vurderer, at de generelt modtager tilstrækkeligt med informationsmateriale om pesticider. Hver fjerde planteavlskonsulent tilkendegiver dog samtidig, at der mangler informationsmateriale fra uafhængige kilder. Informationsmateriale fra Landskontoret i Skejby tillægges generelt stor værdi, og kun et fåtal mener, at materialet er af mindre betydning. Materiale fra Danmarks JordbrugsForskning vurderes noget lavere, idet mere end hver femte konsulent er af den opfattelse, at materialet kun har lille eller ingen værdi.

Næsten hver anden konsulent efterlyser information, hvor "der ... oplyses bedre om betingelser og risiko ved at bruge lav dosering". Samtidig tilkendegiver hver tredje planteavlskonsulent, at "der burde oplyses bedre om risikoen for de vilde planter, insekter og dyr ved brugen af pesticider". Undersøgelsesmaterialet indikerer dermed et behov hos konsulenterne for bedre information på et vitalt område i relation til pesticiders miljømæssige belastning.

Det er tidligere blevet nævnt, at både miljø- og økonomihensyn indgår i den faglige rådgivning, men det synes at være et afgørende kriterium for at inddrage miljøsiden i rådgivningen, at konsulenterne kender konsekvenserne heraf for landmandens økonomiske udbytte. Der er således grund til at være opmærksom på den nuværende indsats og prioritering af forsøg, der giver grundlag for information til planteavlskonsulenterne om betingelser og risiko ved at bruge lav dosering af pesticider. Konsulenterne har tilkendegivet, at de ønsker en opprioritering på området.

Denne tolkning skal også ses i lyset af, at flere planteavlskonsulenter har anført "egne forsøg" som et væsentligt informationsgrundlag. Det understøtter en formodning om, at "learning by doing" tillægges stor betydning inden for området, og formodningen underbygges ydermere ved, at over 70% af konsulenterne tilkendegiver, at "egne erfaringer" spiller en stor rolle for landmandens valg af pesticider. Dermed understreges det - i følge konsulenterne - at adfærd og ændret adfærd formes gennem praktiske øvelser og handlemåder, der viser sig hensigtsmæssige og levedygtige. Landmændene kan ikke belæres eller "opdrages" til at sikre en optimal sprøjteindeksats i forhold til behovet, men de kan gennem eksemplets magt påvirkes til at handle anderledes.

Planteavlskonsulenter og uddannelse

Planteavlskonsulenterne blev i spørgeskemaet præsenteret for to spørgsmål, som vedrører kvaliteten af såvel konsulenternes grunduddannelse som de faglige efteruddannelsesaktiviteter for konsulenterne i forhold til landmændenes behov for rådgivning om brug af pesticider.

Materialet viser, at omkring 57% af konsulenterne vurderer kvaliteten af grunduddannelsen til at være enten meget god eller god. Mere bemærkelsesværdig og overraskende er det, at et ganske betydeligt mindretal på hele 43% af konsulenterne set under et vurderer grunduddannelsen til at være af mindre god eller sågar af dårlig kvalitet. Blandt konsulenter med en agronomuddannelse er det 45%, som rangerer kvaliteten af uddannelsen lavt, mens 28% af konsulenterne med en landbrugsteknikeruddannelse bag sig (udgør 17% af respondenterne) tilslutter sig det synspunkt. En sådan vurdering fra planteavlskonsulenternes side må formentlig give anledning til overvejelse om at styrke indsatsen på grunduddannelsen omkring de discipliner og fag, som skal klæde konsulenterne på til mødet med landmændenes efterspørgsel efter rådgivning om brug af pesticider.

Der viser sig at være en signifikant sammenhæng mellem vurderingen af kvaliteten af grunduddannelsen og tidspunktet for gennemførelse af uddannelsen. Sammenhængen for alle konsulenter uanset uddannelsesmæssig baggrund fremgår af tabel 9. Det er kun for konsulenter med en agronomuddannelse bag sig, at der kan spores en signifikant sammenhæng.

Tabel 9. Sammenhængen mellem tidspunkt for gennemførelse af grunduddannelse og vurdering af uddannelsens kvalitet. The correlation between the evaluation of the quality of the basic education and the year of graduation.

Tidspunkt for gennemførelse Year of graduation	Før 1970 Before 1970	1970-1980	1980-1990	Efter 1990 After 1990	Total
Vurdering af uddannelse (Evaluation)					
Meget god kvalitet. (Very good quality)	30,0	40,0	8,1	3,4	14,9
God kvalitet. (Good quality)	35,0	42,9	44,6	40,7	42,0
Mindre god kvalitet. (Mediocre quality)	25,0	17,1	37,8	39,0	33,0
Dårlig kvalitet. (Poor quality)	10,0	-	9,5	16,9	10,1
I alt pct. (Total percentage)	10,6	18,6	39,4	31,4	100,0
N	20	35	74	59	188

Tallene viser, at desto senere man har gennemført sin grunduddannelse desto større utilfredshed med kvaliteten. Hele 56% af dem, som har gennemført uddannelsen efter 1990, karakteriserer uddannelsen som værende af mindre god eller dårlig kvalitet, mens "kun" 24% af de konsulenter, som gennemgik uddannelsen før 1980, kan erklære sig enig heri. Sammenhængens retning understreger i virkeligheden den ringe bedømmelse af grunduddannelsen, idet det må antages, at de senest uddannede har en skarpere erindring om uddannelsens indhold i relation til landmændenes behov for rådgivning om brug af pesticider. Omvendt vil de ældre og mere rutinerede konsulenter uvilkårligt sammenblande grunduddannelsens indhold med deres i gennem mange år opbyggede erfaring "i marken" og dermed overvurdere kvaliteten af grunduddannelsen.

De nyuddannede kan med andre ord huske uddannelsens indhold omkring brug af pesticider, og samtidig bliver de i de konkrete rådgivningssituitioner i højere grad end de mere erfarne planteavlkskonsulenter konfronteret med mangelen på samme, fordi de endnu ikke har opbygget et solidt, alternativt erfningsgrundlag for rådgivningen. I forlængelse heraf kan det tilføjes, at 47% af dem, som har afsluttet grunduddannelsen mellem 1980 og 1990, ligeledes vurderer uddannelsen til at være af mindre god eller dårlig kvalitet. Dermed rangeres uddannelsen også lavt på trods af nogen erfaring, og det kan indikere, at uddannelsens indhold omkring brugen og doseringen af pesticider er ændret over årene med et lavere udbytte for de studerende til følge.

Den lave rangering af grunduddannelsens kvalitet sættes i relief af fordelingen af svarene på spørgsmålet om kvaliteten af de faglige efteruddannelsesaktiviteter i forhold til landmændenes behov for rådgivning om brug af pesticider. 80% af konsulenterne tildeler efteruddannelsesaktiviteterne prædikatet "meget god" eller "god" kvalitet. Kun en enkelt respondent vil hæfte betegnelsen "dårlig kvalitet" på efteruddannelsesaktiviteterne, mens der trods alt var 19 konsulenter, som gav det skudsmał til grunduddannelsens kvalitet.

Planteværnsgrupperne

Landmændene og planteværnsgrupperne

Svarmaterialet bag *Landmanden og Miljøet* omfattede som tidligere nævnt 1549 besvarelser fra en tilstræbt repræsentativ gruppe af landmænd. Herudover indgik desuden en gruppe på ca. 400 landmænd, der deltog i såkaldte planteværnsgrupper. Ved at vægte svarmaterialet fra den repræsentative gruppe med hensyn til brugers alder, areal og bedriftstype var det muligt at gennemføre en række analyser, hvori landmændene i planteværnsgrupperne blev sammenlignet med en næsten tilsvarende gruppe af landmænd, som ikke deltog i sådanne grupper.

Forskellene mellem de to grupper er statistisk signifikante, undtagen hvad angår udgiften til sprøjtemidler i forhold til samlede driftsudgifter i 1993 og doseringen af insekticider.

Tabel 10. Forskelle i miljøadfærd blandt deltagere i planteværnsgrupper sammenholdt med vægetet kontrolgruppe (tilnærmede gennemsnitstal). Differences in environmental behaviour among participants in crop protection groups compared with weighted control group (approximate average).

	Planteværns- gruppe Crop protection group	Vægetet kontrolgruppe Weighted control group
Ændring i forbrug af handelsgødning 1990-1993 (%). (Change in consumption of commercial fertiliser 1990-1993 (%))	-11,0	-9,2
Ændring i udgift til sprøjtemidler 1990-1993 (%). (Change in pesticide expenses 1990-1993 (%))	-16,3	-12,7
Ændring i miljøbelastning fra brug af ukrudtsmidler 1990-1993 (%). (Change in environmental impact of herbicides 1990-1993 (%))	-17,6	-13,9
Udgift til sprøjtemidler 1993 i fht. samlede driftsudgifter (%). (Expenses of pesticides 1993 in relation to total operating costs (%))	5,3	5,5
Gnst. dosering pr. gang, ukrudt, i fht. anbefalet normaldosis (%). (Average herbicide dose per spray in relation to recommended normal dose (%))	36	55
Gnst. dosering pr. gang, svampe, i fht. anbefalet normaldosis (%). (Average fungicide dose per spray in relation to recommended normal dose (%))	27	44
Gnst. dosering pr. gang, insekter, i fht. anbefalet normaldosis (%). (Average insecticide dose per spray in relation to recommended normal dose (%))	53	56

I tabel 11 er angivet landmændenes vurdering af, hvorledes deltagelsen i planteværnsgruppen har påvirket udgiften til sprøjtemidler fra 1990 til 1993. Sammenligner man procentfordelingen for de tre kolonner er det tydeligt, at forbruget faktisk er reduceret betydeligt i specielt nogle planteværnsgrupper. Det er imidlertid ikke muligt på grundlag af undersøgelsesmaterialet at analysere baggrunden for disse forskelle.

Sammenfattende kan undersøgelsesresultaterne siges at bekræfte, at deltagelsen i planteværnsgrupper - i lighed med rådgivningen generelt - har en ikke uvæsentlig indflydelse på deltagernes miljøadfærd. En indflydelse, der generelt må skønnes at være til gavn for miljøet. Deltagerne i planteværnsgrupperne fremhævede især fordelene ved, at "man ansporer hinanden

til at gå nye veje", at "man kommer i dybden med problemerne", og at "det er en effektiv måde at lære nyt" på. I det hele taget var deltagernes vurdering af grupperne overvejende positiv.

Tabel 11. Landmændenes vurdering af, hvorledes deltagelsen i planterværnsgruppen har påvirket forbruget af sprøjtemidler sammenholdt med den angivne udvikling i udgiften til sprøjtemiddel pr. ha 1990-1993. Farmers' evaluation of the effect that their participation in crop protection groups has had on the use of pesticides compared with the stated development in the expenses for pesticides per hectare in the period from 1990 to 1993.

Planteværnsgruppen har The crop protection group has Udgiften er Development in expenses	Ikke påvirket forbruget Not effected consumption	På nogle områder øget, på nogle formindsket det* In some areas increased, in some reduced consumption	Reduceret forbruget Reduced consumption	Total
Udgiften steget. (Expenses increased)	3,6	2,0	1,5	1,9
Udgiften uændret (Expenses unchanged)	29,1	38,0	13,1	18,8
0-10% reduktion (0-10% reduction)	18,2	24,0	23,5	22,8
10-19% reduktion (10-19% reduction)	32,7	24,0	29,5	29,2
20-29% reduktion (20-29% reduction)	9,1	10,0	19,0	16,4
30-39% reduktion (30-39% reduction)	7,3	2,0	7,5	6,7
over 40% reduktion (> 40% reduction)	-	-	6,0	4,3
Total	100	100	100	100
N	55	50	268	373
Tilnærmet gennemsnit (Approximate average)	10,1	7,7	15,4	13,6

* Én svarperson, som har angivet et øget forbrug som følge af deltagelsen i planterværnsgruppen, er medtaget i denne kategori. One respondent who indicates having increased his use of pesticides as a result of his participation in a crop protection group has been included in this category.

Det var en gennemgående hypotese i *Landmanden og miljøet*, at man kunne forvente en sammenhæng mellem landmændenes holdning (udtrykt ved placeringen på en såkaldt likert-skala) og deres miljøadfærd. Man skulle således forvente, at landmænd, som på mange punkter gav udtryk for "alternative" synspunkter, også ville have en mere grøn miljøadfærd end andre

landmænd. Denne tendens viste sig imidlertid at være ganske svag, og sammenligner man planteværnsgrupperne med den vægtede kontrolgruppe, er der faktisk ingen sammenhæng at spore, idet fordelingen på holdningsskalaen var praktisk taget den samme for de to grupper.

Konsulenterne og planteværnsgrupperne

I spørgeskemaundersøgelsen til planteavlskonsulenterne er både andelen af landmænd, der deltager i ERFA-grupper omkring planteværn i den enkelte konsulents rådgivningsområde, og andelen af arealet, som disse landmænd repræsenterer, blevet forsøgt opgjort. 9 ud af 10 konsulenter angiver, at under 50% af arealet er repræsenteret ved de landmænd, som deltager i ERFA-grupper omkring planteværn. Umiddelbart indikerer svartilkendegivelserne, at et væsentligt værktøj i bestræbelserne på at sikre en bedre og mere optimal sprøjteindsats i forhold til behovet ikke udnyttes i særligt omfang. Det gælder i øvrigt på tværs af regioner, idet der ikke kan konstateres nogen sammenhæng mellem planteavlskonsulenternes geografiske placering og såvel deres angivelse af andelen af landmænd, som deltager i ERFA-grupper på planteværnsområdet som den andel af arealet, disse landmænd repræsenterer.

Konsulenterne blev samtidig spurgt, om de opfordrer landmændene til at deltage i disse grupper. Svarfordelingen på de tre svarkategorier ser sådan ud.

Tabel 12. Konsulenternes opfordring til landmænd om at deltage i planteværnsgrupper.
Advisers' recommendation to farmers on participation in crop protection groups.

Opfordring til deltagelse	% - fordeling
	Percentages
Ja, hvor det overhovedet er relevant. (Yes, whenever it is relevant)	52
Ja, men kun i begrænset omfang. (Yes, but only to a limited extent)	39
Nej. (No)	9
Total	100

52% af respondenterne placerer sig i den første svarkategori, og det må også betragtes som ganske logisk ud fra formuleringen af svarkategorienes tekst. Egentlig kunne man have forventet en langt større andel i denne kategori. Det er derfor mere overraskende, at næsten halvdelen af konsulenterne ikke opfordrer landmændene til at deltage i ERFA-grupper omkring planteværn, *når det er relevant*.

Det er specielt planteavlskonsulenterne på Fyn og i Nordjylland, der ikke finder det så relevant at opfordre landmændene til at deltage i ERFA-grupper. Omvendt tilkendegiver over 60% af konsulenterne i Midt- og Vestjylland samt i Østjylland, som det fremgår af tabellen, at de opfordrer landmændene til at deltage i ERFA-grupper på planteværnssiden, hvor det overhovedet er relevant. Kun et fåtal af konsulenterne finder slet ikke anledning til at opfordre landmændene til deltagelse, men det kan alligevel overraske, at næsten 14% af konsulenterne i

det østjyske område ikke finder anledning hertil, når omvendt så forholdsvis mange af deres kolleger i området opfordrer til deltagelse.

Konsulenternes opfordringer til landmændene om at deltage i ERFA-grupperne synes ikke at modsvare deres vurderinger af ERFA-gruppernes betydning for landmændenes valg af pesticider og deres beslutning om dosering. Omkring 70% af planteavlkskonsulenterne tilkendegiver således, at informationen via deltagelse i ERFA-grupper omkring planteværn spiller en 'stor rolle' for landmandens valg af pesticider og beslutningen om dosering. ERFA-gruppernes betydning bekræftes ligeledes på spørgsmålet om effekten af en række forhold for ændringen i den miljømæssige belastning som følge af forbruget af pesticider. 34% af konsulenterne vurderer således, at deltagelse i ERFA-grupperne på planteværnsområdet har haft en stor positiv effekt, mens 55% placerer sig i kategorien "nogen positiv effekt".

Den tentative konklusion synes således at være, at planteavlkskonsulenterne på den ene side anerkender planteværnsgruppernes store betydning, og på den anden side er de mere tilbageholdende med at tilskynde landmændene til at udnytte mulighederne via et sådant samarbejde. Dermed identificeres også en mulighed for at sikre en bedre udnyttelse af pesticidforbruget, der ikke udnyttes i tilstrækkeligt omfang. Den endelige konklusion må imidlertid også bero på en vurdering af, om der anvendes andre og alternative metoder til ERFA-grupperne, og om de har større betydning og effekt for en hensigtsmæssig udnyttelse af pesticider.

Det kan ikke udelukkes, at information, rådgivning og udveksling af erfaringer mellem landmænd omkring brugen af pesticider finder sted i andre ERFA-grupper, der er oprettet med et bredere formål end blot planteværn for øje. Disse grupper er måske ikke medregnet i respondenternes svartikendegivelser, fordi vi har spurgt "Hvor stor en andel af landmændene i dit rådgivningsområde deltager i ERFA-grupper (planteværn)?". Således skriver en konsulent i en kommentar, at "ERFA-grupper er en ting, der var gode i begyndelsen. Men tiden er løbet noget fra disse grupper. Der findes andre og bedre metoder i dag".

Kommentaren fra en anden konsulent er, at "planteværnsgrupper er idioti". Derimod opfordrer han landmændene stærkt til at gå ind i brede ERFA-grupper, hvor alt fagligt diskuteres, eksempelvis jordbehandling, sorter, planteværn, såtider m.m. Synspunktet deles af andre konsulenter i deres kommentarer. Desuden angiver flere, at de i vækstsæsonen hovedsagelig foretager individuelle, aftalte besøg eksempelvis 5 gange 1-2 timer.

Der kan heller ikke ses bort fra, at en vis del af modviljen mod planteværnsgrupperne skyldes, at de har det klare sigte at nedbringe pesticidforbruget, og at detude hos medlemmerne i de landøkonomiske foreninger i for høj grad betragtes som 'medløberi' i forhold til miljøorganisationernes og Miljøstyrelsens iver efter at nedbringe pesticidforbruget. En del landmænd vil givetvis føle, at deltagelse i brede ERFA-grupper i højere grad sker på deres egne præmisser.

Uanset disse forklaringer ændrer det ikke på det faktum, at kun en mindre del af arealet og en langt mindre del af landmændene er repræsenteret i grupper med det primære formål at diskutere og indhøste erfaringer omkring planteværn. Og den kendsgerning skal ses i lyset af, at der i 1989 iværksattes Projekt Planteværnsgrupper med delvis støtte fra Miljøstyrelsen. Formålet var at udbrede de succesrige, brede ERFA-grupper til også at omfatte bekæmpelses-

middelområdet, således at landmændene gennem erfaringsudveksling hurtigt kunne tage nye metoder i brug hvad angår lavere dosering af sprøjtemidler. Hver gruppe bestod i begyndelsen af otte landmænd og med en planteavlskonsulent tilknyttet. På otte markmøder på skift hos landmændene orienterede man hinanden om eksperimenter f.eks. doseringsvinduer og gav hinanden gode råd.

Initiativet blev meget vel modtaget af landmændene, som i en første evaluering gav udtryk for, at de fik et stort udbytte af rådgivningsformen. Erfaringsudveksling og diskussioner i gruppen var en stor hjælp i deres vurdering og valg af bekämpelsesmetode. De gode erfaringer medvirkede til, at der blev udarbejdet en Strategiplan 1997, hvor et af målene var "at få oprettet et stort antal planteværnsgrupper over en kort årrække, så flest mulige landmænd herigennem kan få en intensiv og dybtgående planteværnsrådgivning".

Konklusion

Indledningsvis er der grund til at slå fast, at datagrundlaget fra de tre undersøgelser ikke tillader at afgrænse særligt miljøbelastende grupper af landmænd. Det skal også tilføjes, at undersøgelsesmaterialet bag *Landmanden og miljøet* udpeger primært de store brug til at gøre flittigst brug af konsulentsystemet, der generelt påvirker landmændene til at mindske forbruget af pesticider. Samtidig viser GfK-materialet, at de store brug hurtigere foretager strategiskift med henblik på at benytte metoder, der kan reducere forbruget af pesticider.

Undersøgelsesmaterialet indikerer med nogen styrke, at landmændene gennem eksemplets magt kan påvirkes til at handle anderledes. Adfærd og ændret adfærd formes således gennem praktiske øvelser og handlemåder. Det underbygges af, at rådgivning og erfaringsudveksling gennem planteværnsgrupper har en positiv indflydelse på miljøadfærdens. Til gengæld har generel information som f.eks. "Godt landmandsskab" beskeden effekt på landmændenes beslutningsadfærd.

Langt hovedparten af landmændene vil ikke omlægge til økologisk produktion. Det er ikke et overraskende resultat. Derimod kan man med nogen større ret hæfte sig ved, at 10% af landmændene tilkendegiver, at de overvejer at omlægge.

Konsulentsystemet nyder generelt stor respekt blandt landmændene, og undersøgelsesmaterialet viser klart, at landmændene lytter til planteavlskonsulenterne. Både landmændenes egne og planteavlskonsulenternes tilkendegivelser giver samtidig fuldt ud grundlag for at konkludere, at konsulenterne har stor positiv indflydelse på landmændenes miljømæssige adfærd. I den forbindelse skal det også nævnes, at rådgivningseffektens størrelse klart synes at afhænge af landmændenes tiltro til konsulentsystemets uvildighed.

Spørgeskemaundersøgelsen blandt planteavlskonsulenterne giver kun mulighed for at identificere en ganske svag sammenhæng mellem på den ene side konsulenternes egne holdninger til landbrugsproduktion, bedrifsstruktur og miljømæssige forhold og på den anden side deres rådgivning af landmændene. Dette kan tolkes som udtryk for, at planteavlskonsulenterne tilstræber et fagligt, uvildigt rådgivningsideal. Hovedparten af landmænd giver udtryk for, at de

også lever op til det; to tredjedele af landmændene i undersøgelsesmaterialet bag *Landmanden og miljøet* tilkendegiver således, at rådgivningen er uvildig.

Samtidig giver undersøgelsen belæg for, at konsulenterne - i øvrigt uanset alder, køn og ansættelsessted - i høj grad er bevidste om de miljømæssige forhold ved landbrugsproduktionen generelt og pesticidforbruget specifikt. Eftersom der tilstræbes et uvildigt rådgivningsideal, er det imidlertid sandsynligt, at planteavlskonsulenterne kun inddrager miljøsiden i rådgivningen, såfremt de kan informere landmanden om konsekvenserne ved en mere miljørigtig behandling for det driftsøkonomiske udbytte.

Den forudsætning synes ikke at være opfyldt. Næsten halvdelen af konsulenterne giver således udtryk for, at der burde oplyses bedre om betingelser og risiko ved at bruge lav dosering, mens en tredjedel tilkendegiver, at der burde oplyses bedre om risikoen for de vilde planter, insekter og dyr. Dertil kommer, at konsulenterne vurderer kvaliteten af grunduddannelsen lavt i forhold til landmændenes behov for rådgivning om pesticider. Specielt de nyuddannede med en agronomuddannelse rangerer kvaliteten lavt, og det understreger blot den ringe bedømmelse, eftersom de nyuddannede har uddannelsen i frisk erindring.

Disse informationsproblemer og uddannelsesmæssige skavanker kan muligvis samtidig forklare den rimeligt store variation i konsulenternes anbefalede reduktion i pesticidforbruget i forhold til normaldosis. Konsulenternes efterlysnings af informationer på et vitalt område i miljømæssig henseende samt deres påpegnings af grunduddannelsens lave kvalitet understreger tydeligt, at der er grundlag for en yderligere reduktion i pesticidforbruget ved at satse yderligere på forsøg, forskning og uddannelse. Konsulent-systemet er parat til at formidle en viden, der tilgodeser miljøet, og landmændene lytter.

Det gør dog ikke opgaven mindre vanskelig, at over halvdelen af landmændene tilkendegiver, at de ikke tror, at de kan reducere pesticidforbruget yderligere med deres nuværende afgrødesammensætning.

Litteratur

- Bager T. & Søgaard V. 1994. Landmanden og miljøet. Sydjysk Universitetscenters Forlag.
- Landbrugets Informationskontor. 1990. Projekt Planteværnsgrupper. Midtvejsrapporten.
- Rydahl P. & Secher B.J.M. 1994. PC-Planteværn - perspektiver for at reducere forbruget af plantebeskyttelsesmidler (pesticider). Statens Planteavlfsforsøg.
- Svendsen S.V., Søgaard V. & Just F. 1997. Landmanden, konsulenten og pesticidforbruget. Rapport til Bekæmpelsesmiddelkontoret, Miljøstyrelsen.
- Svendsen S.V., Søgaard V. & Just F. 1997. Farmers, advisers and the use of pesticides. Report to the Danish Environmental Protection Department. South Jutland University Press.

Optimale herbicidblandinger til ukrudtsbekämpelse i bederoer

Optimising herbicide mixtures for weed control in sugar beets

Solvejg Kopp Mathiassen & Per Kudsk

Danmarks JordbruksForskning

Afdeling for Plantebeskyttelse

Forskningscenter Flakkebjerg

DK-4200 Slagelse

Summary

The joint-action of different herbicides used in sugar beets was assessed in pot experiments by applying the Additive Dose Model. Mixtures of triflusulfuron and metamitron or phenmedipham+ethofumesate followed ADM while mixtures of triflusulfuron and phenmedipham+desmedipham+ethofumesate and mixtures of metamitron and either phenmedipham, phenmedipham+ethofumesate or phenmedipham+ethofumesat+desmedipham followed ADM or performed slightly better than predicted by ADM. Consequently, in the future sugar beet model in PC Plant Protection it will be possible to optimize the composition of a herbicide mixture.

Indledning

Bekämpelse af tokimbladet ukrudt i bederoer har i mange år primært været baseret på anvendelse af metamitron (Goltix WG m.fl.) og phenmediphamprodukter udsprøjtet i blanding. Udviklingen er i de senere år gået hen imod en tidligere indsats, lavere doseringer og hyppigere sprøjtninger. Den almindelige anbefaling er således, at ukrudtsbekämpelsen bør påbegyndes efter roernes fremspirling, mens ukrudtet er på kimbladstadiet, og som udgangspunkt bør der påregnes en 3-delt indsats, hvor en ny sprøjtning udføres, når det nyfremspirede ukrudt er på kimbladstadiet.

Antallet af aktivstoffer, som må anvendes i roer, er forholdsvis begrænset, og flere af herbiciderne har været på markedet i mere end 20 år. Der er derfor en stor viden om disse midlers stærke og svage sider. Det er i reglen nødvendigt at anvende en tankblanding indeholdende flere herbicider for at opnå en tilfredsstillende bekämpelse af ukrudtet. Den forholdsmaessige sammensætning af tankblandingen er hidtil blevet justeret efter bedste skøn i forhold til ukrudtsfloraen på den aktuelle mark.

Metamitron indgår ofte som en komponent i blandingen, dels på grund af en god effekt over for kamille-arter, enårig rapgræs (*Poa annua L.*) og sort natskygge (*Solanum nigrum L.*),

dels på grund af jordeffekten, som kan hindre sen fremspirling af ukrudt. Den anden komponent er ofte et phenmediphamprodukt, som kan indeholde 2-3 aktivstoffer. Phenmediphamp alene har en rimelig god effekt over for en lang række tokimbladede ukrudtsarter. I blanding med ethofumesat forstærkes effekten over for specielt pileurt-arterne. Yderligere tilslætning af desmediphamp forbedrer effekten over for raps. Endelig er det muligt at anvende triflusulfuron (Safari), som er et forholdsvis nyt herbicid, der blev markedsført i Danmark i 1996. Triflusulfuron optages primært gennem bladene og kan med fordel indgå i blandingen, hvor specielt korsblomstrede arter, burresnerre (*Galium aparine* L.) og hundepersille (*Aethusa cynapium* L.) er et problem. Uanset hvilke aktivstoffer der indgår i blandingen, tilslættes som reglen ølie til sprøjtevæskeren.

Der er i de senere år blevet arbejdet på at udvikle et modul til PC-Planteværn til vejledning i ukrudtsbekämpelse i bederoer (Rydahl, 1995; Rydahl, 1998). Det er i denne sammenhæng nødvendigt ikke blot at kende effekten af de enkelte herbicider på forskellige ukrudtsarter men også at have kendskab til vekselvirkning mellem midlerne med henblik på at kunne sammensætte optimale løsninger, hvor både doseringen og forholdet mellem herbiciderne tilpasses den aktuelle flora.

Principperne og den forsøgsmæssige baggrund for optimering af herbicidblandinger er tidligere blevet beskrevet (Kudsk & Mathiassen, 1997; Rydahl, 1997). Denne artikel omhandler det forsøgsarbejde, som er udført med aktuelle herbicidblandinger i bederoer.

Materialer og metoder

Der er i 1995, 1996 og 1997 udført i alt 9 semifieldforsøg. De fleste forsøg er udført med 2 testplanter - raps (*Brassica napus* L.) og sort natskygge; i et enkelt forsøg var testplanterne fuglegræs (*Stellaria media* L.) og burresnerre. Planterne er dyrket i væksthus i 2 l's potter i en jord:sand:sphagnumblanding (2:1:1 w/w) tilsat alle nødvendige næringsstoffer. Potterne blev undervandet automatisk flere gange dagligt. Inden sprøjtning blev antallet af planter pr. potte reduceret til et ens antal.

Sprøjtningerne blev udført i en pottesprøjte. Der blev anvendt Hardi 4110-14 dyser og en væskemængde på mellem 148 og 162 l/ha. Planterne blev sprøjted med en doseringsrække af de rene herbicider samt et antal blandinger, hvor forholdet mellem de 2 undersøgte herbicider blev holdt konstant. Følgende herbicider var medtaget i forsøgene: Triflusulfuron (Safari, 500 g/kg), metamitron (Goltix WG, 700 g/kg), phenmediphamp (Betanal SC, 180 g/kg), ethofumesat (Ethosat, 500 g/l), phenmediphamp+ethofumesat (Betaron, 80+100 g/l) og phenmediphamp+desmediphamp+ethofumesat (Betanal Optima, 75+15+115 g/l). Alle herbiciderne blev udsprøjted i blanding med 0,5 l/ha af et olieadditiv (Agrirob). Planterne blev høstet 3-4 uger efter sprøjtning.

Forsøgene blev opgjort ved hjælp af nonliniære regressioner, idet følgende logistiske modeller blev fittet til friskvægtsresultaterne:

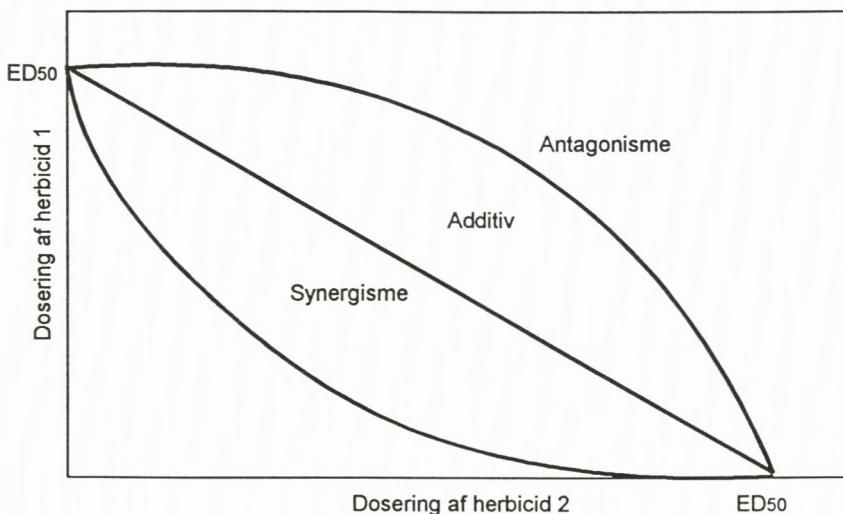
$$U = \frac{D - C}{1 + \exp(2b(\log(ED_{50}) - \log(z)))} + C \quad (1)$$

$$U = \frac{D - C}{1 + \exp(2b(\log(ED_{90}) + b / 1.099 - \log(z)))} + C \quad (2)$$

U er friskvægten, z er doseringen af herbicidet, D og C er henholdsvis doseringskurvens øvre og nedre asymptote, b er hældningen, og ED_{50} og ED_{90} er de doseringer, der resulterer i henholdsvis 50 og 90% reduktion af friskvægten. Ved hjælp af en test for 'lack of fit' blev det undersøgt, om modellen var velegnet til beskrivelse af data.

Herbicidblandingernes effekt er vurderet ved at anvende ADM modellen (Additive Dose Model) som referencemodel. Princippet i denne model er, at herbiciderne i en blanding kan substituere hinanden helt eller delvist. Når betydeforholdet mellem de to herbicider kendes, er det muligt at sammensætte blandinger, som giver samme effekt. Grafisk kan dette illustreres, som vist i figur 1. Hvis blandingerne følger ADM, vil alle blandinger langs den rette linie resultere i samme effekt, og derfor kaldes linien en isobol. Hvis blandingerne falder til højre for isobolen, er der tale om, at effekten reduceres ved blanding (antagonisme), mens blandinger, som falder til venstre for isobolen, udviser en bedre effekt end forventet (synergisme). En mere detaljeret beskrivelse af ADM er tidligere publiceret (Streibig & Kudsk, 1993).

Når effekten af herbicidblandinge følger ADM, er det forholdsvis nemt at implementere et blandingsmodul i PC-Planteværn, idet man udfra doseringskurverne for de enkelte herbicider, som allerede findes i systemet, er i stand til at oprette isoboler for blandingerne.



Figur 1. Isobol plot som viser 3 typer af vekselvirkninger: Additivitet, synergisme og antagonisme. ED_{50} er den dosering, som resulterer i 50% effekt. Isobole plot defining the three types of joint-action: additivity, synergism and antagonism. ED_{50} is the 50% control rate.

Resultater og diskussion

Ud fra ovenstående modeller (1 og 2) blev ED₅₀ og ED₉₀ doseringerne for de enkelte herbicider og blandinger beregnet. For at kunne sammenholde resultater fra flere forsøg og arter, blev doseringerne omregnet til relative tal.

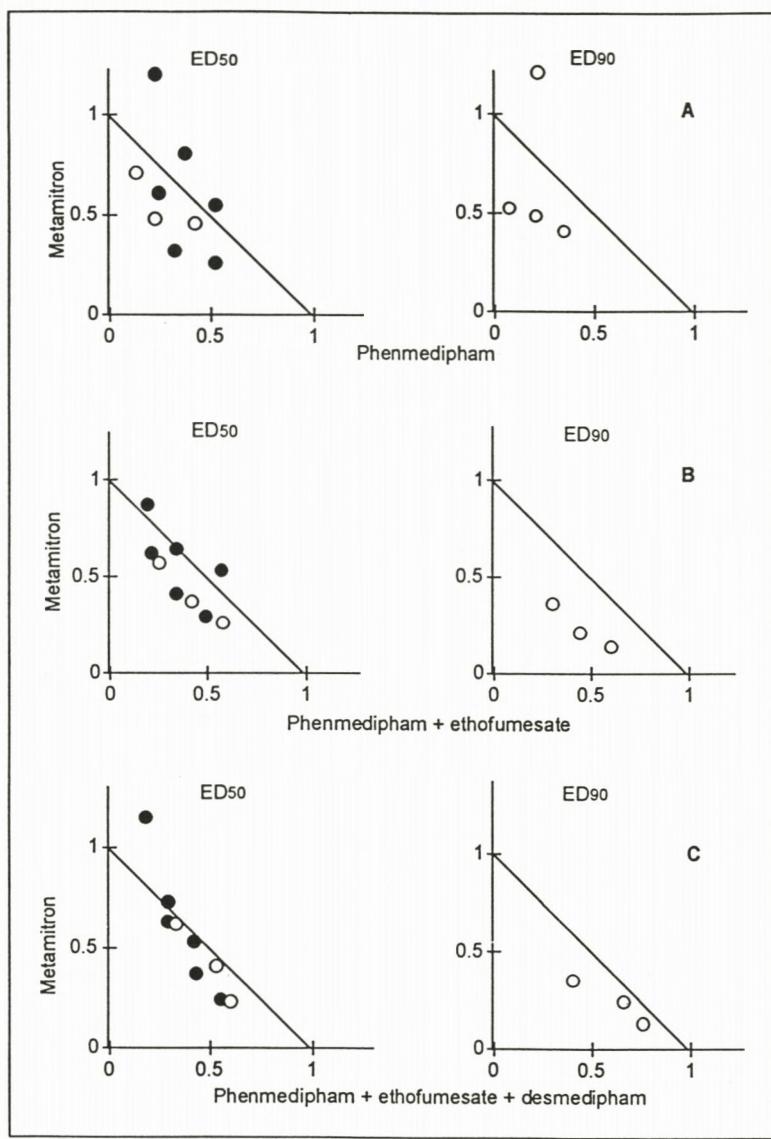
I figur 2 er isobolerne for metamitron i blanding med phenmediphamp (A), phenmediphamp+ethofumesat (B) og phenmediphamp+desmediphamp+ethofumesat (C) optegnet. De beregnede ED₅₀ og ED₉₀ doseringer af blandingerne er afsat som punkter i grafen. I flere af forsøgene var effekten af de rene herbicider lavere end forventet, og med de anvendte doseringer kunne doseringskurverne ikke beskrives tilstrækkelig godt til, at det var muligt at beregne ED₉₀ doseringer. Derfor er der færre punkter i grafen for 90% effekt. På 50% effektniveau ligger punkterne for blandingerne af metamitron og phenmediphamp tæt på isobolen, mens der på 90% effektniveau synes at være synergisme. Blandingerne af metamitron og henholdsvis phenmediphamp+ethofumesat og phenmediphamp+desmediphamp+ethofumesat ligger på begge effektniveauer indenfor isobolen, hvilket tyder på synergisme mellem aktivstofferne.

Figur 3 viser effekten af triflusulfuron i blanding med henholdsvis phenmediphamp+ethofumesat (A), phenmediphamp+desmediphamp+ethofumesat (B) og Goltix (C). Blandingerne af triflusulfuron og metamitron ligger ligeligt fordelt omkring isobolen på begge effektniveauer og indikerer således, at der i denne blanding ikke er signifikante afvigelser fra ADM. I blanding med phenmediphamp+ethofumesat er blandingerne også pænt fordelt omkring isobolerne med et par enkelte undtagelser på 90% effektniveau. Også her synes det rimeligt at antage, at blandingerne følger ADM. I blandinger af triflusulfuron med phenmediphamp+desmediphamp+ethofumesat synes at forekomme et vist niveau af synergisme, idet punkterne overvejende befinner sig indenfor isobolen.

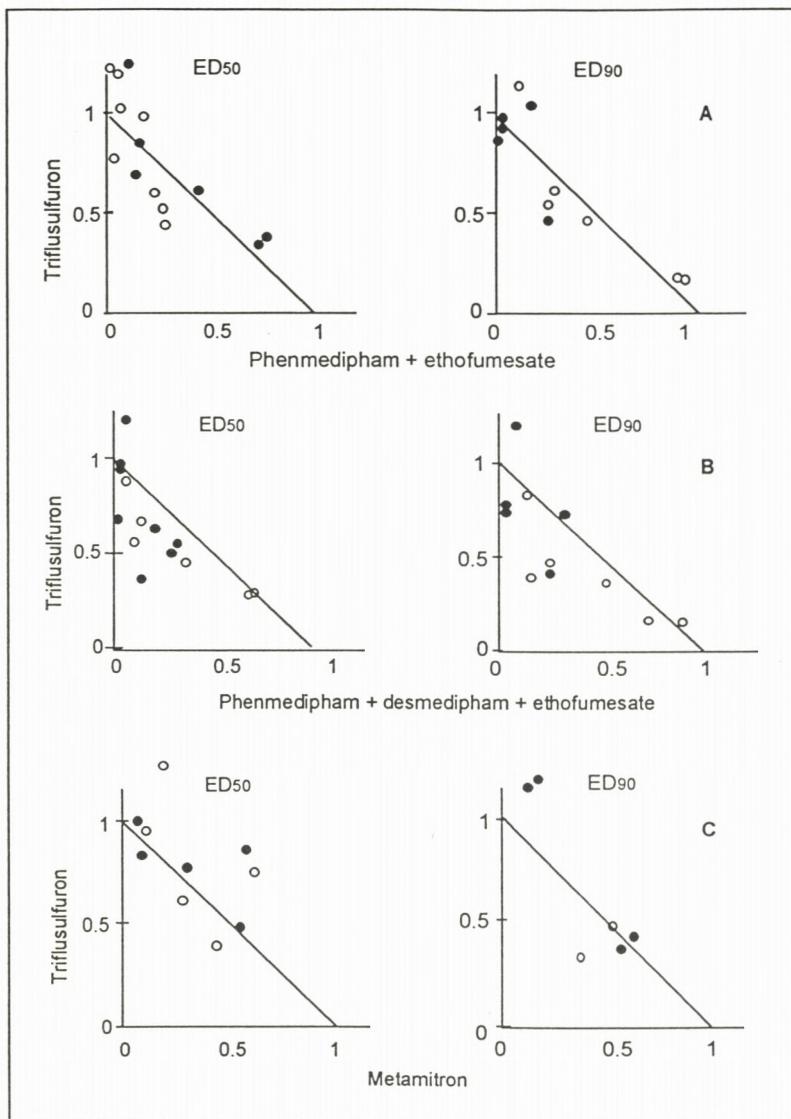
Der findes ikke megen dokumentation for vekselvirkninger mellem roeherbicider, men oftest tales der om antagonisme. I svenske markforsøg mener man, at der over for raps og burresnerre kan forekomme antagonisme mellem triflusulfuron og andre roeherbicider (Olsson, pers. komm.). Ligeledes mener man i engelske markforsøg at have set antagonisme mellem triflusulfuron og metamitron over for hundepersille (May, pers. komm.). Starke *et al.* (1995) fandt antagonisme mellem triflusulfuron og phenmediphamp+ethofumesat over for *Abutilon threophrasti* i væksthusforsøg, men kunne ikke genfinde dette i markforsøg. DuPont, der forhandler triflusulfuron, angiver i en brochure, at der over for burresnerre kan forekomme antagonisme ved blanding af triflusulfuron og clopyralid (Anonym, 1997).

Vi har tidligere i potteforsøg påvist additiv virkning af phenmediphamp og desmediphamp (Kudsk & Mathiassen, 1990) og antagonisme mellem henholdsvis fluazifop-p-butyl (Fusilade X-tra) og haloxyfop (Gallant) og roeherbicider (Kudsk & Mathiassen, 1993). Et enkelt potteforsøg med blandinger af phenmediphamp og ethofumesat viste, at blandingerne fulgte ADM på 50% effektniveau, men var synergistiske på 90% effektniveau (resultater ikke vist).

Vi mangler på nuværende tidspunkt at undersøge effekten af 3-komponent blandinger, hvor både triflusulfuron og metamitron indgår sammen med et phenmediphammiddel. Såfremt



Figur 2. Resultater af forsøg med blandinger af metamitron og henholdsvis phenmedipham (A), phenmedipham+ethofumesat (B) og phenmedipham+desmedipham+ethofumesat (C) på ○ sort natskygge (*Solanum nigrum* L.) og ● raps (*Brassica napus* L.). Til venstre ses 50% effektniveau og til højre 90% effektniveau. Results from experiments with mixtures of metamitron and (A) phenmedipham, (B) phenmedipham+ethofumesat and (C) phenmedipham+desmedipham+ethofumesat on ○ *Solanum nigrum* L. and ● *Brassica napus* L. 50% effect level is shown at left and 90% effect level is shown at right.



Figur 3. Resultater af forsøg med blandinger af triflusulfuron og henholdsvis phenmedipham+ethofumesat (A), phenmedipham+desmedipham+ethofumesat (B) og metamitron (C) på ○ sort natskygge (*Solanum nigrum* L.) og ● raps (*Brassica napus* L.). Til venstre ses 50% effektniveau og til højre 90% effektniveau. Results from experiments with mixtures of triflusulfuron and (A) phenmedipham+ethofumesat, (B) phenmedipham+ desmedipham+ethofumesat and (C) metamitron on ○ *Solanum nigrum* L. and ● *Brassica napus* L. 50% effect level is shown at left and 90% effect level is shown at right.

effekten af disse blandinger ikke adskiller sig væsentligt fra 2-komponent blandingerne, kan vi på baggrund af forsøgene konkludere, at blandinger af metamitron og triflusulfuron og blandinger af hver af disse midler med henholdsvis phenmedipham, phenmedipham+ethofumesat og phenmedipham+ethofumesat+desmedipham enten følger ADM eller er svagt synergistiske. Dette betyder, at det i den kommende bederoemodel i PC-Planteværn vil være muligt tilnærmelsesvis at optimere herbicidblandingers sammensætning ud fra de oplysninger, som allerede findes angående de enkelte herbiciders effekt. Med mindre man vælger at reducere doseringerne med en konstant, vil det medføre, at man i nogle tilfælde opnår en lidt bedre effekt end ønsket på grund af synergisme. En anden mulighed er at implementere en tidligere udviklet generel model til beskrivelse af herbicidblandingers effekt (Streibig & Kudsk, 1993). Denne kræver dog bestemmelse af yderligere 2 parametre, hvilket vil medføre et omfattende forsøgsarbejde, som ikke umiddelbart skønnes rentabelt i forhold til de doseringsbesparelser, som man kan forvente at opnå.

Dansk sammendrag

Vekselvirkningen mellem forskellige roherbicider blev undersøgt i potteforsøg i væksthus. Forsøgene viste, at blandinger af triflusulfuron og metamitron fulgte den additive doseringsmodel, mens blandinger af hver af disse herbicider med henholdsvis phenmedipham, phenmedipham+ethofumesat og phenmedipham+ethofumesat+desmedipham enten fulgte modellen eller var svagt synergistiske. Resultaterne betyder, at det koncept, som tidligere er udviklet til optimering af herbicidblandingers sammensætning i PC-Planteværn, også kan anvendes i den kommende bederoemodel, idet man i nogle tilfælde dog vil opnå en bedre effekt end forventet på grund af synergisme.

Erkendtlighed

Projektet "Optimering af herbicidblandinger - udvikling, implementering og validering" er i 1996, 1997 og 1998 udført for midler fra Erhvervsfinansieret Planteavlsforskning. Teknikerne Willy Rasmussen, Leon Lindenhoff og Betina Bentsen takkes for et dygtigt og velgennemført forsøgsarbejde.

Litteratur

- Anonym. 1997. Safari. Ukrudtsmiddel til anvendelse i bederoer efter fremspirling. Brochure. DuPont.
- Kudsk P. & Mathiassen S.K. 1997. Optimering af herbicidblandinger - principper og forsøgsmæssig grundlag. SP rapport nr. 7, s. 87-97.
- Kudsk P. & Mathiassen S.K. 1990. Effekt af herbicider udsprøjtet i blanding. 7. Danske Planteværnskonference. Ukrudt, s. 141-156.
- Kudsk P. & Mathiassen S.K.. 1993. Fusilade og Gallant - blanding med andre herbicider og additiver. 10. Danske Planteværnskonference. Ukrudt. Tidsskrift for Planteavl, Specialserie S-2236-1993, s. 185-192.

- Rydahl P.* 1997. Optimering af herbicidblandinger - implementering i PC-Planteværn. SP rapport nr. 7, s. 99-109.
- Rydahl P.* 1996. Afsprøvning af bederoemodel til PC-Planteværn. SP rapport nr. 3, s. 191-202.
- Rydahl P.* 1998. Model i PC-Planteværn til ukrudtsbekæmpelse i bederoer - 3 års evaluering. 15. Danske Planteværnskonference 1998. DJF rapport nr. 2.
- Starke R.J., Renner K.A., Penner D. & Roggenbuck F.C.* 1995. Influence of adjuvants and desmedipham plus phenmedipham on velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) and sugarbeet response to triflusulfuron. *Weed Science*, **44**, s. 489-495.
- Streibig J.C. & Kudsk P.* 1993. Herbicidblandingers virkning. 10. Danske Planteværnskonference. Ukrudt. *Tidsskrift for Planteavl*, Specialserie. S-2236-1993, s. 193-201.

Model i PC-Planteværn til ukrudtsbekämpelse i bederoer - 3 års evaluering

Model in PC-Plant Protection for weed control in sugar beets - 3 years of evaluation

Per Rydahl

Danmarks JordbruksForskning

Afdeling for Plantebeskyttelse

Forskningscenter Flakkebjerg

DK-4200 Slagelse

Summary

Weed control in beets is very costly compared to other major crops in Denmark. In 1993 a process aiming for the development of module for weed control in beets in PC Plant Protection was initiated. The fundement of this module is a time axis, to which repeated monitorings, model consultations and actions in the field have been attached.

The decision support algorithms of this module are based either on prosaic questions from the model which can be answered by 'yes' or 'no' or a set of blank fields in which the user of the system must submit information on the actual crop and the actual weed infestation. The information on crop and weeds are used in 3 successive model steps: 1) decides whether the individual weed species needs control, 2) if so, aimed efficacy levels are decided, 3) candidate herbicides are selected and doses are calculated which will meet the aimed efficacy level. The procedure calculating doses uses continuos dose/response functions for the efficacy of the individual herbicides on the individual weed species. Doses are adjusted for the influence of the weed size. Considering prices, concerns for reducing the treatment index or product already in stock, the farmer selects one of the recommendations from the model.

In 1995-97, 32 field trials for validation of the model were conducted. In order to ensure that the potential of the model for reducing herbicide use had been fully exploited, 3 different efficacy-versions of the model were established. 32 validation trials were placed all over Denmark in very different weed infestations. The strategies tested varied considerably, but in every trial satisfactory weed control was achieved by the two versions aiming for high efficacy levels, while the lowest efficacy level was not satisfactory. In conclusion, the model version aiming for 93% efficacy on average:

- has demonstrated robustness for safe weed control in beets
- is the lower limit in the model with respect to efficacy and herbicide use if production safety shall not be jeopardized

- is capable of reducing herbicide cost by 0-20% and treatment index by 20-30% compared to reference treatments
- is ready for distribution in PC Plant Protection.

Indledning

Faciliteterne i PC-Planteværn opdateres og udbygges fortløbende, således at programmet holdes opdateret med den nyeste viden om skadevoldere og deres bekæmpelsesmuligheder. Der er fortsat mange ønsker til nye faciliteter i programmet, og prioriteringen mellem mulige udviklingsopgaver sker i samråd mellem Landbrugets Rådgivningscenter og Danmarks JordbrugsForskning under hensyntagen til opgavernes potentialer for landbrugets produktionsøkonomi og for miljøforhold.

Ukrudtsbekæmpelse i bederoer er i sammenligning med ukrudtsbekæmpelse i andre af landets hovedafgrøder betydeligt mere omkostningskrævende og meget tidskrævende. Bederoer var derfor en naturlig afgrøde at vælge til udviklingsarbejde efter udvikling af modeller til brug i korn, ærter og raps.

Bederoer yder i modsætning til f.eks. korn kun en beskeden konkurrence overfor ukrudtet, som derfor ikke kan bekæmpes tilfredsstillende med en enkelt behandling. Der er i mange år gennemført et relativt intensivt forsøgsarbejde med både mekanisk og kemisk ukrudtsbekæmpelse i bederoer. Dette viser, at det er nødvendigt at inddrage tiden og gentagne behandlinger som dynamiske elementer i strategier for ukrudtsbekæmpelsen for at opnå en tilfredsstillende effekt og samtidig begrænse skader fra behandlinger på afgrøden og minimere udgifterne til bekæmpelsen.

Arbejdet med at udvikle et beslutningsstøttesystem (BSS) til ukrudtsbekæmpelse i bederoer blev påbegyndt i 1993 i samarbejde mellem Danmarks JordbrugsForskning, Landbrugets Rådgivningscenter og Fondet for Sukkerroedyrkning. Der foreligger nu resultater fra 3 års valideringsforsøg med systemet, og en samlet vurdering af beslutningsstøttesystemet og dets potentielle gives her.

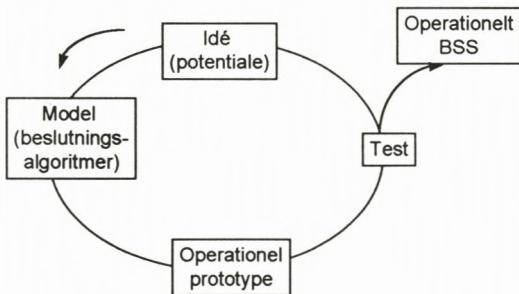
Modelbeskrivelse

Gennem de seneste 10-20 år er der sket en udvikling i strategien for at anvende herbicider i bederoer, som er gået i retning af et stadigt stigende antal behandlinger med en faldende mængde aktivstof i den enkelte behandling. En for tiden meget udbredt strategi er at behandle med en på forhånd fastlagt kombination af midler og doser 3 gange på nyfremspiret ukrudt. Rådgivningssektoren anviser imidlertid også andre strategier imod ukrudtet, heriblandt strategier, som påbegyndes allerede før såning og fremspiling af roerne.

For at kunne etablere et beslutningsstøttesystem, som kan håndtere det helhedsorienterede problemfelt, som ukrudtsbekæmpelse i bred forstand er, vil det ofte være nødvendigt at integrere erfaringer fra forskellige kilder. Tillid til den samlede model kan opnås ved at gennemføre omfattende validering. Modelkonstruktøren kan håbe på, at eventuelle fejl i

modellen vil afsløres i de tidlige valideringsforsøg, således at modellen hurtigt kan revideres og afprøves igen.

Sideløbende med at isolere fejl af faglig karakter, kan der opstå behov for at revidere modellen som følge af forandringer i de arbejdsbetingelser, som var udgangspunkt for udvikling af modellen. I den første prototype af bederoemodellen var der indbygget nogle særlige beslutningsalgoritmer til at styre anvendelsen af stoffet cloridazon, som kunne anvendes før såning af roerne, hvor ukrudtet endnu ikke var fremspiret (Rydahl, 1996). Dette stof er sudgået af markedet, hvorfor modellen måtte revideres. Den arbejdsproces, som hidtil er blevet anvendt til udvikling af modeller til PC-Planteværn, er skitseret i figur 1. Det ses heraf, at der i udviklingsarbejdet forløber en iterativ proces, som skal sikre både robusthed og potentiale.



Figur 1. Arbejdsproces til udvikling, validering og implementering af nye faciliteter til beslutningsstøtte i PC-Planteværn. Working process for development, validation and implementing of new decision support facilities in PC Plant Protection.

Ud fra en overordnet betragtning kan sammenspiellet imellem brugeren og bederoemodellen opfattes som en tidsakse, hvor der kontinuerligt veksler mellem: moniteringer i marken, konsultation af modellen og eventuel behandling i marken. Modellen kan konsulteres allerede før såning af roerne, og konsultationerne kan fortsættes, indtil roerne har 8 blivende blade. Bederoemodellen er opbygget af to hovedkomponenter (Rydahl, 1996):

- *Dialogbokse.* Disse indeholder et varierende antal spørgsmål, som brugeren kan besvare entydigt med 'Ja' eller 'Nej'. Alle svarkombinationer fører til en konkret anvisning, som tilhører én af følgende to kategorier:

1. Information om, at der p.t. ikke er behov for bekämpelse.
2. Konkrete forslag til behandling.

Dialogbokse er primært tiltænkt beslutningsalgoritmer, som er baseret på ekspertviden og anvendes i bederoemodellen i de beslutningsalgoritmer, som anvendes før afgrøden spiser frem.

- *Modificeret udgave af modellen i vårbyg.* Baseret på en situationsrapport fra marken med oplysninger om afgrøden og det forekommende ukrudt, gennemløber denne komponent 3 beregningstrin:
 - *Trin 1* beslutter, om de i modellen indlagte skadetærskler, som er baseret på ekspertviden, er overskredet. Skadetærsklerne vil i praksis være så lave i bederoer, at stort set alle ukrudtsbestande udløser krav om bekæmpelse. De strukturelle ændringer i forhold til modellen i vårbyg er, at oplysningerne om ‘Afgrødens tilstand’ og ‘Forventet udbytte’ er fjernet som input (Rydahl, 1995).
 - *Trin 2* fastlægger på baggrund af ekspertviden den tilstræbte effekt på de enkelte ukrudtsarter inden for intervallet 80-99%. Talværdien refererer til den effekt, som kan måles 4-6 uger efter sidste behandling og stammer fra forsøg med afprøvning af herbicider.
 - *Trin 3* udvælger herbicider og beregner doser heraf, som giver mindst den tilstræbte effekt på alle de indberettede ukrudtsarter. Brugeren kan frit vælge en af de beregnede løsninger ud fra f.eks. priser, behandlingsindex eller brugerens lagerbeholdninger.

Beregningerne i *Trin 3* er baseret på S-formede doseringskurver, som er etableret på baggrund af resultater fra anerkendelsesforsøg (Rydahl, 1995). Disse forsøg er baseret på en strategi, hvor der behandles 3 gange med samme middelkombination og dosering: 1. gang når ukrudt har kimblade, 2. gang 6-8 dage senere og 3. gang 10-14 dage senere. Anerkendelsesforsøgene udføres i henholdsvis 2/1, 1/1 og 1/2 ‘normaldosering’, som fastsættes af rekвirenten af forsøgene. Modellens valg af herbicider og beregning af doser forud for hver enkelt behandling er således baseret på resultater, som er opnået efter 3 behandlinger. På basis af resultater fra forsøg i væksthuse faktorkorrigeres de beregnede doser i forhold til ukrudtsets størrelse (Rydahl, 1995). Hver ukrudtsart indberettes i én af 4 størrelsesklasser: 0-1 løvblade, 1-2 løvblade, 3-4 løvblade og >4 løvblade. Med reference til et begrænset antal forsøg i væksthus er mange af de indlagte korrektionsfaktorer for ca. 60 ukrudtsarter baseret på konservative ekspertskøn. Korrektionsfaktorerne udløser relativt store doseringsforøgelser, hvis der indberettes ukrudt, som har mere end 0-1 løvblade.

Efter programmet har afsluttet Trin 3, kan brugeren vælge at konsultere en facilitet, som giver vejledning i tilsætning af additiver til sprøjteblandingens. Dette modul regulerer tilsætningen af additiver ud fra brugerinput om de forudgående dages vejr og sprøjtedagens maksimumstemperatur. Alle konsultationer afsluttes med information fra modellen om, hvordan udviklingen i marken skal overvåges efter behandlingen, og hvornår næste konsultation skal ske.

Resultater fra forsøg til validering af modellen

I 1995 blev bederoemodellen testet for første gang under markforhold. Resultaterne herfra er afrapporteret tidligere (Rydahl, 1996). Denne første udgave af modellen var det gennemsnitlige

effektkrav for de ca. 60 ukrudtsarter, som denne modelversion indeholder, ca. 95%. Resultaterne fra afprøvningen i 1995 var meget tilfredsstillende og der blev derfor forud for valideringsforsøgene i 1996 og 1997 etableret versioner, hvor der blev gennemført systematiske nedskrivninger af effektkravene i forhold til den oprindelige på henholdsvis 2 og 4 procentpoint. Herved blev der etableret henholdsvis en '93%-version' og en '91%-version' af modellen. Disse modelversioner blev etableret med henblik på at sikre, at modellens potentielle for at begrænse forbruget af herbicider var udnyttet optimalt.

Moniteringerne i forsøgene blev konsekvent foretaget i de forsøgsled, hvor der tilstræbes 95% effekt. Modellens anvisninger i de 3 effekt-versioner blev sammenlignet med referencebehandlinger i landsforsøg. En oversigt over referencebehandlingerne vises i tabel 1. I tabel 2 vises et sammendrag af resultaterne for effektivitet fra valideringsforsøgene, som blev gennemført i perioden 1995-97 (Nielsen & Mikkelsen, 1997). Heraf ses, at der i løbet af 3 vækstsæsoner blev gennemført i alt 32 forsøg, heraf 15 forsøg i sukkerroer med moderate ukrudtsbestande og 17 forsøg i foderroer med meget betydelige ukrudtsbestande. Hovedparten af forsøgene i foderroer er udført i Jylland, medens forsøgene i sukkerroer er udført på øerne. Konsultationerne har haft et omfang på 3-6 i hvert forsøg. Indberetningen af markoplysninger er sket på fax til DJF og anvisninger om behandling er så vidt muligt returneret samme dag, som indberetningen er sket.

Tabel 1. Referencebehandlinger i forsøg til validering af bederoemodel i PC-Planteværn.
Reference treatments in validation trials for beet model in PC Plant Protection.

Afgrøde	Antal behandlinger	Referencebehandling, handelsprodukter	Referencebehandling, aktivstoffer
Crop	No. of treatments	Reference treatment, tradenames	Reference treatments, active compounds
Sukkerroer Sugar beets	2-4	0.80 l/ha Herbasan 0.10 l/ha Ethosan 0.60 kg/ha Goltix Renol	128 g/ha phenmedipham 50 g/ha ethofumesat 420 g/ha metamitron penetreringsolie
Foderroer Fodder beets	3	1.50 l/ha Herbasan 0.20 l/ha Ethosan 1.00 kg/ha Goltix Penetreringsolie	240 g/ha phenmedipham 100 g/ha ethofumesat 700 g/ha metamitron penetreringsolie

Både 95%-versionen og 93%-versionen af bederoemodellen har i de 3 afprøvningssæsoner haft en effekt, som er tilstrækkelig og på niveau med effekten af referencebehandlingerne. Effekten

både 4-6 uger efter behandling før optagning af 91%-versionen er ikke helt tilfredsstillende. Anvendes en forsigtighedsregel om, at dækningsgraden af ukrudt ikke må overstige 20% ved optagning, viser en detaljeret gennemgang af de enkeltforsøg, som ligger til grund for gennemsnitsresultaterne i tabel 2 (Pedersen, 1996; Anonym, 1997), at der i ingen af de i alt 32 forsøg har været utilstrækkelig effekt på ukrudtet af 95%-versionen og 93%-versionen.

Tabel 2. Effekt på ukrudt i forsøg til validering af bederoemodel i PC-Planteværn.
Efficacy on weeds in field trials for validation of beet model in PC Plant Protection.

Afgrøde Crop	År Year	Antal forsøg No. of trials	Ukrudt i ubehand- let (antal/m ²) Weeds in untreated (no./m ²)	Ukrudt 2-3 uger efter behandling (antal/m ²) Weeds 2-3 weeks after treatment (no./m ²)			Ukrudt ved optagning (% dækning) Weeds at harvest (% cover)				
				Behandling *) Treatment *)			Behandling *) Treatment *)				
				Ref. Ref.	V95 V95	V93 V93	V91 V91	Ref. Ref.	V95 V95	V93 V93	V91 V91
Sukkerroer Sugar beets	1995 1996 1997	6 5 4	20 132 62	0 7 7	1 6 4	- 4 7	- 13 14	2 16 10	2 15 8	- 13 11	- 23 16
Gennem- snit											
Mean	95-97	15	68	4	3	5	14	9	8	12	20
Foderroer Fodder beets	1995 1996 1997	7 6 4	204 110 280	10 6 5	9 6 4	- 10 7	- 20 13	4 4 3	3 6 4	- 6 5	- 9 9
Gennem- snit											
Mean	95-97	17	189	7	7	9	17	4	4	6	9

*) Referencebehandlinger er specifiseret i tabel 1. V95, V93 og V91 refererer til 3 forskellige versioner af bederoemodellen, som tilstræber at opnå henholdsvis 95%, 93% og 91% effekt 4-6 uger efter behandling. Reference treatments are specified in table 1. V95, V93 and V91 are referring to 3 different versions of the beet model, aiming for 95%, 93% and 91% efficacy on fresh weight, respectively, 4-6 weeks after treatment.

Tabel 3. Behandlingsindex og kemikalieudgift i valideringsforsøg af bederoemodel i PC-Planteværn. Treatment index and cost of chemicals in validation trials of beet model in PC Plant Protection.

Afgrøde Crop	År Year	Antal forsøg No. of trials	Behandlingsindex Treatment index		Kemikalieudgift (kr./ha) Cost of chemicals (dkr./ha)	
			Ref. ^{a)}	V93 ^{a)}	Ref. ^{a)}	V93 ^{a)}
Sukkerroer Sugar beets	1995	6	1,50	-	754	-
	1996	5	1,18	1,58	821	1,244
	1997	4	1,18	1,43	821	1,272
Gennemsnit						
Mean	95-97	15	1,30	1,51	794	1,256
Foderroer Fodder beets	1995	7	2,17	-	1,434	-
	1996	6	2,17	1,51	1,434	1,159
	1997	4	2,17	1,37	1,434	1,096
Gennemsnit						
Mean	95-97	17	2,17	1,44	1,434	1,134

^{a)} Referencebehandlinger er specifiseret i tabel 1. V93 refererer til en version af bederoemodellen, som tilstræber at opnå 93% effekt 4-6 uger efter behandling. Reference treatments are specified in table 1. V93 is referring to a version of the beet model, aiming for 93% efficacy on fresh weight, 4-6 weeks after treatment.

I tabel 3 vises behandlingsindexet og kemikalieudgiften fra referencebehandlingerne og fra behandlingerne, som er anvist af 93%-versionen. Heraf ses, at modellens anvisninger i sukkerroer har kostet i gennemsnit 58% mere og haft et behandlingsindex, som var i gennemsnit 16% højere end referencebehandlingerne, som i gennemsnit kostede i 794 kr./ha med et gennemsnitligt behandlingsindex på 1,30. I foderroer har 93%-versionen til gengæld kostet i gennemsnit 21% mindre og haft et gennemsnitligt behandlingsindex, som er 34% lavere end referencebehandlingerne, som kostede i gennemsnit 1.434 kr./ha med en gennemsnitligt behandlingsindex på 2,17.

Diskussion af modellen

Af især ressourcemæssige grunde er det hensigtsmæssigt at etablere en struktur for beslutningsstøttesystemer, som muliggør løbende tilpasninger uden at revidere den basale modelstruktur. Det vurderes umiddelbart, at den etablerede kombination af 1) dialogbokse,

som kun indeholder få strukturelle begrænsninger og 2) kontinuerte dosis/respons relationer, som er forsøgsmæssigt veldokumenterede og yder det afgørende bidrag til programmets potentielle for at reducere forbruget af herbicider, vil være en relativ robust, basal programstruktur.

Man kan indvende imod den del af modellen, som beslutter, hvorvidt de enkelte ukrudtsarter har behov for bekämpelse (Trin 1), at dette trin stort set kunne undværes, idet næsten alle ukrudtsforekomster udløser krav om bekämpelse. Årsagen til, at denne struktur alligevel er fastholdt i bederoemodellen, er, at det bruger-interface, som PC-Planteværn anvender i de øvrige modelafgrøder, herved kan bibeholdes stort set uændret.

En afgørende forudsætning for at kunne etablere modellens doseringsskurver (Trin 3) er, at effekten af de enkelte behandlinger i et sprøjteprogram, kan antages at være den samme som effekten af det fuldt gennemførte sprøjteprogram. Det er yderst vanskeligt at opstille forsøg, som kan understøtte denne antagelse. Man kan dog på basis af kendskab til de doseringsforøgelser, som er nødvendige for at opnå en given effekt i takt med, at ukrudtsplanterne vokser, anføre det synspunkt til støtte for antagelsen, at en betingelse for at de traditionelle sprøjteprogrammer, hvor der som beskrevet ovenfor anvendes samme behandling 3 gange, kan give en så høj effektivitet som tilfældet ofte er, nødvendigvis må være, at antagelsen i store træk holder.

Modellen er baseret på en akut behovs-tankegang. Der er dog en udbredt tradition for at anvende herbicider (f.eks. metamitron), som i kraft af fortsat jordoptagelse virker længere end et aktuelt konstateret behov betinger. Hvis man sammenligner resultater for langtidseffekt fra markforsøg, hvor antallet af behandlinger er fastlagt på forhånd, og hvor der er henholdsvis medtaget/ikke medtaget metamitron i behandlingerne, vil man i de fleste af sådanne forsøg kunne observere en øget langtidseffekt, når der iblandes metamitron. Bederoemodellen har imidlertid ikke på forhånd lagt sig fast på antallet af behandlinger, idet det ukrudt, som er fremspiret ved en konsultation blot tilstræbes bekæmpet med en løsning, som akut er tilstrækkelig effektiv, og samtidig er billig eller har lavt behandlingsindex. Hvis brugeren til en af de tidlige behandling vælger en løsning, som indeholder metamitron, og langtidseffekten er reel, burde denne således udmøntes ved de efterfølgende konsultationer. Hvis modellen anviser en mængde metamitron, som er større end det akutte behov betinger, vil der anvendes et forsikringsprincip, som generelt ikke er hensigten i PC-Planteværn.

Den tidligere omtalte, meget udbredte strategi, som omfatter 3 behandlinger, er et resultat af mere end 20 års strategisk udviklingsarbejde for flere af de herbicider, som fortsat anvendes, og det skønnes på baggrund heraf umiddelbart rimeligt at lade den tidsmæssige styring af moniteringer i marken og konsultationer af modellen tage udgangspunkt heri.

Der er behov for at sikre, at beslutningsstøttesystemer også under forskellige stedlige, vejrmæssige og biologiske forhold, vil give robuste anvisninger. Hertil kommer, at beslutningsstøttesystemer også bør være robust nok til at kunne tolerere en vis grad af fejlanvendelse af brugeren. Begge disse krav til robustheden medfører, at beslutningsstøttesystemet i en vis udstrækning skal kunne genetablere kontrollen over ukrudtet i en mark, når noget ikke er forløbet som forventet. Kun fantasien sætter imidlertid grænser

for, hvilke former for fejlanvendelser, et beslutningsstøttesystem kan udsættes for. Nogle sandsynlige fejlanvendelser kunne imidlertid være:

- indberetning af forkerte markoplysninger. Det må erkendes, at især identificeringen af de enkelte ukrudtsarter kan være vanskelig på det tidlige udviklingstrin, som er optimal for bekämpelsen
- udførelse af behandlinger, som ikke er anvist
- for sen udførelse af anviste behandlinger
- for sene konsultationer.

Alle de nævnte typer af fejlanvendelser har den fælles konsekvens, at ukrudtet ikke vil blive bekæmpt så effektivt, som forudsat i modellen. De meget konservative korrektionsfaktorer for betydningen af ukrudtets størrelse vil efterfølgende udløse doseringer, som er så høje, at der med stor sikkerhed vil genetableres kontrol over ukrudt, der er blevet større end optimalt. Hvis de beregnede doser imidlertid overskridt de indlagte maksimaldosser, nødsages programmet til at give følgende anvisning: 'Spørg konsulenten'. Dette vurderes umiddelbart at være et nøgternt råd i en sådan situation, idet kun drastiske løsninger herefter vil være mulige.

Det er meget afgørende, at ukrudtsbekämpelsen i bederoer bliver gennemført med en meget stor grad af sikkerhed, idet de økonomiske tab som følge af utilstrækkelig ukrudtsbekämpelse er meget betydelige sammenlignet med andre afgrøder. Anvisningerne fra bederoemodellen er derfor opbygget med henblik på at være konservative, så snart ikke alle betingelser for en optimal strategi er opfyldt. Hermed opnås høj robusthed og samtidig anspores brugeren til at anvende modellen sådan, at den udgør et reelt potentiale.

Diskussion af resultater fra valideringsforsøg

Modellens berettigelse skal vurderes ud fra dens potentiiale for at kunne reducere omkostninger og behandlingsindex med en forbedret eller uændret dyrkningssikkerhed.

En tidligere opgørelse over resultater fra valideringsforsøgene fra 1995 viste, at der er relativt god sammenhæng mellem de ukrudtsarter, som blev indberettet til modellen og de ukrudtsarter, som blev fundet i optællinger 4-6 uger efter behandling (Rydahl, 1996). Ligeledes viste en opgørelse over timingen i modelkonsultationerne, at behandlingerne med få undtagelser blev udført på de i modellen tilstræbte udviklingstrin af ukrudtet (Rydahl, 1996). Det bemærkes hertil, at det har været rutinerede teknikere, som har gennemført valideringsforsøgene, og at landmænd måske ville udvise knapt så stor omhyggelighed. Dette viser imidlertid, at den relativt vanskelige opgave med at identificere meget små ukrudtsplanter, trods alt kan gennemføres relativt sikkert.

Etableringen af modelversioner, hvor kravet til effekt i den oprindelige version blev reduceret med henholdsvis 2 og 4 procentpoint, kan måske umiddelbart lyde som relativt ubetydelige justeringer. Det ligger imidlertid i de S-formede dosis/respons-kurvers natur, at kurverne vil følge asymptoten ved 100% effekt relativt tæt, når effektniveaet er tæt herved. Derfor vil der udløses markante doseringsreduktioner ved at sænke effektkravet blot ét

procentpoint, når niveauet er relativt tæt på 100% effekt. Ud fra samme rationale indsese, at der kræves meget betydelige doseringsforøgelser for at hæve effekten ét procentpoint, når effektniveauet allerede er højt. Et eventuelt krav om total renholdelse vil derfor udløse større doseringsforøgelser.

I lyset af de ovenfor beskrevne kilder til misbrug af modellen, kan man af tabel 2 se, at modellen indeholder en høj grad af robusthed, idet der er blevet konstateret tilfredsstillende effekt i samtlige valideringsforsøg med både 95%-versionen og 93%-versionen. Den lidt mindre tilfredsstillende effekt af 91%-versioner viser, at 93%-versionen udgør modellens grænse for at reducere herbicidforbruget, når høje krav til produktionssikkerheden skal fastholdes. Hertil kommer, at indberetningerne af markoplysninger til modellen blev foretaget i de forsøgsled, hvor der kræves 95% effekt, hvor ukrudtsbestanden ved konsultation nr. 2 og senere alt andet lige må forventes at være en smule lavere end i de forsøgsled, hvor der tilstræbes et lavere effektniveau. Hermed opnås et bidrag til styrke for vurderingen af robustheden i de modelversioner, hvor kravene til effekt er nedskrevet.

Af tabel 3 fremgår, at i sukkerroeforsøgene er behandlingsindex og kemikalieprisen markant højre i 93%-versionen end i referencebehandlingerne, medens det modsatte er tilfældet i foderroerne. En forklaring herpå kan være, at referencebehandlingerne i sukkerroerne, specielt i 1996 og 1997, må opfattes som værende meget progressive lavdosis strategier, som kun kan lykkes i relativt beskedne ukrudtsbestande. Hertil kommer, at antallet af behandlinger i disse strategier har varieret mellem 2 og 4 ud fra umiddelbare behovsvurderinger. Behandlingsindeks for andre referencebehandlinger i sukkerroer ligger i intervallet 1.60-2.10 og kemikaliedugten i størrelsesordenen 1.200-1.300 kr./ha (Nielsen & Mikkelsen, 1997). Hvis afprøvningen af 93%-versionen i sukkerroer i stedet sammenlignes med gennemsnittet af disse referencer, har 93%-versionen en kemikaliedugtf, som ligger på niveau hermed og et behandlingsindex, som er 23% lavere. En samlet vurdering af de 32 gennemførte valideringsforsøg er derfor, at modellens potentiale for at reducere henholdsvis kemikaliepris og behandlingsindex er i størrelsesordenen 0-20% og 20-30%. Det er dog uomtvisteligt, at effektiviteten af referencebehandlingerne i sukkerroeforsøgene har været tilstrækkelig, og det bør på baggrund heraf overvejes, om modellens grænser for at udløse behandlinger ved små ukrudtstryk, bør justeres.

Der findes erfaring fra praksis som viser, at effekten af herbicider i bederoer kan svigte i tørre forår. Der er desværre ikke forekommet et sådant tørt forår i de 3 år, hvor valideringsforsøgene er gennemført. Erfaringen fra herbicidanvendelsen i andre afgrøder viser imidlertid, at tørkeforårsagede problemer kun opstår i kombination med ukrudtsplanter, som er betydeligt større end strategien i bederoemodellen tilstræber. Dette problem tillægges derfor ikke nævneværdig betydning.

Udviklingsplaner

Det forventes, at der i løbet af de nærmeste år vil blive dyrket bederoer i Danmark, som er resistente over for glyphosat (Jensen, 1998). Prisen på udsæden forventes at blive en afgørende

parameter for størrelsen af dyrkningsarealet for denne nye type af bederoer. Et operationelt beslutningsstøttesystem til ukrudtsbekæmpelse i bederoer skal derfor også kunne give vejledning i glyphosatresistente bederoer. Teknisk set kan glyphosatresistente bederoer indbygges i modellen som en ny afgrøde, der tåler både de traditionelle herbicider til bederoer samt glyphosat. Det udelukkes dog ikke, at der kan være et potentiale i at udvikle en model, hvor behandlinger med glyphosat ikke i alle tilfælde tilstræbes udført på meget små ukrudt (Kudsk & Mathiassen, 1998).

De afprøvede udgaver af bederoemodellen indeholder udelukkende herbicider og tankblandinger heraf, som har opnået officiel anerkendelse. En ulempe ved at anvende sådanne produkter og blandinger er, at blandingsforholdet mellem aktivstofferne på forhånd er låst fast, således at der i visse situationer udbringes noget aktivstof, som ingen reel effekt har, idet det er et af de øvrige aktivstoffer i blandingen, som alene betinger effekten. I visse dele af rådgivningsbranchen er der allerede tradition for at sammensætte blandingskomponenter frit for at imødekommne dette irrationale og samtidig reducere forbruget af herbicider.

Der er gennemført undersøgelser af virkningen af de gængse herbicider til bederoer i blanding (Mathiassen & Kudsk, 1998). På baggrund af disse undersøgelser vil der i vækstsæsonen 1998 blive afprøvet en ny prototype i landsforsøg, som på basis af beregningsparametrene i den eksisterende model kan beregne blandinger af herbicider til bederoer, der er optimeret efter pris eller behandlingsindex.

Den tidsakse, som er et bærende element til styring af moniteringer, konsultationer og behandlinger i bederoemodellen kunne måske også være interessant at benytte i de modeller, som allerede anvendes i korn, ærter og raps. I PC-Planteværn blev ukrudtsbekæmpelsen i korn oprindeligt reduceret til et spørgsmål om at vælge en optimal løsning imod fremspiret frøukrutt på det tidspunkt, hvor brugeren fandt det passende at foretage konsultationen. Det er dog klart, at der i mange kornmarker kan blive behov for flere herbicidbehandlinger imod ukrudt, f.eks. imod sent fremspirende frøukrudsarter, flyvehavre og kvik. I den verserende udgave af PC-Planteværn skal brugeren enten prøve sig frem eller have forhåndsviden om, hvilke faciliteter der findes, og på hvilke afgrødeudviklingstrin faciliteterne kan konsulteres. Der vil derfor blive gjort tiltag til at udvikle én basal modelstruktur, som med udgangspunkt i bederoemodellen kan rumme beslutningsstøttesystemer til brug for ukrudtsbekæmpelse i alle de vigtigste land- og havebrugsafgrøder i Danmark.

Sammendrag

Ukrudtsbekæmpelse i bederoer er sammenlignet med de fleste andre afgrøder meget omkostningskrævende. I 1993 blev der igangsat et udviklingsarbejde med henblik på at udvikle et beslutningsstøttesystem til bederoer i PC-Planteværn. Modellen er opbygget omkring en tidsakse, som styrer gentagne moniteringer i marken, konsultationer af modellen og eventuelle behandlinger.

Beslutningsalgoritmerne ved de enkelte konsultationer kan baseres på prosaiske spørgsmål fra modellen, som brugeren skal besvare med 'ja' eller 'nej', eller på en række tomme

felter, hvor brugeren skal indberette oplysninger om den aktuelle afgrøde og ukrudtsbestand. De specifikke oplysninger om afgrøde og ukrudt anvendes i 3 modeltrin: 1) beslutter, hvorvidt de enkelte ukrudtsarter skal bekæmpes, 2) fastlægger den tilstræbte effekt, 3) der udvælges herbicider og beregnes doser, som vil give den tilstræbte effekt. Doseringsberegningerne sker på basis af kontinuerte dosis/responsfunktioner for de enkelte herbiciders virkning imod de enkelte ukrudtsarter. Doseringerne justeres for betydningen af det indberettede ukrudts størrelse. Brugeren kan under hensyntagen til priser, behandlingsindex og lagerbeholdninger frit vælge mellem programmets forslag til løsninger.

Der blev i perioden 1995-97 gennemført i alt 32 markforsøg til validering af modellen. For at sikre, at modellens potentiale for at reducere forbruget af herbicider udnyttes fuldt ud, blev der etableret 3 forskellige effektversioner af modellen. Valideringsforsøgene var spredt over hele landet i stærkt varierende ukrudtsbestande. Der var stor spredning på modellens anvisninger i de enkelte forsøg, men på de to højeste effektniveauer blev der i samtlige forsøg opnået en tilfredsstillende ukrudtsbekæmpelse, medens det laveste effektniveau ikke var helt tilstrækkeligt. Det konkluderes på baggrund heraf, at den version af modellen, som kræver i gennemsnit 93% effekt:

- på en robust måde kan håndtere ukrudtsbekæmpelsen i bederoer
- udgør modellens nedre grænse for effekt, og dermed herbicidforbrug, hvis dyrkningssikkerheden skal fastholdes
- kan reducere udgifter til bekæmpelse med 0-20% og behandlingsindex med 20-30% i forhold til referencebehandlinger

Erkendtlighed

Laborant Karen Jensen, DJF, takkes for samvittighedsfuld medvirken ved afvikling af konsultationer af prototype og anvisning af forsøgsbehandlinger.

Litteratur

Anonym. Foreløbige resultater fra landsforsøg 1997. Personlig kommunikation.

Jensen P.E. 1998. Doseringsbehov ved kemisk ukrudtsbekæmpelse i almindelige og glyphosatresistente bederoer. 15. Danske Planteværnskonference 1998, ukrudt. DJF rapport nr. 2 (1998).

Kudsk P. & Mathiassen S.K 1998. Ukrudtsbekæmpelse i glyphosatresistente bederoer - betydningen af ukrudtets størrelse i relation til effekt af Roundup Bio. 15. Danske Planteværnskonference 1998, ukrudt. DJF rapport nr. 2 (1998).

Mathiassen S.K & Kudsk P. 1998. Optimale herbicidblandinger til ukrudtsbekæmpelse i bederoer. 15. Danske Planteværnskonference 1998, ukrudt. DJF rapport nr. 2 (1998).

Nielsen K. & Mikkelsen M. 1997. Sukkerroer. Grovfoderproduktion. I Oversigt over landsforsøgene, s. 228-240. Ed. Pedersen, C.Å.

Pedersen C.Å. 1996. Tabelbilag til Landsforsøgene, s. 580-590.

- Rydahl P.* 1996. Afprøvning af bederoemodel til PC-Planteværn. 13. danske Planteværnskonference 1996, ukrudt. SP rapport nr. 3 (1996), 191-201.
- Rydahl P.* 1995. Computer Assisted Decision Making. Proc. EWRS (European Weed Research Society) Symposium Budapest 1995: Challenges for Weed Science in a Changing Europe. pp. 29-38

Doseringsbehov ved kemisk ukrudtsbekæmpelse i almindelige og glyphosatresistente bederoer

Dose requirements at chemical weed control in ordinary and glyphosate resistant beet roots

Peder Elbæk Jensen

Danmarks JordbrugsForskning

Afdeling for Plantebeskyttelse

Forskningscenter Flakkebjerg

DK-4200 Slagelse

Summary

Weed control with Roundup Bio in genetically modified glyphosate resistant sugar beets has been investigated at the Danish Institute of Agricultural Sciences during three years. The dose was set to 3*2.0 l/ha or 2*3.0 l/ha as normal dose. Furthermore, Roundup Bio was tested with half and quarter of normal dose. The use of a 3 split application strategy seemed a little more efficient than a 2 split application strategy. By use of this method for weed control in sugar beets the consumption of herbicides can be reduced from 3.0 kg active ingredient per ha to 0.5-1.2 kg/ha in the vast majority of the fields.

Indledning

Herbicidresistente afgrøder er en god hjælp til landmanden, når der skal bekæmpes ukrudt. Som nogle af de umiddelbare fordele kan nævnes stor forskel i den dosering afgrøden kan tåle, og den dosering der kan bekæmpe selv de vanskelige ukrudtsarter. Hvis det valgte herbicid er et total herbicid, der bekæmper alle ukrudtsarter, kan man nøjes med 1 herbicid, og dermed koncentrere indsatsen om at få dette herbicid til at virke optimalt. Endelig betyder ukrudtets størrelse normalt mindre for totalherbiciders effekt, det giver landmanden langt større frihed til at vælge en god sprøjtedag.

De nævnte fordele ved at bekæmpe ukrudt i en herbicid resistent afgrøde betyder ikke, at de normale regler for at bekæmpe ukrudt med så lav en dosering som mulig sættes ud af kraft. De regler, der siger, at man skal kende sit ukrudt for at kunne vælge lavest mulig dosering, at ukrudtets størrelse har indflydelse på den nødvendige dosering, og at herbiciderne virker bedst under optimale sprøjtebetegnelser.

Materialer og metoder

Forsøgene blev udført som markforsøg af Danmarks JordbrugsForskning på egne marker og

udstationeret hos landmænd i Vestsjælland. Forsøgsdesignet er randomiseret normalt med 4 gentagelser. Toleranceforsøgene er udført med normal dosering og med dobbelt dosering. Effektforsøgene er udført med normal dosering, med halv og med kvart dosering. Sprøjtningerne blev udført med en parcelsprøje med Hardi 4110-12 fladsprededyser med dobbelt overlapning og en væskemængde på 200 l/ha. Toleranceforsøgene er bedømt visuelt for effekt på ukrudt og skade på afgrøden efter en skala 0 - 100, hvor 100 = alt dræbt og 0 = ubehandlet. Ved bedømmelse af effekt er i ubehandlet angivet procent dækning af ukrudt. I alle toleranceforsøgene er udbyttet målt. I både tolerance og i effektforsøgene er ukrudtsarterne talt og vejet artsvis på $3 * 0,25 \text{ m}^2$ ca. 4 uger efter sidste sprøjtning.

Effektforsøgene er udført i roemarker med roer, der er følsomme over for glyphosat.

I de indledende forsøg i 1995 og i 1996 blev forsøgsarbejdet mest rettet imod tolerance og mod roernes vækst og udvikling. Disse forsøg indgår dels i anerkendelsen af Roundup Bio til ukrudtsbekæmpelse i Roundup Ready roer, og dels i en fælles europæisk opgørelse af forsøg fra mange lande (S. Moll, 1997).

I 1997 blev forsøgsarbejdet udført efter den model, vi normalt anvender ved Danmarks JordbrugsForskning i forbindelse med afprøvning af herbicider. Roernes tolerance behandles ikke i dette indlæg, der udelukkende fokuserer på Roundup Bio's effekt over for ukrudtsarterne.

Den strategi, der er lagt i forsøgsplanerne er en 2 split sprøjtning med 3,0 l Roundup Bio pr. ha i hver sprøjtning og en 3 split sprøjtning med 2,0 l Roundup Bio pr. ha i hver sprøjtning. Den totale mængde Roundup Bio der er anvendt som normal dosering er således 6,0 l Roundup Bio pr. ha.

2 split sprøjtningen er udført med 1. sprøjtning, når det største ukrudt havde 5 - 6 blade og 2. sprøjtning, når det største nyfremspirede ukrudt havde 4 blade. 3 split sprøjtningen blev udført med 1. sprøjtning, når det største ukrudt havde 4 blade, 2. og 3. sprøjtning, når det største nyfremspirede ukrudt havde 2 blade. I tabel 1 ses sprøjtedatoerne for de 7 forsøg, der blev udført i 1997. Som det ses er sprøjtedatidspunktet noget senere end normalt i roerne.

Tabel 1. Sprøjtedato for 7 forsøg med Roundup Bio i herbicid resistente roer i 1997.
Date of application of 7 trials with Roundup Bio in herbicide resistant beets in 1997.

Forsøg	2 split sprøjtning		3 split sprøjtning		
	1. spr.	2. spr.	1. spr.	2. spr.	3. spr.
1	3/6	20/6	28/5	11/6	20/6
2	3/6	20/6	28/5	11/6	20/6
3	22/5	19/6	22/5	4/6	19/6
4	4/6	17/6	28/5	17/6	30/6
5	4/6	17/6	28/5	17/6	30/6
6	3/6	20/6	30/5	12/6	20/6
7	3/6	20/6	30/5	12/6	20/6
Traditionel 3 split spr. i 1997			5-7/5	12-23/5	26/5-9/6

Resultater

Resultatet af de 7 forsøg, der blev udført i 1997, er vist som procent effekt på de enkelte ukrudtsarter. Ant angiver antal forsøg, hvor ukrudtsarten er repræsenteret, og % angiver den gennemsnitlige effekt, der er opnået med doseringen som procent effekt. For kvik er effekten opgjort på antal skud ved optællingen, og for enårig rapgræs er effekten opgjort på antal planter. Nederst i tabel 2 og 3 er enårig rapgræs og agerstedmoder delt op i 1 forsøg med konkurrence fra roerne og 3 forsøg uden konkurrence fra roer. For det 2-kimbladede ukrudt er opgørelsen baseret på vægten af ukrudtsplanterne. Opgørelsen er foretaget ca. 4-5 uger efter sidste sprøjtning.

Tabel 2. Effekt af Roundup Bio med 3*2,0 l pr. ha som normal dosering (1/1) og med halv og kvart dosering. Procent effekt på basis af vægt af ukrudtsarterne 4-5 uger efter sidste sprøjtning. Effect of Roundup Bio with 3*2.0 l per ha as normal dose (1/1) and with half and quarter of normal dose. Per cent effect based on weight of weed species 4-5 weeks after latest application.

Doser Ukrudtsart		1/4		1/2		1/1	
		Ant	%	Ant	%	Ant	%
Andet 2-kimbladet	DICOT	7	86	7	98	7	98
Burresnerre	GALAP	2	98	2	100	2	100
Bynkegrå	ARTVU	1	99	1	100	1	100
Fuglegræsalm.	STEME	1	100	1	100	1	100
Gåsefodhvidmelet	CHEAL	6	99	6	100	6	100
Kamillelugtløs	MATIN	5	100	5	100	5	99
Kløverhvid	TRFRE	1	78	1	95	1	100
Kløverrød	TRFPR	1	52	1	83	1	93
Kvikalm.	AGRRE	1	93	1	100	1	100
Pileurtfersken	POLPE	1	100	1	99	1	99
Pileurtsnerle	POLCO	4	85	4	99	4	100
Pileurtvej	POLAV	3	99	3	100	3	100
Rapgræsenårig	POAAN	4	67	4	81	4	79
Stedmoderblomstager	VIOAR	4	55	4	85	4	97
Svinemælkager	SONAR	1	100	1	100	1	100
Tidselager	CIRAR	2	96	2	100	2	99
Tvetand	LAMPU	2	96	2	95	2	99
Valmuekorn	PAPRH	1	100	1	100	1	100
Vortemælkkliden	EPHEX	1	94	1	100	1	98
Vortemælkskräm	EPHHE	1	93	1	100	1	99
Ærenprisstorkronet	VERPE	1	100	1	100	1	100
Ukrudt i alt	TTTTT	7	96	7	100	7	100
Rapgræsenårig 1 forsøg med roer		1	99	1	100	1	100
Rapgræsenårig 3 forsøg uden roer		3	56	3	75	3	72
Agerstedmoder 1 forsøg med roer		1	100	1	100	1	78
Agerstedmoder 3 forsøg med roer		3	96	3	80	3	46

Tabel 3. Effekt af Roundup Bio med 2*3,0 l pr. ha som normal dosering (1/1) og med halv og kvart dosering. Procent effekt på basis af vægt af ukrudtsarterne 4-5 uger efter sidste sprøjtning. Effect of Roundup Bio with 2*3.0 l per ha as normal dose (1/1) and with half and quarter of normal dose. Per cent effect based on weight of weed species 4-5 weeks after latest application.

Doser		1/4		1/2		1/1	
Ukrudtsart		Ant	%	Ant	%	Ant	%
Andet 2-kimbladet	DICOT	7	84	7	96	7	97
Burresnerre	GALAP	2	96	2	99	2	98
Bynkegrå	ARTVU	1	100	1	100	1	100
Fuglegræsalm.	STEME	1	100	1	100	1	100
Gåsefodhvidmelet	CHEAL	6	98	6	100	6	100
Kamillelugtløs	MATIN	5	100	5	100	5	99
Kløverhvid	TRFRE	1	55	1	90	1	100
Kløverrød	TRFPR	1	40	1	59	1	90
Kvikalm.	AGRRE	1	92	1	100	1	100
Pileurtfersken	POLPE	1	100	1	100	1	100
Pileurtsnerle	POLCO	4	74	4	96	4	99
Pileurtvej	POLAV	3	99	3	100	3	100
Rapgræsenårig	POAAN	4	79	4	73	4	83
Stedmoderblomstager	VIOAR	4	40	4	94	4	98
Svinemælkager	SONAR	1	100	1	100	1	100
Tidselager	CIRAR	2	98	2	100	2	100
Tvetandrød	LAMPU	2	99	2	98	2	97
Valmuekorn	PAPRH	1	100	1	100	1	99
Vortemælkilden	EPHEX	1	100	1	100	1	100
Vortemælkskræm	EPHHE	1	94	1	98	1	96
Ærenprisstorkonet	VERPE	1	87	1	100	1	100
Ukrudtialt	TTTTT	7	94	7	99	7	100
Rapgræsenårig 1 forsøg me droer		1	99	1	100	1	100
Rapgræsenårig 3 forsøg uden roer		3	72	3	63	3	78
Agerstedmoder 1 forsøg med roer		1	98	1	99	1	73
Agerstedmoder 3 forsøg med roer		3	98	3	92	3	28

Udover at tælle og veje ukrudtsarterne blev ukrudtet bedømt i slutningen af august. Bedømmelsen blev foretaget på den samlede bestand af ukrudt. I de ubehandlede parceller blev dækningsgraden af ukrudtet bedømt, der er ikke taget hensyn til roerne i disse parceller, men

roerne har i nogle af forsøgene klaret sig nogenlunde i konkurrencen med ukrudtet. I de behandlede parceller blev ukrudtet bedømt som procent effekt på biomassen i forhold til ubehandlet. Effekten af sprøjtingen er vist i tabel 4, for 2 forsøg med roer og for 5 forsøg uden roer.

Tabel 4. Bedømmelse på 2-kimbladet ukrudt sidst i august. Ubehandlet = dækningsgrad, led 2 – 7 = procent effekt. Evaluation of dicotyledonous weeds late in August. Untreated = coverage, parcel 2-7 = per cent effect.

	2 forsøg med roer	5 forsøg uden roer
1 Ubehandlet	44	73
2 Roundup Bio 2 * 3,0 l/ha	100	88
3 Roundup Bio 2 * 1,5 l/ha	100	85
4 Roundup Bio 2 * 0,75 l/ha	75	69
5 Roundup Bio 2 * 3,0 l/ha	99	90
6 Roundup Bio 2 * 1,5 l/ha	99	87
7 Roundup Bio 2 * 0,75 l/ha	91	75

I et forsøg er Roundup Bio undersøgt for effekt mod kvik ved en strategi, hvor 1. sprøjting udføres, når det 2-kimbladede ukrudt har 5-6 blade med en dosering, der tilpasses ukrudtsarterne. 2. sprøjting udføres ca. 3 uger senere med en dosering på 3,0 l pr. ha. I 1997 svarede det til 1. og 3. sprøjting i 3 split sprøjtingen.

Denne strategi har totalt bekämpet en kvikmængde, der var på 349 skud pr. m² ved ukrudtsoptællingen d. 21/7, og parcellerne var stadig helt uden kvik ved roehøsten i november.

Til sammenligning med ukrudtsbekæmpelse i Roundup Ready roer med Roundup Bio er medtaget tabel 5 med en traditionel løsning på ukrudtsproblemet i sukkerroer. I forsøgene vist i tabel 5, er roer og ukrudt behandlet med en 3 split sprøjting med phenmedipham + ethofumesat + metamitron + olie. Sprøjtestategien er udvalgt som en, der giver en høj effektivitet over for ukrudtet samt en god sikkerhed for et ensartet resultat fra gang til gang. I tabellen indgår forsøg med 3 herbicider f.eks. Herbasan + Ethosan + Goltix WG og forsøg med 2 herbicider f.eks. Betanal Optima + Goltix WG. Alle forsøg med de valgte midler er medtaget i tabellen, når de har opfyldt kravene til dosering og til 3 split sprøjting med 1. sprøjting på ukrudtets kimbladstadie, 2. og 3. sprøjting på nyfremspiret ukrudt.

Tabel 5. Effekt af Phenmedipham + Ethofumesat + Metamitron + olie med en normal dosering og med halv og kvart dosering. Vedr. doseringer se tabel 6. Procent effekt på basis af vægt af ukrudtsarterne 4-5 uger efter sidste sprøjtning. Effect of Phenmedipham+Ethofumesat+Metamitron+oil with a normal dose and half and quarter of normal dose. Concerning dosis table 6. Per cent effect based on weight of the weeds species 4-5 weeks after latest application.

Doser Ukrudtsart		¼		½		1/1		2/1	
		Ant	%	Ant	%	Ant	%	Ant	%
Andet 2-kimbladet	DICOT	0	0	27	93	65	96	23	99
Arverød	ANGAR	0	0	2	92	2	100	0	0
Brøndselflignet	BIDTR	0	0	2	26	2	87	0	0
Burresnerre	GALAP	0	0	4	91	7	86	3	99
Forglemmigejmark	MYOAR	0	0	1	100	3	99	1	100
Fuglegræsalm.	STEME	0	0	13	100	33	100	12	100
Gåsefodhvidmelet	CHEAL	0	0	22	99	53	99	20	100
Hanekro	GAESS	0	0	2	99	2	100	0	0
Hanekroalm.	GAETE	0	0	0	0	2	97	0	0
Hundegræs	DACGL	0	0	1	73	1	88	0	0
Hundepersille	AETCY	0	0	2	55	2	74	0	0
Hyrdetaske	CAPBP	0	0	7	100	21	100	6	100
Jordrøglæge	FUMOF	0	0	0	0	4	98	2	99
Kamilleglugtløs	MATIN	0	0	12	97	31	98	9	100
Kamilleskive	MATMT	0	0	6	92	14	99	5	100
Limurtnat	SILNO	0	0	9	100	20	99	8	100
Mældesvine	ATXPA	0	0	0	0	3	98	2	100
Natskyggesort	SOLNI	0	0	3	87	4	98	0	0
Nældeliden	URTUR	0	0	0	0	4	100	0	0
Pileurtfersken	POLPE	0	0	4	96	12	96	2	100
Pileurtsnerle	POLCO	0	0	16	93	37	96	17	99
Pileurtvej	POLAV	0	0	5	84	15	88	5	98
Rapgræsenårig	POAAN	0	0	9	95	22	97	8	100
Raps	BRSNW	0	0	11	88	14	97	6	97
Sennepager	SINAR	0	0	1	100	5	99	1	100
Stedmoderblomstager	VIOAR	0	0	23	91	49	98	21	99
Tvetandrød	LAMPU	0	0	15	99	32	99	10	100
Valmuekorn	PAPRH	0	0	0	0	2	97	0	0
Vortemælkilden	EPHEX	0	0	1	74	1	82	0	0
Ærenpristorkronet	VERPE	0	0	11	98	18	99	10	100
Ukrudtialt	TTTTT	0	0	27	95	65	98	23	100

Doseringen af de enkelte virksomme stoffer vil variere, når så mange herbicider sættes sammen i en tabel. I tabel 6 er vist variationen i de anvendte herbicider.

Tabel 6. Mængden af virksomt stof ved normal (1/1) dosering med herbiciderne i tabel 5.
The quantity of active ingredient with a normal (1/1) dose of the herbicides in table 5.

Virksomt stof	g.v.s. pr. ha.
Phenmedipham	270 - 720
Ethofumesat	240 - 360
Metamitron	2100 - 2115
I alt	2715 - 3090

Som det ses er variationen stor, men den totale mængde fra herbicid til herbicid varierer mindre. I de herbicider, der indgår i tabel 5, har den laveste mængde været på 2715 g pr. ha og den største på 3090 g pr. ha.

Diskussion

Som det fremgår af tabel 2, 3 og 5 på effekttal for ukrudt i alt modsvarets $\frac{1}{4}$ dosering Roundup Bio af $\frac{1}{2}$ dosering af traditionelle herbicider. Det samme gør sig gældende med sammenligningen af $\frac{1}{2}$ dosering Roundup Bio med 1/1 dosering af traditionelle herbicider.

Der er som altid, når forskellige herbicider sammenlignes, forskel på ukrudtsarternes følsomhed ved begge bekämpelsesmetoder, men det er ikke de samme ukrudtsarter, hvor det er nødvendigt at hæve doseringen for at få effekt nok.

Roundup Bio kan bekæmpe langt de fleste ukrudtsarter med $\frac{1}{4}$ dosering, kun ved ganske få ukrudtsarter må doseringen hæves til $\frac{1}{2}$ eller til 1/1 dosering. Når ukrudtsarten behøver en højere dosering, ser det ud som om 3 split sprøjtningen med Roundup Bio er lidt bedre end 2 split sprøjtningen. Forsøgene i 1997 viste, at hvidkløver og snerlepileurt skal doseres med $3 \cdot 1,0$ l pr. ha i alt for at opnå en tilstrækkelig høj effekt. Agerstedmoder og rødkløver har i forsøgene været så modstandsdygtige, at de behøvede $3 \cdot 2,0$ l Roundup Bio pr. ha i alt, før effekten var så høj, at bekämpelsen var tilstrækkelig. Blot en enkelt af de 3 sprøjtninger med en høj dosering ville formodentlig kunne have løst problemet lige så godt. At agerstedmoder skal have en så høj dosering, før effekten bliver tilstrækkelig høj, er lidt overraskende. De kommende års forsøg og erfaringer fra praktisk anvendelse vil vise, om disse resultater holder, hvad de lover. Nederst i tabel 2 og 3, hvor resultaterne er delt op i forsøg med og uden roer, ses en tydelig forskel på effekten på agerstedmoder og på enårig rapgræs, når konkurrencen fra roerne mangler, det kan derfor formodes, at agerstedmoder kan bekæmpes med ca. 1,0 l Roundup Bio pr. ha fulgt op af $2 \cdot 0,5$ l pr. ha.

Enårig rapgræs er ligeledes meget afhængig af, om der er konkurrence fra roerne eller ej, for at bekämpelsen skal blive høj. Datamængden er lidt spinkel, men resultaterne er helt i overensstemmelse med almindelig viden om Roundup Bio's effekt på græsser og om enårig

rapgræs' evne til at spire frem på alle tider af året, når der ikke er konkurrence fra andre planter.

De 2-kimbladede ukrudtsplanter udvikler sig også langt kraftigere, når der ikke er konkurrence fra en afgrøde. Tallene i tabel 4 stammer fra en bedømmelse i slutningen af august. Bedømmelsen er giver som procent effekt på ukrudts biomasse, og selv om effekten er rimelig høj i forsøgene uden konkurrence, er der meget mere ukrudt i disse forsøg end i forsøgene med roer, da ukrudtsmængden i de ubehandlede var meget større.

I 1997 var betingelserne for at opnå en høj effekt af herbiciderne gode, det gælder også for Roundup Bio. Det kunne derfor formodes, at de kommende års ukrudtsbekämpelse med Roundup Bio vil kræve en lidt højere dosering, end det var nødvendigt i roer i 1997. Men da de viste resultatet i tabel 2 og 3 stammer mest fra forsøgene uden roer og dermed uden konkurrence, hvilket altid resulterer i lidt dårligere effekter, også selv om optællingen fandt 4 – 5 uger efter sidste sprøjtning, må det formodes, at de opnåede effekter også vil kunne opnås med de samme doseringer i de kommende år.

Konklusion

Doseringen af Roundup Bio i Roundup Ready roer vil som udgangspunkt for 1 sprøjtning kunne sættes til 0,5 l pr. ha. Kun hvis 1 eller flere af de for Roundup Bio vanskeligt bekæmpelige ukrudtsarter findes i marken, må doseringen sættes op.

Sandsynligheden for at opnå en vellykket ukrudtsbekämpelse med Roundup Bio er stor ved sprøjtninger i de første 3 uger af juni. Klimaet er gunstigt for en god virkning, ukrudtet vil yderst sjældent lide af vandmangel eller andre stress faktorer, og endelig er friheden til at vælge en god sprøjtedag langt større end ved sprøjtning med de nu anvendte herbicider i roer, idet det ideelle sprøjtetidspunkt kan vælges indenfor 8 – 10 dage mod nu ofte kun 2 – 3 dage. Endelig er risikoen for en mislykket sprøjtning til at leve med, idet den altid kan udbedres ved den efterfølgende sprøjtning eventuel med en lidt højere dosering.

Doseringsbehovet for Roundup Bio i en roemark med Roundup resistente roer vil således ende på 540 – 1000 g Glyphosat pr. ha og ca. 700 g mere, hvis der skal bekæmpes kvik. Forbruget af herbicider med en god blanding, der efterlader en roemark fri for ukrudt er på ca. 2800 g virksomt stof og på ca. 3000 g, hvis der skal bekæmpes kvik. Gennemsnitsforbruget af herbicider i roemarker i Danmark var i 1995 på 2989 g og i 1996 på 2581 g virksomt stof pr. ha.

Sammendrag

Ukrudtsbekämpelse med Roundup Bio i genmodificerede glyphosat resistente sukkerroer er undersøgt ved Danmarks JordbrugsForskning i 3 år. Doseringen blev sat til 3*2,0 l/ha eller 2*3,0 l/ha som normal dosering, derudover blev Roundup Bio testet ved halv og kvart dosering. Langt de fleste ukrudtsarter kunne bekæmpes tilstrækkeligt med kvart dosering. Anvendelse af en 3 split sprøjtestrategi synes lidt mere effektiv end en 2 split sprøjtestrategi. Ved anvendelsen af denne metode til at bekæmpe ukrudt i bederoer kan forbruget af herbicider

reduceres fra ca. 3,0 kg virksomt stof pr. ha til 0,5 – 1,2 kg/ha i langt de fleste marker.

Litteratur

- Jensen P.E.* 1997. Results from testing herbicides and growth regulators Danmarks JordbruksForskning 1990-97 vol 2
- Madsen K.H., Blacklow W.M. & Jensen J.E.* 1996. Simulation of herbicide-use in a crop rotation with transgenic herbicide resistant sugarbeet. Proceedings of the Second International Weed Control Congress, Vol. IV, p. 1387-1391.
- Madsen K.H., Streibig J.C. & Jensen, J.E.* 1995. Herbicidresistente afgrøder - Indflydelse på herbicidforbrug og miljømæssige konsekvenser. 12. Danske Planteværnskonference, Ukrudt, SP rapport nr. 3, 221-230.
- Miljøstyrelsen.* 1996. Bekæmpelsesmiddelstatistik 1996. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 10 1997.
- Moll S.* 1997. Commercial experience and benefits from glyphosate tolerant crops. The 1997 Brighton Crop Protection Conference - Weeds.

Ukrudtsbekämpelse i glyphosatresistente bederoer-

betydningen af ukrudtets størrelse

Weed control in glyphosate tolerant beets -

influence of weed growth stage

Per Kudsk & Solveig K. Mathiassen

Danmarks JordbruksForskning

Afdeling for Plantebeskyttelse

Forskningscenter Flakkebjerg

DK-4200 Slagelse

Summary

The effect of glyphosate on 19 weed species at three growth stages was examined in an outdoor pot trial. Glyphosate was applied at five doses and ED₅₀ and ED₉₀ doses were estimated using non-linear regressions. The results revealed major differences in the susceptibility of the weed species to glyphosate. All broadleaf weed species were more susceptible to glyphosate at the early growth stage than at the two later growth stages. On basis of the results it was possible to group the weeds according to their susceptibility to glyphosate and the influence of growth stage on glyphosate performance.

Indledning

I de seneste år har dyrkningen af genmodificerede herbicidtolerante afgrøder for alvor vundet udbredelse i USA og Canada (Moll, 1997; Rasche & Gadsby, 1997). I Europa arbejdes der også med herbicidtolerante afgrøder, og en af de afgrøder, hvor udviklingen er længst fremme er bederoer. Bederoer med indbygget tolerance over for enten glyphosat eller glufosinat vil gøre ukrudtsbekämpelsen i denne afgrøde både billigere og mere effektiv end med de nuværende herbicider (Timmerman, 1995).

Det var ventet, at der allerede i år ville blive givet tilladelse til dyrkning af glyphosatresistente foderroer, men p.t. er det usikkert, om tilladelsen vil blive givet. I givet fald vil Danmark være det første land, hvor der ville blive dyrket genmodificerede herbicidtolerante bederoer.

I modsætning til de hidtil anvendte bederoeherbicider har glyphosat effekt på næsten alle ukrudtsarter, og selv stort ukrudt vil oftest kunne bekæmpes. Dette betyder, at det ikke længere er nødvendigt at påbegynde ukrudtsbekämpelsen, mens det første hold ukrudt stadig er på kimbladstadiet, men at man kan vente indtil ukrudtet begynder at konkurrere med bederoerne.

Glyphosat har ingen jordeffekt, og hvis den første sprøjtning udføres tidligt, vil man som regel skulle sprøjte flere gange, end hvis man udskyder den første sprøjtning. Hvorvidt man bør vælge en strategi, hvor man starter ukrudtsbekæmpelsen tidligt og sprøjter tre gange, eller en strategi, hvor man starter ukrudtsbekæmpelsen senere og derved reducerer antallet af sprøjtninger til to, afhænger blandt andet af, hvor meget doseringen skal forøges for at kunne bekæmpe stort ukrudt med samme effekt som småt ukrudt. Hvis ukrudtets størrelse har stor indflydelse på doseringsbehovet af glyphosat, kan det være både billigere og mere sikkert at vælge en strategi med flere sprøjtninger og lavere doseringer end en strategi med få sprøjtninger og højere doseringer.

For at kunne afgøre hvilken strategi, der er den optimale, er det nødvendigt at vide, hvor meget effekten af glyphosat varierer med ukrudtets størrelse på forskellige ukrudtsarter. Formålet med nærværende undersøgelse var at bestemme betydningen af ukrudtets størrelse på effekten af glyphosat over for 19 ukrudtsarter.

Metodebeskrivelse

Planterne blev dyrket udendørs i 2 liter potter i et dyrkningsmedium bestående af jord, sand og sphagnum (2:1:1 % vægt) tilsat alle nødvendige næringsstoffer. Følgende ukrudtsarter indgik i forsøget: hundepersille (*Aethusa cynapium*), hvidmelet gåsefod (*Chenopodium album*), alm. hanespore (*Echinochloa crus-galli*), hejrenaeb (*Erodium cicutarium*), skærm vortemælk (*Euphorbia helioscopia*), burresnerre (*Galium aparine*), kløftet storkenæb (*Geranium dissectum*), rød tvetand (*Lamium purpureum*), vejpileurt (*Polygonum aviculare*), snerle-pileurt (*Polygonum convolvulus*), bleg pileurt (*Polygonum lapathifolium*), agersennep (*Sinapis arvensis*), sort natskygge (*Solanum nigrum*), fuglegræs (*Stellaria media*), hvidkløver (*Trifolium repens*), lugtløs kamille (*Tripleurospermum inodorum*), liden nælde (*Urtica urens*), storkronet ærenpris (*Veronica persica*) og agerstedmoder (*Viola arvensis*). Potterne var placeret på et bord og blev automatisk undervandet. I forsøget indgik 3 udviklingstrin af hver ukrudtsart. Hovedformålet med forsøget var at undersøge betydningen af ukrudtets udviklingstrin, og de 3 udviklingstrin blev derfor sået forskudt, således at de kunne sprøjtes samtidigt. På denne måde blev det undgået, at f.eks. forskelle i klimaet på sprøjtetidspunktet fik indflydelse på konklusionerne vedrørende betydningen af ukrudtets størrelse.

Forsøget blev igangsat i midten af maj, hvor udviklingstrin 3 blev sået. Udviklingstrin 2 blev sået umiddelbart efter, at udviklingstrin 3 var fremsporet, og tilsvarende blev udviklingstrin 1 sået umiddelbart efter, at udviklingstrin 2 var fremsporet. Efter endt fremsporing blev antallet af planter pr. potte reduceret til et ensartet antal for hver ukrudtsart og udviklingstrin.

Sprøjtningen af de enkelte ukrudtsarter blev udført, da det mindste udviklingstrin havde 0-2 løvblade. Sprøjtningerne blev udført i en pottesprøjte. Der blev anvendt Hardi 4110-14 fladspreddyser og en væskemængde på 155 l/ha. Den anvendte formulering af glyphosat var Roundup Bio, der indeholder 360 g glyphosat/l, og hver ukrudtsart blev sprøjtet med 5 doseringer af glyphosat. Den maksimale glyphosatdosering varierede mellem ukrudtsart og

udviklingstrin (fra 108 til 540 g vs/ha). Planterne blev høstet 21-25 dage efter sprøjtingen, hvor der blev bestemt frisk- og tørvægt.

Friskvægtsresultaterne blev omregnet til relative tal, idet friskvægten af den ubehandlede inden for hver ukrudtsart og udviklingstrin blev sat til værdien 100. Inden for hver ukrudtsart blev resultaterne analyseret ved hjælp af nonliniære regressioner, idet følgende logistiske doseringsmodeller blev fittet til friskvægtsresultaterne:

$$U = \frac{D - C}{1 + \exp(2b(\log(ED_{50}) - \log(z)))} + C$$

og

$$U = \frac{D - C}{1 + \exp(2b(\log(ED_{90}) + 1.099 / b - \log(z)))} + C$$

hvor U er friskvægten, z er glyphosatdoseringen, D og C er henholdsvis doseringskurvens øvre og nedre asymptote, ED_{50} og ED_{90} er de doseringer, der resulterer i henholdsvis en 50 og 90% reduktion i friskvægten, og b er hældningen omkring ED_{50} . For en række ukrudtsarter vedkommende var friskvægten ved de højeste doseringer nul, og i disse tilfælde blev C parameteren udeladt. I andre tilfælde var friskvægten ved de højeste doseringer næsten lig nul, og i disse tilfælde blev det undersøgt, hvorvidt det var nødvendigt at medtage C parameteren. Modellernes anvendelighed blev undersøgt ved hjælp af en test for "lack of fit".

De 19 ukrudtsarter blev sprøjtet over 5 dage, og for bedre at kunne sammenligne resultaterne blev agersennep på 2-4 bladstadiet medtaget som en slags reference på hver sprøjtedag. Ved at sammenligne ED_{50} og ED_{90} doseringerne for agersennep på de forskellige sprøjtedage var det muligt at bestemme, om effekten af glyphosat varierede mellem sprøjtedagene og eventuelt at korrigere for denne variation, således at resultaterne for de 19 ukrudtsarter blev mere sammenlignelige.

Resultater og diskussion

Effekten af glyphosat over for agersennep på 2-4 bladstadiet var ikke signifikant forskellig på de 5 sprøjtedage (ED_{50} varierede fra 25.2 til 33.3 g vs/ha) og der blev derfor ikke foretaget en korrektion af ED_{50} og ED_{90} doseringerne for de øvrige ukrudtsarter.

Væksthastigheden var meget forskellig for de enkelte ukrudtsarter. Da sprøjtetidspunktet blev bestemt af udviklingstrin 1, var der kun små forskelle mellem ukrudtsarterne på dette udviklingstrin. På udviklingstrin 2 varierede antallet af blade fra 4 til 14, og på udviklingstrin 3 havde visse ukrudtsarter bl.a. agerstedmoder og storkronet ærenpris nået blomstringsstadiet (tabel 1).

Da maj måned var kold, var tidsintervallet imellem såning af udviklingstrin 3 og 2 længere end intervallet mellem udviklingstrin 2 og 1, og på sprøjtetidspunktet var udviklingstrin 3 generelt på et senere udviklingstrin end planlagt. I relation til ukrudtsbekämpelse i glyphosatresistente bederoer, betyder det, at udviklingstrin 1 og 2 er de mest relevante, mens udviklingstrin 3 repræsenterer en situation, hvor der sprøjtes for sent.

Tabel 1. Estimerede ED₅₀ og ED₉₀ doseringer for glyphosat over for 19 ukrudtsarter på 3 udviklingstrin. Tallene i parentes er standardafvigelser. Estimated ED₅₀ and ED₉₀ doses of glyphosate on 19 weed species at 3 growth stages. Figures in parentheses are standard errors.

Ukrudtsart	Udviklingstrin	ED ₅₀ (g vs/ha)	ED ₉₀ (g vs/ha)
Hundepersille	1-2 blade	67.6 (5.6)	114.6 (6.1)
	4-5 blade	92.3 (9.8)	191.4 (13.0)
	15-20 cm høj	197.3 (39.0)	308.9 (275.0)
Hvidmelet gåsefod	2 blade	30.7 (2.8)	53.8 (3.0)
	8 blade	54.7 (8.3)	122.9 (24.6)
	30 cm høj	58.3 (10.1)	103.0 (24.1)
Alm. hanespore	2 blade	60.8 (7.6)	96.5 (5.2)
	4-5 blade	35.7 (3.7)	67.2 (7.3)
	30 cm høj	46.1 (8.2)	119.1 (35.2)
Hejrenæb	2-4 blade	18.9 (1.5)	66.2 (3.1)
	8-10 blade	35.1 (2.7)	104.5 (6.4)
	14-16 blade	76.4 (5.3)	182.4 (13.5)
Skærm vortemælk	2-4 blade	30.3 (2.0)	50.9 (2.4)
	12-14 blade	43.7 (5.1)	96.9 (8.9)
	15 cm høj, knopstadiet	73.8 (11.0)	184.8 (45.9)
Burresnerre	1 bladkrans	10.8 (1.8)	23.5 (2.7)
	3-4 bladkransse	18.8 (4.4)	59.6 (9.2)
	8-10 bladkransse, 30 cm høj	55.1 (20.0)	289.3 (57.4)
Kløftet storkenæb	2 blade	21.3 (1.6)	34.3 (1.7)
	6-8 blade	25.8 (2.8)	49.6 (4.4)
	14-16 blade	28.8 (4.3)	87.4 (11.1)
Rød tvetand	2 blade	14.2 (1.9)	27.5 (2.0)
	6 blade	24.3 (3.7)	91.9 (11.0)
	Blomstring	88.0 (12.2)	194.9 (100.8)
Vejpileurt	1-2 blade	59.6 (4.9)	103.4 (4.9)
	10-12 cm lange stængler	62.6 (8.7)	130.4 (22.4)
	16-22 cm lange stængler	97.7 (16.4)	158.6 (33.8)
Snerle-pileurt	1 blad	21.0 (4.0)	46.7 (5.8)
	5-6 blade	63.3 (21.8)	244.6 (47.7)
	8-10 blade, 20-30 cm stængler	68.7 (29.5)	392.8 (97.3)
Bleg pileurt	2 blade	25.6 (2.1)	49.1 (2.3)
	30 cm høj	219.2 (27.4)	685.4 (229.6)
	40 cm høj	>270	>>270
Agersennep	2 blade	9.3 (1.5)	33.5 (3.2)
	5 blade	15.9 (2.4)	58.1 (5.6)
	8 blade, knopstadiet	29.5 (5.7)	130.3 (32.8)
Sort natskygge	2 blade	12.7 (1.2)	25.4 (1.7)
	7-8 blade	29.1 (5.2)	94.8 (13.0)
	10-14 blade, blomstring	74.1 (17.9)	293.6 (135.1)
Fuglegræs	2 blade	7.3 (0.8)	12.5 (1.0)
	8-14 blade	14.9 (2.2)	32.0 (3.0)
	15-20 cm stængler, blomstring	35.6 (8.2)	109.5 (27.8)
Hvidkløver	2 blade	52.2 (7.6)	160.9 (13.4)
	4 blade	60.0 (8.3)	206.1 (17.9)
	15 cm lange stængler	76.0 (17.0)	498.2 (66.0)
Lugtløs kamille	4 blade	14.2 (1.4)	25.6 (1.8)
	10 cm roset	29.3 (5.8)	117.6 (14.7)
	18-20 cm høj	58.5 (13.5)	191.2 (62.6)
Liden nælde	2 blade	32.4 (5.6)	80.8 (8.7)
	6-8 blade	137.7 (36.0)	540.2 (95.8)
	30-40 cm høj	>540	>>540
Storkronet ærenpris	2 blade	19.8 (2.3)	38.2 (2.9)
	8 blade	17.7 (3.7)	77.1 (9.7)
	Blomstring	36.5 (10.2)	254.4 (48.5)
Agerstedmoder	1-2 blade	19.0 (2.6)	43.4 (4.1)
	6-8 blade	29.3 (5.4)	77.6 (8.7)
	Blomstring	80.6 (24.3)	476.1 (318.7)

Glyphosat dosering**0**

Fuglegræs

Burresnerre, Sort natskygge, Lugtløs karnille **25**

Rød tvetand

Kløftet storkenæb, Agersennep

Storkronet ærenpris

Agerstedmoder, Snerle-pileurt

Bleg pileurt, Skærm vortemælk

Hvidmelet gåsefod

Hejrenæb

Liden nælde

Vejpileurt, Alm. hanespore

Hundepersille

Hvidkløver

Fuglegræs

Kløftet storkenæb

Agersennep, Burresnerre

Storkronet ærenpris, Agerstedmoder

Alm. hanespore

Rød tvetand, Sort natskygge

Skærm vortemælk

Hejrenæb

Lugtløs karnille, Hvidmelet gåsefod

Vejpileurt

50Hundepersille
Hvidkløver
Snerle-pileurt**100****200****400**

Liden nælde

Bleg pileurt

800

Figur 1. Skematisk opstilling af ukrudtsarterne på udviklingstrin 1 og 2 efter følsomhed over for glyphosat (ED₉₀ doseringer). Schematic ranking of weed species at growth stages 1 and 2 according to susceptibility to glyphosate (ED₉₀ doses).

De estimerede ED₅₀ og ED₉₀ doseringer er vist i tabel 1. Det var muligt at estimere ED₅₀ og ED₉₀ doseringer for samtlige ukrudtsarter og udviklingstrin med undtagelse af udviklingstrin 3 af bleg pileurt og liden nælde. For bleg pileurts vedkommende skyldtes dette sandsynligvis, at der var anvendt for lave doseringer. Derimod var der anvendt den maksimale dosering af

glyphosat (540 g vs/ha) over for liden nælde, og den lave effekt må i dette tilfælde tilskrives, at store planter af denne ukrudtsart ikke er særlig følsomme over for glyphosat.

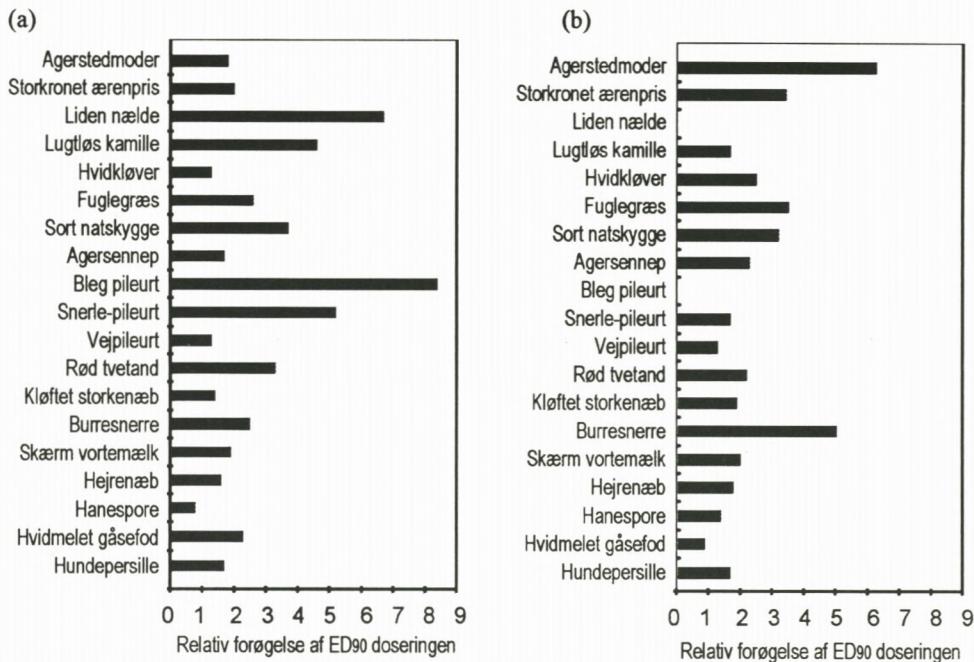
I figur 1 er ukrudtsarterne opstillet efter følsomhed (ED₉₀ dosering) for henholdsvis udviklingstrin 1 og 2. Det er tydeligt, at sprøjting på et senere udviklingstrin generelt kræver en højere dosering af glyphosat for at opnå samme effekt. Eneste undtagelse er alm. hanespore. Alm. hanespore var den eneste græsukrudtsart i forsøget, og det er påfaldende, at det også er den eneste art, som ikke bliver sværere at bekæmpe jo senere, der sprøjtes. Hvorvidt udviklingstrinnet generelt er af mindre betydning for effekten af glyphosat over for græsukrudtsarter end over for tokimbladede ukrudtsarter vil blive undersøgt nærmere i denne vækstsæson.

Af figur 1 fremgår det, at der er stor forskel på ukrudtsarternes følsomhed. På udviklingstrin 1 var der en faktor 13 i forskel mellem den mest følsomme art, fuglegræs, og den mest tolerante art, hvidkløver. På udviklingstrin 2 var forskellen mellem fuglegræs og bleg pileurt, som var henholdsvis den mest og mindst følsomme art, en faktor 21. Af de undersøgte arter var pileurtarterne, hundepersille, liden nælde og hvidkløver de arter, der generelt var sværest at bekæmpe, mens arter som fuglegræs, agersennep, kloftet storkenæb, burresnerre og storkronet ærenpris var forholdsvis lette at bekæmpe.

En sammenligning af rækkefølgen af ukrudtsarterne ved henholdsvis udviklingstrin 1 og 2 viser, at visse ukrudtsarter har den samme placering f.eks. fuglegræs og hundepersille, som er henholdsvis lette og svære at bekæmpe uanset udviklingstrin. Der er imidlertid også nogle ukrudtsarter, som er placeret forskelligt ved de to udviklingstrin. Et eksempel er lugtløs kamille, som er blandt de letteste at bekæmpe på udviklingstrin 1, men som på udviklingstrin 2 hører til blandt de sværere bekæmpelige. Et sådant skift i position indikerer, at udviklingstrinnet har større indflydelse på effekten af glyphosat over for lugtløs kamille end over for en række af de øvrige ukrudtsarter. For bedre at kunne sammenligne betydningen af ukrudtets størrelse, blev forholdet mellem ED₉₀ doseringerne ved de enkelte udviklingstrin beregnet, og disse resultater er vist i figur 2.

Den største forøgelse i ED₉₀ doseringen, når udviklingstrin 1 og 2 sammenlignes, er fundet med liden nælde og bleg pileurt, hvor det var nødvendigt at øge doseringen med henholdsvis en faktor 6.7 og 8.2 for at fastholde en 90% effekt. Over for lugtløs kamille, sort natskygge, snerle-pileurt og rød tvetand var det nødvendigt at forøge doseringen mellem 3.3 og 5.2 gange, mens det over for de fleste af de øvrige ukrudtsarter kun var nødvendigt at øge doseringen mellem 1.5 og 2.5 gange.

En tilsvarende sammenligning af ED₉₀ doseringerne ved udviklingstrin 2 og 3 viser, at det specielt er over for agerstedmoder, storkronet ærenpris, fuglegræs, sort natskygge og burresnerre, at det er nødvendigt at forøge glyphosatdoseringen for at fastholde effekten. Med undtagelse af burresnerre, var disse arter i blomstringsstadiet på udviklingstrin 3, hvilket sandsynligvis forklarer den store forskel på følsomhed imellem udviklingstrin 2 og 3. Som tilfældet var ved sammenligningen af udviklingstrin 1 og 2, blev der med de fleste ukrudtsarter fundet, at det var nødvendigt at forøge doseringen mellem 1.5 og 2.5 gange på udviklingstrin 3 i forhold til udviklingstrin 2 for at fastholde en effekt på 90%.



Figur 1. Den relative forøgelse af ED₉₀ doseringen af glyphosat ved sammenligning af henholdsvis (a) udviklingstrin 1 og 2 og (b) udviklingstrin 2 og 3. Relative increase in the ED₉₀ doses comparing (a) growth stages 1 and 2 and (b) growth stages 2 and 3.

På grundlag af resultaterne fra dette forsøg er det muligt at gruppere ukrudtsarterne i 4 grupper i forhold til følsomhed over for glyphosat og udviklingstrinnets betydning på effekten af glyphosat. Ved vurderingen af udviklingstrinnets betydning er der set bort fra udviklingstrin 3, da dette udviklingstrin ikke repræsenterer et relevant sprøjtedidspunkt i praksis. Gruppe 1 består af ukrudtsarter, som er meget lette at bekæmpe, og hvor udviklingstrinnet kun har lille indflydelse på effekten af glyphosat. Eksempler på ukrudtsarter i denne gruppe er fuglegræs, agersennep og kløftet storkenæb. Gruppe 2 er de ukrudtsarter, som generelt er lette at bekæmpe, men hvor udviklingstrinnet har stor indflydelse, hvilken dosering af glyphosat, det er nødvendigt at anvende. Eksempler på ukrudtsarter i gruppe 2 er lugtlos kamille, sort natskygge og rød tvetand. Gruppe 3 er ukrudtsarter, som kræver en høj dosering af glyphosat allerede på det tidligste udviklingstrin, men hvor udviklingstrinnet kun har lille indflydelse på følsomheden over for glyphosat. Eksempler på sådanne ukrudtsarter er hundepersille, vejpileurt og hvidkløver. Gruppe 4, som er den potentielt mest problematiske gruppe, består af de ukrudtsarter, som er svære at bekæmpe allerede på et tidligt udviklingstrin, og som bliver meget vanskelige at bekæmpe på senere udviklingstrin. Eksempler på ukrudtsarter i denne gruppe er liden nælde, snerle-pileurt og bleg pileurt.

Sammenfattende kan det konkluderes, at effekten af glyphosat over for tokimbladede ukrudtsarter generelt er lavere på sene end på tidlige udviklingstrin, men at de fleste af de 19 undersøgte ukrudtsarter kan bekæmpes tilfredsstillende selv på meget sene udviklingstrin. Det betyder, at man i de fleste tilfælde kan udsætte den første sprøjtning uden at løbe nogen risiko for ikke at kunne opnå en tilfredsstillende ukrudtsbekæmpelse. Det faktum, at alle de undersøgte tokimbladede ukrudtsarter var mest følsomme på det tidligste udviklingstrin indikerer imidlertid, at man med en strategi, hvor første sprøjtning udføres tidligt, vil kunne minimere den totale anvendelse af glyphosat. En sådan strategi vil som regel kræve en ekstra kørsel, og vil derfor måske ikke altid være rentabel. Observationer i markforsøg har vist, at man ved at undlade at bekæmpe ukrudtet på de meget tidlige udviklingstrin mindske problemerne med angreb af jordboende skadedyr og trips, hvilket er et yderligere argument for at påbegynde ukrudtsbekæmpelse så sent som muligt. Hvis en eller flere af ukrudtsarterne i gruppe 4 er dominerende i marken, bør første sprøjtning imidlertid udføres tidligt for at sikre en god ukrudtsbekæmpelse. Fremtidige markforsøg må klarlægge hvilken strategi, der er den optimale over for disse problemukrudtsarter, således at man foruden en effektiv ukrudtsbekæmpelse også får udnyttet de andre fordele, der kan være ved at dyrke glyphosatresistente bederoer.

Dansk sammendrag

Effekten af glyphosat over for 19 ukrudtsarter på 3 udviklingstrin blev undersøgt i et udendørs potteforsøg. Planterne blev sprøjtet med 5 doseringer af glyphosat, og ED₅₀ og ED₉₀ doseringer blev estimeret ved hjælp af nonlinier regression. Forsøget viste, at der var stor forskel i ukrudtsarternes følsomhed over for glyphosat. Alle de tokimbladede ukrudtsarter var mest følsomme på det tidligste udviklingstrin. På grundlag af resultaterne var det muligt at gruppere ukrudtsarterne i 4 grupper efter deres følsomhed over for glyphosat samt udviklingstrinnets betydning for effekten af glyphosat.

Litteratur

- Moll S.* 1997. Commercial experience and benefits from glyphosate tolerant crops. Proceedings of the 1997 Brighton Crop Protection Conference-Weeds, 931-940.
- Rasche E. & Gadsby M.* 1997. Glufosinate ammonium tolerant crops-international commercial developments and experiences. Proceedings of the 1997 Brighton Crop Protection Conference-Weeds, 941-946.
- Timmerman B.R.L.* 1995. Sugar beets tolerant to non-selective herbicides-a seed company's perspective. Proceedings of the Brighton Crop Protection Conference-Weeds-1995, 801-809.

FENIX (aclonifen) - et nyt ukrudtsmiddel i kartofler, ærter, gulerødder, pastinak, selleri, rodpersille og sætteløg

FENIX (aclonifen) - a novel herbicide for use in potato, pea, carrot, parsnip, celery, parsley root and set onions

Ivan Brendstrup og Ivan Kloster

Rhône-Poulenc Agro A/S

Gladsaxevej 378

DK-2860 Søborg

Summary

FENIX – active ingredient aclonifen

Fenix is a novel herbicide, which can be used pre- as well as post-emergence of weeds. Fenix is currently registered in countries like Sweden, Norway, Finland, Germany, Holland and France. Compared to herbicides currently registered in Denmark, Fenix has a new mode of action. Fenix is a contact acting product, and is most effective on seedlings and small weeds. Uptake takes place via cotyledons and seed leaves. There is no root uptake, and consequently Fenix is quite independent of soil moisture and temperature at application.

On clay and sandy soils, Fenix can be applied pre- as well as post-emergence of weeds – which solution to use depends on the sensitivity of the crop. On organic soils only post-emergence applications are recommendable.

Fenix is a specialist against weeds like SINAR, POLLAR, GALAP, POLPE, MYOAR, STEME, CHEAL, CAPBP, PAPRH, THLAR, SILNO and POLAV.

Fenix provides good control of weeds like VIOAR, POAAN, LAPCO, MATSS, URTUR, BRSNN, LAMPU, POLCO and VERSS.

Fenix has little effect on weeds like SENVU, GAESP, SOLNI etc.

In peas, Fenix can be used straight or in tank-mixtures with Basagran 480, or straight in sequence treatments with Basagran M75. In potato, tank-mixtures or sequence treatments with Sencor are possible. This flexibility in the use of Fenix enables a flexible weed control, adapted to the individual field.

Rhône-Poulenc Agro A/S regards Fenix as an important new herbicide, providing new prospects for weed control in potatoes, peas and a range of small crops.

Indledning

Fenix indeholder aktivstoffet aclonifen, et nyt aktivstof, som tilhører gruppen af fenoxianiliner, som inhiberer porphyrin-syntesen (Protox).

Fenix kan anvendes i en række afgrøder, bl.a. i kartofler, ærter, gulerødder, pastinak, selleri, rodpersille og sætteløg. Fenix er effektiv mod en lang række både et- og tokimbladede ukrudtsarter, mens dens effekt mod skærmlante- og natskygge familien er meget svag. Effekten imod kurvblomstrede er varierende.

Effekten på specielt enårig rapgræs, burresnerre, fuglegræs, pileurter, hvidmelet gåsefod og agerstedmoder skal fremhæves, men Fenix har en usædvanligt bred effekt imod mange ukrudtsarter.

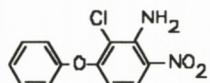
Kemiske og fysiske egenskaber

Kemisk navn: 2-chloro-6-nitro-3-phenoxyanilin

Registreringsnavne: Fenix, Challenge, Bandur

Formulering: Aclonifen; 600 g/ltr suspensionskoncentrat

Strukturformel:



Molekylærformel: C₁₂H₉ClN₂O₃

Vandopløselighed: 2,5 mg/ltr ved 20°C

Damptyk: 9 X 10⁻⁸ mbar ved 20°C

Toksikologi og økotoksikologi

Fenix har både en flot toksikologisk og økotoksikologisk profil.

Akut Oral LD ₅₀	> 4.000 mg/kg	I planter DT ₅₀	10-15 dage
Akut Dermal LD ₅₀	> 5.000 mg/kg	I jord DT ₅₀	4-12 uger
Fugle LD ₅₀	>15.000 mg/kg	I vand DT ₅₀	ca. 15 dage
Fisk LD ₅₀	0,67-1,7 mg/ltr		
Daphnier LD ₅₀	2,5 mg/ltr	Der er kun svag forbigående irritation	
Bier LD ₅₀	>100.000 mg/bi	af hud og øjne.	

Fenix bindes kraftigt i det øverste jordlag, har en lav vandopløselighed og ingen risiko for nedvaskning.

Virkningsmekanisme Protox inhibering

Når Fenix udsprøjtes på bar jord, bliver aktivstoffet under ukrudtets fremspiring optaget af kimblade og kimstængel hos bredbladet ukrudt, mens den optages af kimbladet hos græsserne. På fremspiret ukrudt optages Fenix også gennem sprøjtede blade.

Fenix hører til den gruppe af herbicider, som inhiberer porphyrin syntesen (Protox). Herved blokeres både chlorofyl-dannelsen, cytochrome-b syntesen og åndingen. Aclonifen blokerer Mg og Fe optagelsen i chlorofyl. Til samme gruppe af produkter kan nævnes acifluorfen, bifenox, oxadiazon, oxadiagyl, oxyfluorfen m.m. Ingen af disse aktivstoffer er registreret i Danmark.

Klimabetingelser

Et godt og jævnt såbed giver Fenix ideelle virkningsbetingelser. Kraftig regn og kølige vejrbedingelser kan i forbindelse med udsprøjtingen give en forbigående guldfarvning af afgrøden. Fenix' specielle virkningsbetingelser uden rodoptagelse medfører, at Fenix har en lav afhængighed af jordfugt, så længe jordfugten ikke begrænser væksten.

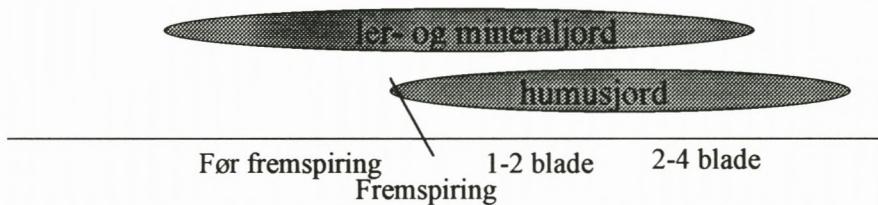
Fenix' jordeffekt holder i 2-4 uger, når jordskorpen ikke brydes.

Synlig virkning

Fenix er et kontaktmiddel, som virker både før og efter ukrudtets fremspiring. Ukrudt, som ikke er spiret frem på sprøjtedidspunktet, vil komme i kontakt med Fenix, når det bryder jordskorpen. Efter optagelsen af Fenix vil vækstpunkter først farves hvide-gullige, hvorefter planten dør.

Jordtyper

Fenix har en sikker ukrudtseffekt på ler- og mineraljorde både før og efter ukrudtets fremspiring. På humusjorde bindes Fenix til de organiske forbindelser, hvorfor en nedsat effekt kan forventes. Derfor anbefales behandling på humusjorde kun efter ukrudtets fremspiring.



Figur 1. Behandling med Fenix på ler- og mineraljorde foretages før eller/og efter fremspiring, mens den på humusjorde bør foretages efter ukrudtets fremspiring. Application of Fenix on clay and mineral soils can be carried out pre- and/or post-emergence of weeds. On organic soils application should be carried out post-emergence of weeds.

Selektivitet

Fenix er afprøvet i en række landbrugs- og gartneriasgrøder - både før og efter afgrødens fremspiring.

Før fremspiring	Før eller efter fremspiring	Efter plantning
Kartofler Pastinak Persillerod	Gulerod Sætteløg Ærter	Selleri

Ukrudtseffekt

Fenix har en meget bred ukrudtseffekt, hvilket gør den særdeles velegnet i ovenstående afgrøder.

Tabel 1. Fenix' effekt på forskellige ukrudtsarter - før eller efter fremspiring. Efficacy of Fenix on different weeds, when applied pre- and post-emergence.

Behandlings-tidspunkt	Specialist > 90%	Meget god effekt 85-90%	God effekt 70-85%	Utilstrækkelig effekt < 70 %
Før Fremspiring	Agersennep Bleg pileurt Forglemmigej Hyrdetaske Kornvalmue Natlimurt Pengeurt	Burresnerre Fersken pileurt Fuglegræs Haremad Hvidm. gåsefod Kamille Raps Rød tvetand	Enårig rapgræs Liden nælde Snerle pileurt Storkenæb Vej pileurt Ærenpris	Hanekro Sort natskygge Alm. brandbæger Gul okseøje Læge jordrøg Spærgel Vortemælk
Efter Fremspiring	Agersennep Bleg pileurt Burresnerre Fersken pileurt Forglemmigej Fuglegræs Hvidm. gåsefod Hyrdetaske Kornvalmue Natlimurt Pengeurt Rød tvetand Vej pileurt	Enårig rapgræs Haremad Liden nælde Raps Snerle pileurt Ærenpris	Agerstedmoder Kamille	

Det fremgår af tabel 1, at kamille bekæmpes bedst med Fenix før ukrudtets fremspiring; mens f.eks. agerstedmoder, bleg pileurt, burresnerre, enårig rapgræs, ferskenpileurt, fuglegræs, hvidmelet gåsefod, liden nælde, snerlepileurt, vejpileurt og ærenpris bekæmpes bedst efter fremspiring. Imod agersennep, forglemmigej, hyrdetaske, kornvalmue, natlimurt, haremad, rød tvetand og raps er der ingen forskel på bekæmpelsen før eller efter fremspiring.

De enkelte afgrøder

Kartofler

Fenix er afprøvet i Danmark ved Landbrugets Rådgivningscenter og Danmarks JordbrugsForskning i doseringerne 0,865 ltr - 1,75 ltr - 3,5 ltr og 7,0 ltr pr. ha før fremspiring.

Fenix bekæmper en lang række ukrudtsarter i kartofler, inklusive enårig rapgræs, vejpileurt, snerlepileurt, hvidmelet gåsefod og burresnerre. Desuden har Fenix 75% effekt på agersvinemælk (gns. af 4 forsøg). For at opnå en forbedret effekt på kamille og hanekro kan der tilskættes 0,1-0,15 kg Sencor pr. ha. Ved en gen- fremspiring af ukrudt, kan der behandles med Sencor.

Sprøjtingen udføres efter, at kammene har sat sig, men inden kartoflerne spirer frem. Dette er en klar fordel, hvis kammene hyppes færdig direkte efter lægning. Ukrudtet bør maksimalt have 2 løvblade, når Fenix bruges alene, ved større ukrudt kan der med fordel blandes med Basta. Når der er problemer med kamille eller hanekro, kan der med fordel blandes med Sencor. På humusjorde behandles første gang med Fenix efter ukrudtets fremspiring, og der kan genbehandles med Sencor efter behov.

Tabel 2. Ukrudtsbekæmpelse med Fenix i kartofler. Weed control in potato with Fenix.

Ukrudtsarter		Ukrudt max. 2 løvblade før kartoflerne fremspiring*
Agersennep Bleg pileurt Burresnerre Fersken pileurt Fuglegræs Hvidm. gåsefod	Hyrdetaske Kornvalmue Pengeurt Raps Rød tvetand	Fenix 2,0-2,5 ltr.
Agerstedmoder Enårig rapgræs Forglemmigej	Læge jordrøg Snerle pileurt Ærenpris	Fenix 2,5 ltr.
Hanekro	Kamille	1,5-2,0 ltr. Fenix + 0,1-0,15 kg Sencor**

* Hvis ukrudtet er blevet større blandes med Basta.

** Specielt ved stort ukrudtstryk og på humusjorde kan det være nødvendigt med en opfølgende behandling med Sencor, inden 10% af kartoflerne er spiret frem. Højeste dosering af Fenix anvendes, når burresnerre forekommer.



Fenix er anerkendt af Danmarks JordbruksForskning til bekæmpelse af burresnerre, fuglegræs, bleg og fersken pileurt, snerlepileurt, raps, agersennep, stedmoder, tvetand og ærenpris i kartofler med 3,5 ltr./ha før fremspiling.

Rhône-Poulenc Agro A/S anbefaler at anvende 1,50-2,5 ltr. Fenix + 0,1-0,15 kg Sencor pr. ha i kartofler.

Der må maksimalt anvendes 2,5 ltr. Fenix pr. ha pr. år.

Ærter

Fenix er afprøvet i Danmark både ved Landbrugets Rådgivningscenter og Danmarks JordbruksForskning i doseringer 0,865 ltr. - 1,75 ltr. - 3,5 ltr. og 7,0 ltr. pr. ha før fremspiling, og i doseringerne 0,625 ltr. - 1,25 ltr. - 2,5 ltr. og 5,0 ltr. efter fremspiling, både i konservesærter og ærter til modenhed. Konservesærter behandles kun før fremspiling; mens der i ærter til modenhed ikke er forskel på behandling før eller efter ærternes fremspiling.

Tabel 3. Ukrudtsbekæmpelse i konservesærter og ærter til modenhed med Fenix. Weed control in peas (green peas and protein peas) with Fenix.

Ukrudtsarter	Konservesærter og ærter til modenhed før fremspiling	Ærter til modenhed efter fremspiling*	
Agersennep Bleg pileurt Fersken pileurt Forglemmigej Fuglegræs Hvidm. gåsefod	Hyrdetaske Kornvalmue Natlimurt Pengeurt Vej pileurt	Fenix 2,0 ltr.	Fenix 1,25 ltr.
Enårig rapgræs Haremad Liden nælde Raps	Rød tvetand Snerle pileurt Ærenpris	Fenix 2,0-2,5 ltr.	Fenix 1,25-1,75 ltr.
Kamille	-	Fenix 0,75-1,0 ltr. + 0,5-0,75 ltr. Basagran 480	
Hanekro	-	Fenix 1,25-1,75 ltr.+ 1 uge senere 1,0-1,5 ltr. Basagran M75	

*Ærterne skal være fra 5-8 cm høje, før behandling foretages, den laveste dosering på let og fugtig jord. På humusjorde kan en splitbehandling med Basagran 480 være nødvendig. Der anvendes 0,75 ltr. Fenix + 0,35-0,5 ltr. Basagran 480 første gang, og anden gang Basagran M75 rent. Den højeste dosering af Basagran 480/M75 anvendes under kølige forhold og ved stor ukrudtsbestand af kamille og hanekro.

Når burresnerre forekommer, skal der anvendes mindst 1,5 ltr. Fenix pr. ha. For at opnå en forbedret effekt imod kamille bør der tilsættes 0,5-0,75 ltr. Basagran 480 pr. ha. Hvis hanekro er problemet, foretages en efterbehandling med Basagran M75 tidligst 1 uge efter Fenix behandlingen.



Fenix er anerkendt af Danmarks JordbrugsForskning til bekæmpelse af fuglegræs, hvidmelet gåsefod, kamille, enårig rapgræs, raps og agersennep i ærter med 3,5 ltr./ha før fremspirling.

Rhône-Poulenc Agro A/S anbefaler at anvende 2,0-2,5 ltr. Fenix i konservesærter før fremspirling. I ærter til modenhed kan anvendes 1,25 -1,75 ltr. Fenix mod en bred ukrudtsflora efter ærternes fremspirling. Når kamille er problemet, anvendes 0,75-1,25 ltr. Fenix + 0,5-0,75 kg Basagran 480 pr. ha, når ærterne er 5-8 cm høje.

Opsælgning mod hanekro udføres med Basagran M75 tidligst 1 uge efter en behandling med Fenix.

Én behandling er normalt nok - undtagen på humusjorde, hvor en splitdosering kan være nødvendig. De laveste doseringer anvendes på let og fugtig jord.

Der må maksimalt anvendes 2,5 ltr. Fenix pr. ha pr. år.

Konklusion

Fenix' brede ukrudtseffekt er en god nyhed til ukrudtsbekæmpelse i kartofler og ærter. Fenix' virkningsmekanisme er ny, hvilket vil nedsætte risikoen for resistens.

Fenix indeholder 600 g aclonifen pr. liter i en SC formulering. Produktet har en lav giftighed og nedbrydes hurtigt mikrobielt i jorden.

Fenix optages gennem planternes kimstængel, kimblade og blade, og effektsikkerheden er stor også under tørre forhold.

Fenix bekæmper effektivt en lang række ukrudtsarter, inklusiv enårig rapgræs, pileurter, hvidmelet gåsefod og burresnerre. Fenix er fleksibel i brug, og hvis det er nødvendigt, kan der blandes med en række relevante ukrudtsmidler.

Fenix er ny kemi til ukrudtsbekæmpelse i kartofler, ærter og en række specialafgrøder (se også under havebrugssektionen).

Sammendrag

FENIX-aktivstof aclonifen

Fenix er et nyt ukrudtsmiddel, der kan anvendes både før eller efter ukrudtets fremspirling. I dag er Fenix godkendt i bl.a. Sverige, Norge, Finland, Tyskland, Holland og Frankrig. Fenix har i forhold til de registrerede ukrudtsmidler i Danmark en ny virkningsmekanisme. Fenix virker bedst på småt ukrudt, hvor det optages af kimstængel og kimblade; der er ingen rodoptagelse. Derfor er Fenix relativt

uafhængig af jordfugt og temperatur på sprøjtetidspunktet.

På sand- og lerjorde kan Fenix, afhængig af afgrødens tålsomhed, udsprøjes både før og efter, at ukrudtet er spiret frem, mens den på humusjorde kun kan anvendes efter ukrudtets fremspirling.

Fenix er specialist imod agersennep, bleg pileurt, burresnerre, fersken pileurt, forglemmej, fuglegræs, hvidmelet gåsefod, hyrdetaske, kornvalmue, pengeurt, rød tvetand, nat limurt og vejpileurt.

Fenix har en god effekt imod agerstedmoder, enårig rapgræs, haremad, kamille, liden nælde, raps, rød tvetand, snerlepileurt og ærenpris.

Der er dårlig effekt imod bl.a. alm. brandbæger, hanekro, sort natskygge m.m.

Fenix kan i ærter bruges alene og i blanding med Basagran 480, eller der kan sekvensbehandles med Basagran M75. I kartofler kan der blandes eller sekvensbehandles med Sencor. Denne fleksibilitet gør det normalt muligt at opnå en behovsbestemt ukrudtseffekt, som passer til den aktuelle mark.

Rhône-Poulenc Agro A/S anser Fenix for en særdeles vigtig nyhed til ukrudtsbekämpelse i kartofler, ærter og en række specialafgrøder.

Appendiks

Liste med danske navne, latinske navne og Bayer koder.

Dansk navn	Latinsk navn	Bayer code	Dansk navn	Latinsk navn	Bayer code
Gulerod	<i>Daucus carota</i>	DAUCA	Persillerod	<i>Petroselinum tuberosum</i>	PARCT
Kartoffel	<i>Solanum tuberosum</i>	SOLTU	Selleri	<i>Apium graveolens</i>	APUGV
Konservesærter	<i>Pisum sativum</i>	PISSA	Sætteløg	<i>Allium cepa</i>	ALLCE
Pastinak	<i>Pastinaca sativa</i>	PAVSS	Ærter	<i>Pisum sativum</i>	PISSA
Agersennep	<i>Sinapis arvensis</i>	SINAR	Kamille	<i>Tripleurospermum inodorum</i>	MATIN
Agerstedmoder	<i>Viola arvensis</i>	VIOAR	Kornvalmue	<i>Papaver spp</i>	PAPSP
Alm. brandbæger	<i>Senico vulgaris</i>	SENUV	Liden nælde	<i>Urtica urens</i>	URTUR
Bleg pileurt	<i>Polygonum apathifolium</i>	POLLA	Læge jordrøg	<i>Fumaria officinalis</i>	FUMOF
Burresnerre	<i>Galium aparine</i>	GALAP	Natlimurt	<i>Silene noctiflora</i>	SILNO
Enårig rapgræs	<i>Poa annua</i>	PAAAN	Pengeurt	<i>Thlaspi arvense</i>	THLAR
Fersken pileurt	<i>Polygonum persicaria</i>	POLPE	Raps	<i>Brassica napus sp napus</i>	BRSNN
Forglemmej	<i>Myosotis arvensis</i>	MYOAR	Rød tvetand	<i>Lamium purpureum</i>	LAMPU
Fuglegræs	<i>Stellaria media</i>	STEME	Snerlepileurt	<i>Polygonum convolvulus</i>	POLCO
Gul okseøje	<i>Chrysanthemum segetum</i>	CHYSE	Sort natskygge	<i>Solanum nigrum</i>	SOLNI
Hanekro	<i>Galeopsis spp</i>	GALSP	Spergel	<i>Spergula arvensis</i>	SPRAR
Haremad	<i>Lapsana communis</i>	LAPCO	Storkenæb	<i>Geranium spp</i>	GERSP
Hvidm. gåsefod	<i>Chenopodium album</i>	CHEAL	Vortemælk	<i>Euphorbia spp.</i>	EPHSP
Hyrdetaske	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	CATBP	Ærenpris	<i>Veronica spp.</i>	VERSP

Model til simulering af opformering og spredning af agerrævehale ved pletsprøjtning

A simulation model that describes weed population dynamics of *Alopercurus myosuroides* with patch spraying

Svend Christensen og Torben Heisel

Danmarks JordbruksForskning

Afdeling for Plantebeskyttelse

Forskningscenter Flakkebjerg

DK-4200 Slagelse

Mark Paice

Silsoe Research Institute

Bedford, Silsoe

MK45 4HS, UK

Summary

A spatial and temporal simulation model has been developed by Silsoe Research Institute in collaboration with Danish Institute of Agricultural Sciences in Flakkebjerg. The model describes propagation and dispersal of Blackgrass (*Alopercurus myosuroides*) with three weed control strategies. A 140 m by 140 m area of a field with varying infestation of Blackgrass was used as initial data in the model. The model consists of 19.600 1 m² cells. A temporal population model including the three weed control strategies is used in each cell to estimate the yearly state variable of population cycle of Blackgrass. The model comprises a dispersal model that manages migration and immigration between cells. Eight years simulation runs with site specific weed control showed significant spatial and temporal variation in the seed bank using 1 plant m⁻² as the economic threshold and 3.5 l ha⁻¹ of IPU beyond the threshold. The population size increased in the areas with low initial Blackgrass infestation. Further, herbicide usage increases over the 8 years period with the threshold strategy. The Blackgrass population decreases using the same low IPU dose recommended by the decision support program PC-Plant Protection in all cells. However, the yield loss after weed control was higher than expected indicating that the economic optimal IPU dose was higher than the recommended dose. Over an eight year period, the decision algorithm for patch spraying (DAPS) showed the lowest herbicide usage, lowest yield loss after spraying and lowest seed bank.

Indledning

Hvis der i de kommende år sker en hel eller delvis udfasning af herbicider, vil udvikling af nye bekämpelsesmetoder og -strategier blive afgørende for, om man kan fastholde en stor planteproduktion i Danmark. En af de største forskningsmæssige udfordringer i de kommende år bliver at medvirke til at forudsige ukrudtets opformering og spredning med nye bekämpelsesmetoder og -strategier.

Da det forsøgsmæssigt kræver flere års undersøgelser at beskrive forskellige ukrudtsarters opformering og spredning, benyttes ofte populationsmodeller, der bygger på grundlæggende viden om ukrudtets fremspring, konkurrence og frøproduktion samt ukrudtsbekämpelsens indflydelse på konkurrence og frøproduktion (Cousens & Mortimer, 1995). Populationsmodeller kan f.eks. anvendes til en generel beskrivelse af ukrudtets udvikling over en årrække med forskellige bekämpelseseffekter eller sædkifter (Melander, 1993, Cousens & Mortimer, 1995).

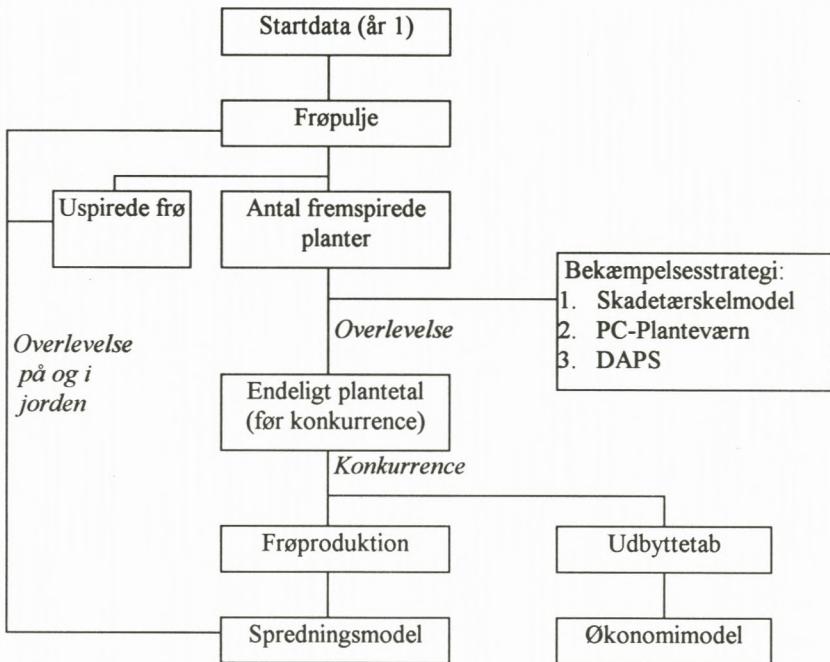
De fleste ukrudtsarter er ikke jævnt fordelt i marken men varierer i forekomst og antal. I nogle marker står ukrudtet i tydelige pletter med et centrum og en rand. Det gælder især rodukrudtsarter, der spredes via underjordiske stængeludløbere. I andre marker er ukrudtet fordelt over næsten hele marken, men plantetallet varierer, så ukrudtet alligevel ser ud til at stå i pletter. Det er især tokimbladede ukrudtsarter med små og lette frø, der kan spredes med vinden. De fleste populationsmodeller kan ikke beskrive variationen i ukrudtets forekomst eller udviklingen i en mark, idet de ikke tager højde for variationer i frøpuljen eller andre faktorer, der påvirker ukrudtets fremspring, konkurrence, frøproduktion og spredning. Det skyldes primært, at det er teknisk vanskeligt at håndtere så store datamængder og modelberegnninger, som er nødvendige for at kunne beskrive ukrudtsbestanden på et større areal. Udviklingen af hurtige computere med stor lagerkapacitet og regnekraft samt avancerede modelværktøjer har imidlertid gjort det muligt at udvikle såkaldte "rumlige" populationsmodeller.

Formålet med denne artikel er at sammenligne 3 strategier til positionsbestemt bekämpelse af agerrævehale (*Alopocurus myosuroides*) ved hjælp af en "rumlig" populationsmodel. Modellen er udviklet af Silsoe Research Institute i Silsoe i England (Paice *et al.*, 1997) i samarbejde med bl.a. Danmarks JordbrugsForskning i Flakkebjerg. Samarbejdet har været en del af EU-projektet "Patchwork" (Stafford *et al.*, 1998), der omhandlede udvikling af sprøjteknik, metoder til registrering og kortlægning af ukrudt samt strategier til positionsbestemt ukrudtsbekämpelse.

Agerrævehale er valgt som "modelplante", dels fordi den er aggressiv og har stor opformerings- og spredningsevne og dels, at der er stor interesse for at pletsprøje denne art i England. Endvidere foreligger der et stort videngrundlag omkring agerrævehale's fremspring, konkurrence og opformering (Moss, 1990).

Materialer og metoder

I artiklen benyttes "startdata" fra en 5.5 ha mark med vinterbyg ved Silsoe Research Institute som år 1. I et 140 m x 140 m område af marken blev der foretaget optællinger af agerrævehale



Figur 1. Flowdiagram af populationsmodel for agerrævehale. Flow diagram of the population model of Blackgrass.

i et 14 m x 14 m grid i november 1995. Indenfor dette areal varierede jorden fra JB5 til JB7. I modellen blev arealet opdelt i 19.600 kvadratiske celler på 1 m². Som startdata blev plantetallet i hver celle estimeret ud fra grid optællingerne ved hjælp af kriging (Walter *et al.*, 1996).

I hver celle blev der anvendt en populationsmodel til at beregne bestanden af agerrævehale på de forskellige trin i artens livscyklus. Endvidere anvendes modellen til at bestemme spredning af frø til og fra nabocellerne, det vil sige, at modellen holder regnskab med "import" og "eksport" af frø imellem cellerne.

I figur 1 er vist et diagram over de forskellige trin og procedurer i modellen. Modellen gennemløber agerrævhales årlige livscyklus, det vil sige, at den starter med jordens frøpulje lige før fremspirling og slutter med frøpuljen lige før fremspirling i den efterfølgende afgrøde.

Antallet af fremspirede planter bestemmes ved hjælp af sandsynlighedsfunktioner for, hvor mange frø, der går til grunde i jorden, og hvor mange frø, der spirer og bliver til planter. Herefter bestemmes antallet af overlevende planter med en given herbiciddosering ligeledes ved hjælp af en sandsynlighedsfunktion. I denne artikel sammenlignes frøpuljen af agerrævehale med 3 bekæmpelsesstrategier:

1. *Positionsbestemt bekæmpelse ved hjælp af skadetærskler.* Den økonomiske skadetærskel er defineret som det plantetal af ukrudt, hvor ukrudtsbekæmpelsen netop er rentabel. Er

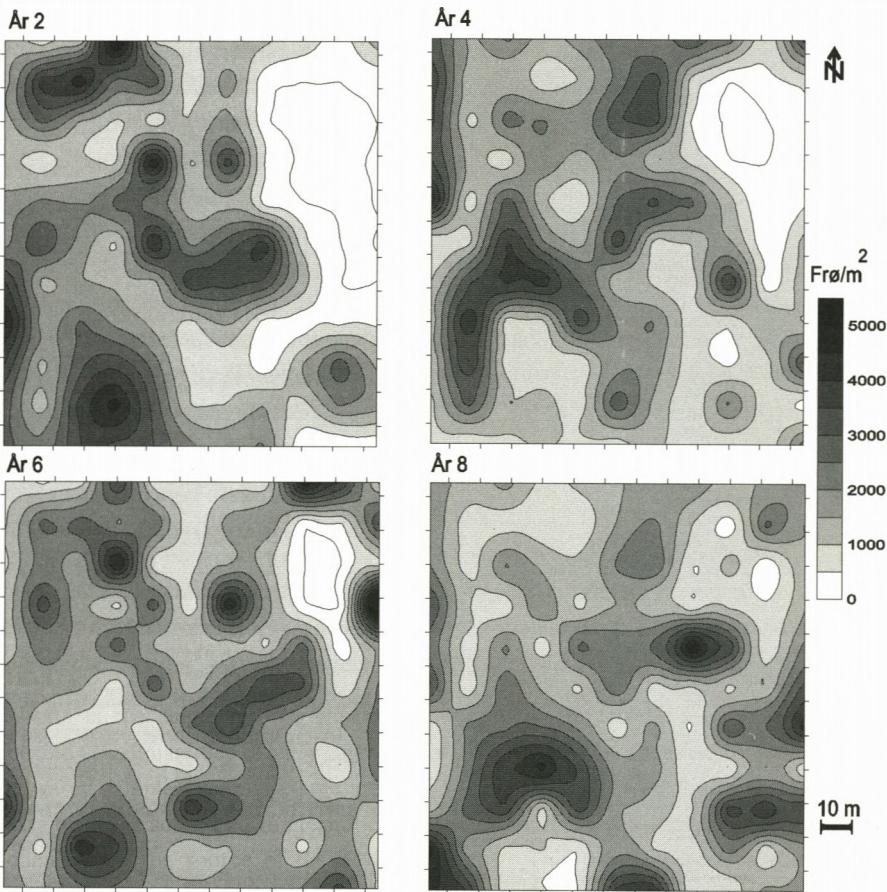
- plantetallet lavere end skadetærsklen, foretages der ikke bekämpelse. I denne artikel benyttes skadetærsklen 1 plante m⁻². Er plantetallet større end 1 plante m⁻² anvendes normaldoseringen af 3.5 l IPU ha⁻¹ (Isoproturon 500 g v.s. ha⁻¹). Da der p.t. ikke findes sprøjter, der kan operere med 1 m² celler, er marken opdelt i behandlingsenheder på 14 m x 14 m. Det gennemsnitlige plantetal i hver behandlingsenhed er anvendt til at afgøre, om skadetærsklen er overskredet.
2. *Herbiciddosering bestemt ved hjælp af PC-Planteværn.* Herbiciddoseringen i PC-Planteværn bestemmes ud fra krav til bekämpelseseffekt for de forskellige ukrudtsarter. Kravet er uafhængig af plantetallet, det vil sige, at 1 plante m⁻² bekæmpes med samme effekt som 100 planter m⁻². I den aktuelle mark anbefalede PC-Planteværn 2.1 l IPU ha⁻¹. I modellen benyttes denne dosering på hele arealet.
 3. *Positionsbestemt bekämpelse ved hjælp af DAPS* (Decision Algorithm for Patch Spraying). DAPS finder den økonomisk optimale dosering ud fra sammenhængen imellem merudbytte og dosering (Christensen *et al.*, 1996). I DAPS stiger den økonomisk optimale dosering med plantetallet, idet stigende plantetal giver større udbyttetab. I modellen benyttes DAPS i hver behandlingsenhed (14 m x 14 m). Doseringen af IPU varierede mellem 0 og 3.5 l ha⁻¹.

Agerrævehales effekt på afgrøden efter bekämpelse samt frøproduktionen beregnes for hver 1 m² celle ved hjælp af konkurrencemodeller, hvor der tages højde for, at agerrævehale konkurrerer med sig selv ved høje plantetal (Moss, 1990). Efter frøspredning beregnes andelen af frø, der går til grunde på jordoverfladen eller i jorden indtil næste fremspirling. Modelberegningerne er gennemført for en 8-årig periode for de 3 bekämpelsesstrategier.

Modellen er primært udviklet til engelske forhold, hvor agerrævehale er et stort problem på grund af et ensidigt vintersædkifte. I modellen antages det, at jordbundsforholdene eller andre dyrkningsfaktorer, der påvirker agerrævehales fremspirling, konkurrence eller frøproduktion, ikke varierer. Der er ikke medtaget spredning via mejetærskeren eller andre redskaber, selvom modellen er forberedt til at kunne håndtere dette. Resultaterne præsenteres som kort ved hjælp af et GIS (Geografisk Informations System) og kriging (Walter *et al.*, 1996).

Resultater

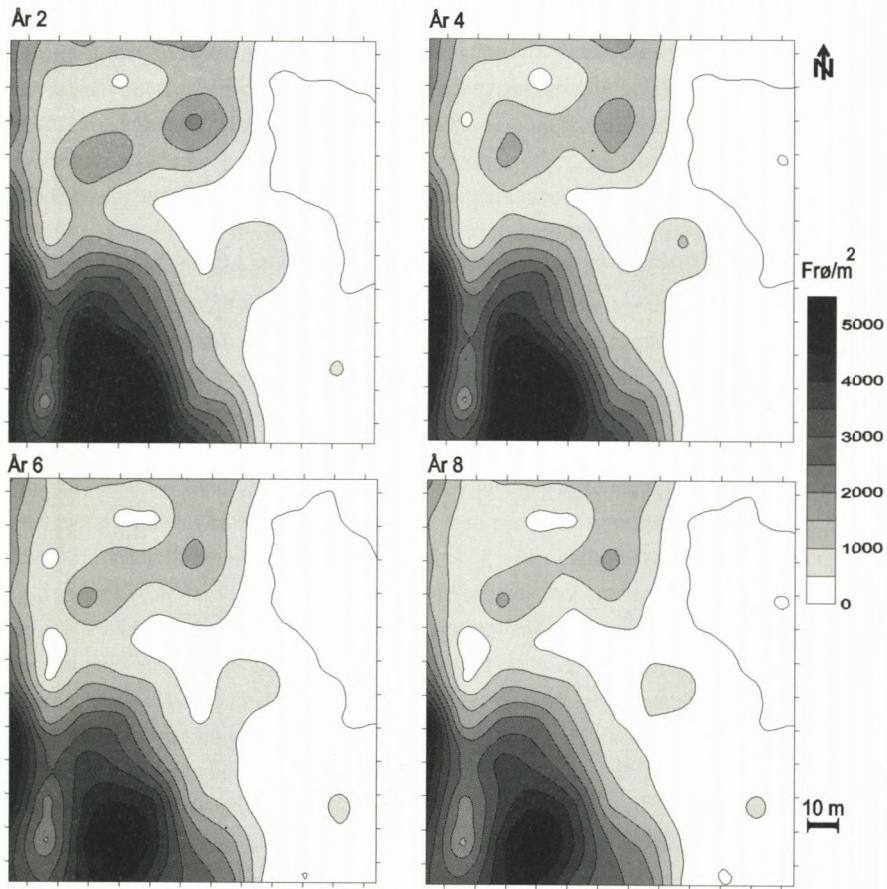
Optællingerne i det første år viste, at bestanden af agerrævehale varierede indenfor det undersøgte areal fra 0 til 168 planter pr. m². I figur 2-4 er vist resultatet af modelsimuleringerne med de 3 bekämpelsesstrategier i år 2, 4, 6 og 8. Figurerne viser frøpuljen før fremspirling i efteråret. Med skadetærskelmodellen (figur 2) blev det meste af marken sprøjtet med en normaldosering af IPU i det første år. I nogle områder af marken var det ikke rentabelt at bekæmpe ukrudtet de første år. Som det fremgår af kortene over frøpuljens udvikling, bliver områder med lav frøpulje mindre over årene, og områder med stor frøpulje "flytter sig". Populært sagt, udsætter man bekämpelsen eller flytter problemet ved anvendelse af skadetærskelmodellen.



Figur 2. Frøpuljen af agerrævehale i år 2, 4, 6 og 8, hvor skadetærskelmodellen er anvendt til at afgøre, hvor der skulle anvendes en normaldosering af IPU. The seed bank of Blackgrass in a field where the threshold model is used to decide treatment with a normal herbicide dose of IPU in year 2, 4, 6 and 8.

I figur 3 ses frøpuljens udvikling med en ensartet behandling med PC-Planteværn anbefalede dosering (60% af normaldoseringen af IPU). Der anvendtes samme dosering over hele marken og i alle årene, da doseringsbestemmelsen i PC-Planteværn ikke afhænger af plantetallet af agerrævehale. Som det fremgår af figur 3, falder frøpuljen over en årrække, og der sker ingen opformering af agerrævehale i de områder, hvor plantetallet i forvejen var lavt.

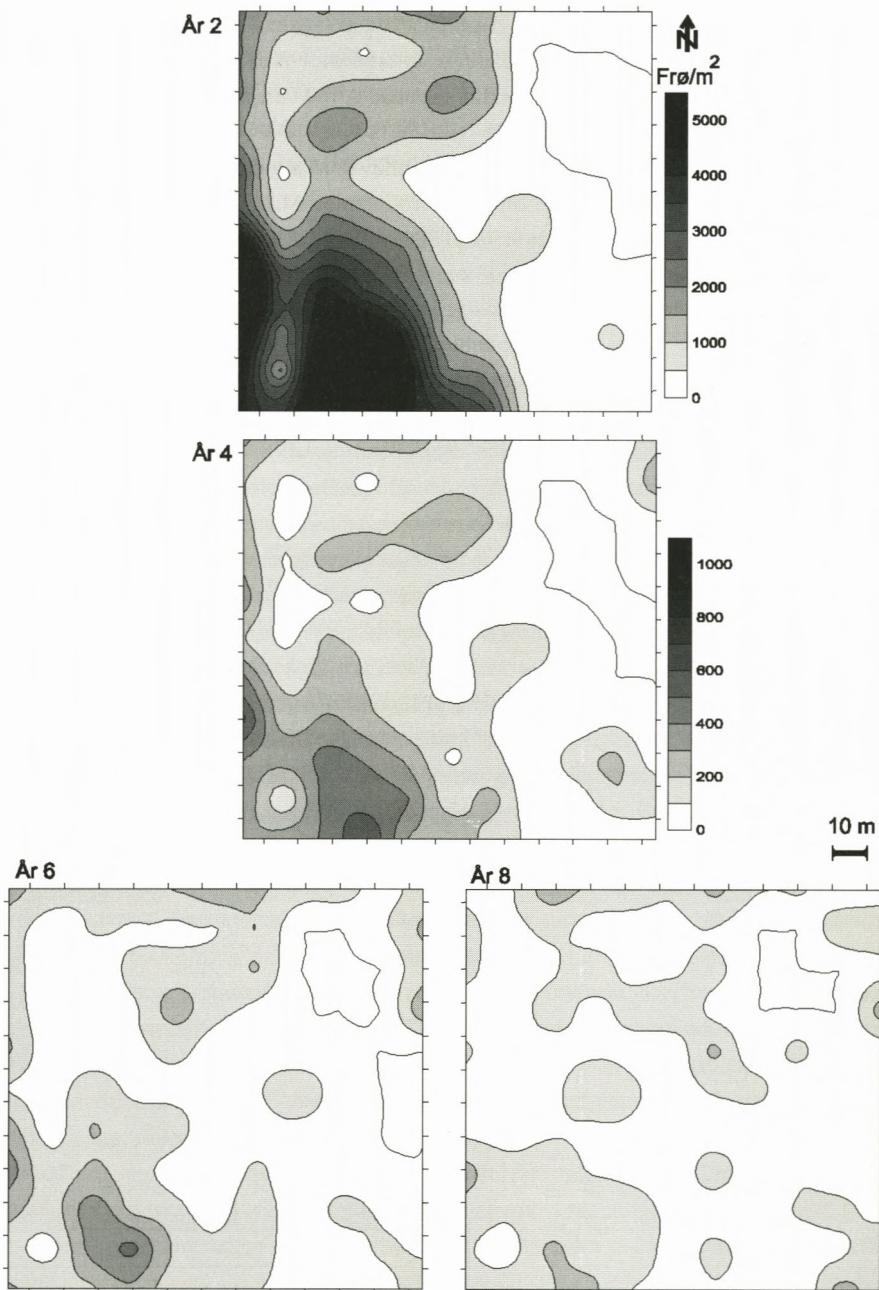
Benyttes DAPS sker der en markant ændring af frøpuljen, idet området med en høj bestand af agerrævehale behandles med en højere dosering end PC-Planteværns anbefalede dosering. Det skyldes, at DAPS beregner merudbyttet med stigende plantetal af agerrævehale.



Figur 3. Frøpuljen af agerrævehale i år 2, 4, 6 og 8, hvor marken er behandlet efter PC-Planteværns anbefalede herbiciddosering af IPU. The seed bank of Blackgrass in a field treated with a herbicide dose of IPU recommended by PC-Plant Protection in year 2, 4, 6 and 8.

Herefter bestemmes den økonomisk optimale dosering, når omkostningerne til IPU er fratrukket. Da agerrævehale er en konkurrencestærk ukrudtsart, var det økonomisk optimalt at anvende høje doseringer - dog ikke højere end normaldoseringen af IPU - i områderne med højt plantetal. I områderne med lavt plantetal eller ingen forekomst af agerrævehale var den økonomisk optimal dosering meget lav (< 1/3 af nomaldoseringen). Som det fremgår af figur 3, sker der en kraftig reduktion i frøpuljen ved anvendelse af DAPS.

I tabel 1 er vist det beregnede udbyttetab efter bekämpelse. Det største udbyttetab forekommer med skadetærskelmodellen, idet der efterlades ubehandlede planter i en del af arealet. Det forholdsvis høje udbyttetab med PC-Planteværn skyldes, at den anbefalede dosering ikke har været høj nok i pletterne med højt plantetal. DAPS giver det laveste udbyttetab på grund af, at doseringen stiger med plantetallet af agerrævehale.



Figur 4. Frøpuljen af agerrævehale i år 2, 4, 6 og 8, hvor marken er behandlet med positionsbestemt herbiciddosering af IPU bestemt ved hjælp af DAPS. The seed bank of Blackgrass in a field treated with site specific herbicide doses calculated with DAPS in year 2, 4, 6 and 8.

Tabel 1. Udbyttetab efter bekæmpelse, herbiciddosering og herbicidomkostninger med de 3 bekæmpelsesstrategier 'Tærskel' (positionsbestemt bekæmpelse ved hjælp af skadetærskler), 'PC-P' (herbiciddosering bestemt ved hjælp af PC-Planteværn) og 'DAPS' (positionsbestemt bekæmpelse ved hjælp af DAPS). Yield loss caused by uncontrolled weeds, herbicide doses and cost of the three weed control strategies 'Tærskel' (site specific weed control using an economic threshold), 'PC-P' (herbicide dose recommended by PC-Plant Protection) and 'DAPS' (Site specific weed control using a Decision Algorithm for Patch Spraying).

År	Udbyttetab (kr. ha ⁻¹)			IPU dosering (l ha ⁻¹)			Omkostninger (kr. ha ⁻¹)		
	Yield loss (DKK ha ⁻¹)			IPU dose (l ha ⁻¹)			Cost (DKK ha ⁻¹)		
	Tærskel	PC-P	DAPS	Tærskel	PC-P	DAPS	Tærskel	PC-P	DAPS
1	171	207	77	1.7	2.1	2.8	77	91	123
2	175	195	92	2.1	2.1	2.3	92	91	99
3	184	186	96	2.2	2.1	2.1	97	91	93
4	190	177	99	2.3	2.1	1.9	99	91	82
5	196	168	101	2.3	2.1	1.7	101	91	78
6	197	161	106	2.4	2.1	1.7	106	91	75
7	204	153	105	2.4	2.1	1.7	105	91	75
	1317	1247	676	15.4	14.7	14.2	677	637	625

De anvendte doseringer viser, at det samlede forbrug stort set var det samme for de 3 bekæmpelsesstrategier, men der er en tydelig tendens til, at forbruget stiger med skadetærskelmodelen, hvorimod det falder med DAPS. Årsagen til at forbruget stiger med skadetærskelmodelen er, at ubehandlede planter af agerrævehale har en stor frøproduktion og en forholdsvis stor spredningsafstand. Det bevirket, at områder uden agerrævehale svinder ind efter nogle år. Anvendelse af lave doseringer med DAPS i områderne med lavt plantetal eller ingen forekomst af agerrævehale forhinder en opformering. Som det fremgår af figur 4, er der en tendens til, at frøpuljen stabiliseres på et lavt niveau med DAPS.

Diskussion

Den anvendte model bygger på en række forudsætninger beskrevet i metodeafsnittet. De vigtigste forudsætninger er behandlingsenhedens størrelse og skadetærsklen. Reducerer behandlingsenheden til f.eks. 4 m x 4 m reduceres usikkerheden med skadetærskelmodelen (Rew *et al.*, 1997). En lavere skadetærskel end 1 plante m⁻² vil ligeledes reducere udbyttetabet med skadetærskelmodelen, men behandlingsindekset vil så også stige. Tilsvarende vil en højere dosering med PC-Planteværn over hele arealet reducere udbyttetabet, men så vil behandlingsindekset ligeledes stige.

I Danmark er der etableret et langvarigt forsøg, hvor DAPS anvendes til at bestemme

den økonomisk optimale herbiciddosering til bekämpelse af tokimbladet ukrudt. Forsøget er etableret som storskalaafprøvning, hvor kerneudbyttet med DAPS' anbefalede dosering sammenlignes med kerneudbyttet med PC-Planteværns anbefalinger. De første resultater viser, at der ikke er forskel på kerneudbyttet i de 2 bekämpelsesstrategier (Heisel *et al.*, 1997), men behandlingsindeksen er lavere med DAPS end med PC-Planteværn.

Den "rumlige" model er stadig under udvikling, idet der er en række forhold, som endnu ikke er medtaget, f.eks. har varierende jordbundsforhold (jordtype og -fugtighed) og jordbearbejdning stor betydning for ukrudtets fremspiring. Ligeledes har varierende tæthed af afgrøden stor indvirkning på afgrødens evne til at undertrykke ukrudtets vækst og frøproduktion. Med et kort over disse forhold vil man kunne udvide modellen og være i stand til forudsige, hvor der vil opstå problemer, og hvordan man regulerer ukrudtet efter det aktuelle behov. Ligeledes vil modellen kunne udvides til også at beskrive spredningen af ukrudt via redskaber og mejetærskere. Modellen vil også kunne anvendes til at analysere ukrudtets udvikling, når man udnytter afgrødens konkurrenceevne via øget udsædsmængde, lille rækkeafstand og sortsvælg. Sådanne analyser vil kunne bruges i strategier med henblik på at reducere herbicidforbruget eller forbedre effekten med ikke-kemiske bekämpelsesmetoder.

Sammendrag

I artiklen anvendes en "rumlig" populationsmodel til at simulere agerrævehales opformering og spredning ved 3 bekämpelsesstrategier. I modellen opdeles et 140 m x 140 m areal i celler på 1 m². I hver celle anvendes en populationsmodel med de 3 bekämpelsesstrategier til at beregne bestanden af agerrævehale på de forskellige trin i artens årlige livscyklus. Endvidere bestemmes spredning af frø til og fra nabocellerne, det vil sige, at modellen holder regnskab med "import" og "eksport" af frø imellem cellerne. Modelsimuleringer over 8 år viser, at positionsbestemt bekämpelse af agerrævehale med skadetærskelmodellen giver de største udsving i plantetallet og medfører opformering i områder, hvor der kun var ganske få planter i det første år. Over en årrække er der en tendens til, at skadetærskelmodellen fører til et stigende herbicidforbrug. En ensartet dosering efter PC-Planteværns anbefaling reducerer bestanden af agerrævehale, men dog ikke tilstrækkeligt til at forhindre udbyttetab efter bekämpelse. Over en 8-årig periode giver DAPS det laveste behandlingsindeks, udbyttetab efter bekämpelse og den laveste frøpulje.

Litteratur

- Christensen S., Heisel T. & Walter A.M. (1996). Patch spraying in cereals. Proceedings of the Second international Weed Control Congress. pp. 963-968.*
- Cousens R. & Mortimer M. 1995. Dynamics of weed population. Cambridge University Press 1995, 332 pp.*
- Heisel T., Christensen S. & Walter M. 1997. Validation of weed patch spraying in spring barley - preliminary trial. 1st European Conference on Precision Agriculture, Warwick 8-10 September 1997, 879-886.*

- Melander B.* 1993. Population dynamics of *Apera spica-venti* as influenced by cultural methods, British Crop Protection Conference - Weeds - 1993, 1017-1022.
- Moss S.R.* 1990. The seed cycle of *Alopecurus myosuroides* in winter cereals: a quantitative analysis. EWRS Symposium 1990, Integrated Weed Management in Cereals, Helsinki 1990, 27-35.
- Paice M. & Day B.* 1997. Using computer simulation to compare patch spraying strategies. 1st European Conference on Precision Agriculture, Warwick 8-10 September 1997, 421-428.
- Rew L.J., Miller P.C.H. & Paice M.E.R.* 1997. The importance of patch mapping resolution for sprayer control. Aspects of Applied Biology, **48**, 49-55.
- Stafford J., Bennloch J.V., Molto E., Christensen S. & Roger J-M.* 1998. Final project report for The European Commission on 'Reducing or eliminating agro-chemical inputs in efficient production of high quality produce with conventional, sustainable and organic farming systems', Contract No. AIR-CT93-1299, 118 pp.
- Walter A.M., Heisel T. & Christensen S.* (1996). Anvendelse af GIS ved positionsbestemt ukrudtsbekæmpelse - fra jordbundskort til sprøjtekort. 13. Danske Plante-værnskonference 1996. Ukrudt. SP-rapport nr. **3**: 179-190.

Betydningen af vindaks (*Apera spica-venti*) og bekæmpelsesmuligheder Importance of loose silky-bent (*Apera spica-venti*) and possibilities of control

Poul Henning Petersen

Landbrugets Rådgivningscenter

Landskontoret for Planteavl

Udkærsvæj 15, Skejby

DK-8200 Århus N

Summary

The control of loose silky-bent in winter barley and winter wheat leads to heavily increased yields. The increased yield of winter rye crops has been lower due to the strong competitiveness of this crop. Loose silky-bent is most widespread on sandy soils. In areas with large loose silky-bent populations early drilling has resulted in heavy loose silky-bent emergence which has a heavy competitive effect on the crop. Even though loose silky-bent is controlled, the highest yields are achieved after late drilling. In case of heavy infestations with loose silky-bent a high efficacy against loose silky-bent is not sufficient to secure full exploitation of the yield potential. Loose silky-bent is spreading all over Denmark, irrespective of soil type.

Indledning

Vindaks (*Apera spica-venti*) er under kraftig opformering i sædkifter, hvor der dyrkes en stor andel af vintersæd. Modelberegninger viser, at vindaks (*Apera spica-venti*) favoriseres af kortstræde hvedesorter og tidlig såning (Melander, 1993). Endvidere viser modellen, at opformeringen er større i vinterhvede end i vinterrug. Fra 1982 til 1997 er arealet med vintersæd øget fra 243.000 ha til 957.000 ha, og udviklingen er i perioden gået i retning af kortstræde sorter og tidlig såning. Der er således ideelle betingelser for opformering af vindaks.

Udbyttetabet som følge af vindaks er stort, idet vindaks er særdeles konkurrencedygtig over for afgroden (Christensen & Rasmussen, 1997). Hvor vindaks optræder, er det nødvendigt med en meget høj effekt, hvis udbyttetab og opformering skal undgås (Melander, 1993).

Formålet med nærværende analyse af landsforsøg med vindaks er at belyse de udbyttemæssige konsekvenser af vindaks i vintersædsafgrøderne samt mulighederne for bekæmpelse.

Metode

Landskontoret for Planteavls database for markforsøg indeholder 698 forsøg med ukrudtsbekämpelse i vintersæd, som er gennemført i de landøkonomiske foreninger 1992-1997. Forsøgene har været placeret hos landmænd og er gennemført af de lokale planteavlskonsulenter. I databasen er udvalgt 64 forsøg i vinterhvede, vinterbyg og vinterrug, hvor der har været en jævn bestand af vindaks, det vil sige, at forsøg med nogle få vindaks pr. m² og forsøg med pletvis forekomst er frasorteret.

Med det formål, at analysere betydningen af bekämpelse af vindaks, er merudbytterne af de i tabel 1 viste behandlinger beregnet. Forsøgene er opdelt efter henholdsvis afgrøde, jordtype, sådato og antal vindaks. Opdeling efter antal er sket i kvartiler, det vil sige gennemsnit i fire lige store grupper. I forsøg, hvor flere behandlinger er afprøvet, er merudbyttet beregnet som et gennemsnitligt merudbytte.

Effekten af behandlingerne er opgjort som procent effekt på antallet af vindaks ved optælling i april-maj. Ved beregning af effekten tæller hvert år lige meget uanset antal forsøg.

Tabel 1. Asprøvede behandlinger i forsøgene. Treatments in fieldtrials.

Behandling Treatment	Dosis, l/ha Dose rate, l/ha	Tidspunkt (stadium) Spray timing (stage)	Aktiv stof, g pr. l/kg A.i., g per l/kg
Bacara	1,0	10-11	100 diflufenican+250 flurtamón
Bacara	1,5	10-11	
Boxer + Flexidor	2,0+0,1	00, 10-11, 12-13	800 prosulfocarb, 500 isoxaben
Boxer + Flexidor	3,0+0,1	00, 10-11, 12-13	
Boxer + Oxitril	3,0+0,5	10-11	800 prosulfocarb,
Boxer + Oxitril	4,0+0,5	10-11	200 bromoxynil+200 ioxynil
Boxer + Stomp	1,0+2,0	10-11	800 prosulfocarb, 400 pendimethalin
Boxer + Tolkan + Stomp	1,0+0,5+0,8	10-11	800 prosulfocarb, 500 isoproturon,
Boxer + Express	3,0+1 tab	10-11	400 pendimethalin 800 prosulfocarb, 500 tribenuron methyl
Boxer	3,0	10-11	800 prosulfocarb
Kugar	1,0	00, 10-11, 11-12, 12-13	100 diflufenican, 500 isoproturon
Kugar	1,5	10-11	
Kugar	2,0	10-11, 11-12	
Panther	1,5	10-11	50 diflufenican, 500 isoproturon
Stomp + Oxitril	4,0+0,5	10-11	400 pendimethalin, 200 bromoxynil+200 ioxynil
Stomp	4,0	10-11	400 pendimethalin
Stomp + IPU	2,0+2,0	10-11	400 pendimethalin, 500 isoproturon
Stomp + IPU	2,0+1,0	00, 10-11, 11-12, 12-13	
PC-Planteværn	Faktorkorr.	-	-

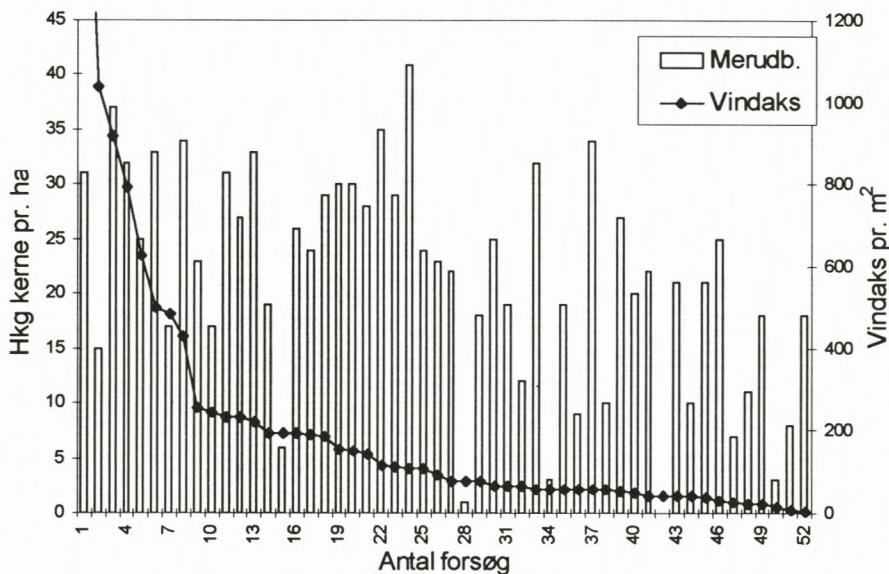
Resultat

Kornart

I 1992-1997 er der gennemført 52 forsøg i vinterhvede, 9 forsøg i vinterbyg, og 3 forsøg i vinterrug med bekæmpelse af vindaks (*Apera spica-venti*). Figur 1, 2 og 3 viser antal vindaks i det ubehandlede forsøgsled i maj og de opnåede merudbytter for den gennemførte ukrudtsbekæmpelse i hvert enkelt af disse forsøg. I gennemsnit af alle forsøg i henholdsvis vinterhvede, vinterbyg og rug har der været 211, 118 og 119 vindaks pr. m².

Vinterhvede

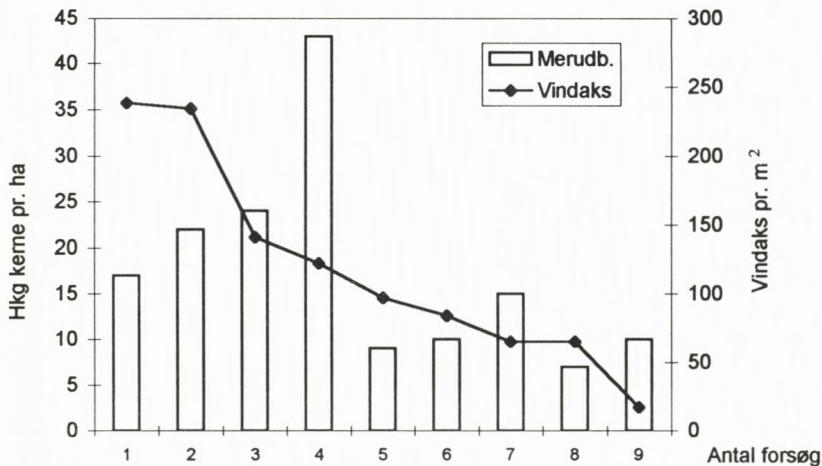
Antallet af vindaks var over 50 planter pr. m² i 77 procent af forsøgene. I et enkelt forsøg var der godt 1800 vindaks pr. m². Det ses, at der er opnået meget høje merudbytter for bekæmpelsen af vindaks, og i gennemsnit har merudbyttet været 22 hkg pr. ha. I vinterhvede er der en korrelation på -0,43 mellem udbytte i ubehandlet og antal vindaks pr. m².



Figur 1. Antal vindaks (*Apera spica-venti*) og merudbytte i forsøg med bekæmpelse af vindaks i vinterhvede. Population of loose silky-bent (*Apera spica-venti*) and yield in field trials with chemical weed control in winterwheat.

Vinterbyg

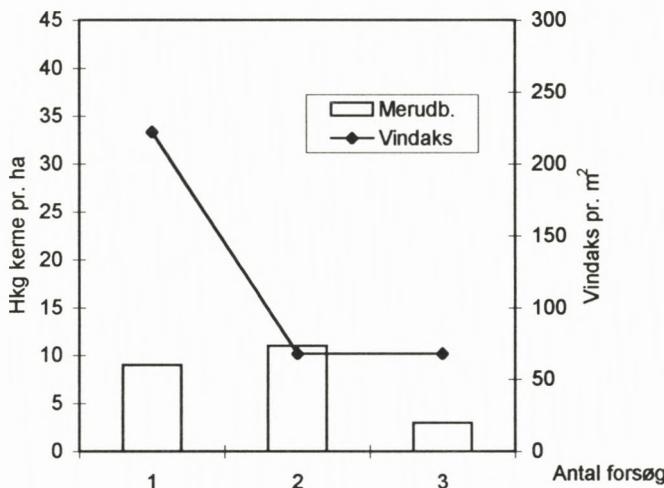
Bekæmpelse af vindaks, i gennemsnit 118 planter pr. m², giver i vinterbyg merudbytter af samme størrelsesorden som i vinterhvede. I vinterbyg er der en korrelation på -0,68 mellem udbytte i ubehandlet og antal vindaks pr. m².



Figur 2. Antal vindaks (*Apera spica-venti*) og merudbytter i forsøg med bekæmpelse af vindaks i vinterbyg. Population of loose silky-bent (*Apera spica-venti*) and yield in fieldtrials with chemical weed control in winterbarley.

Vinterrug

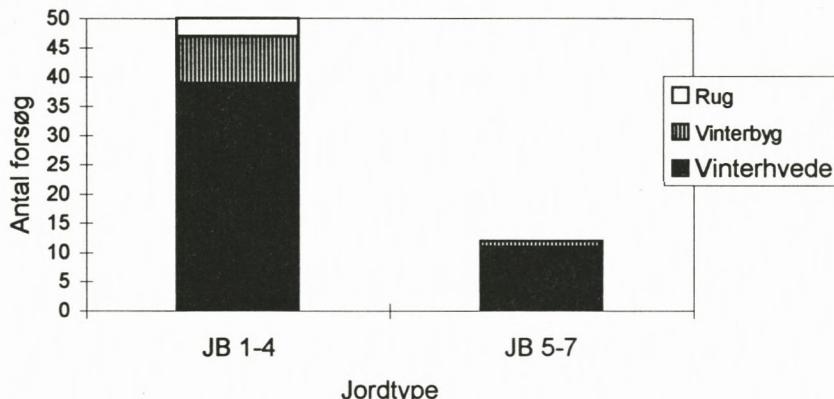
Der er kun gennemført 3 forsøg i vinterrug, og de er alle på sandjord. Der har været et stort antal vindaks i forsøgene, men trods dette er merudbyttet på 8 hkg pr. ha betydeligt mindre end i vinterhvede og vinterbyg.



Figur 3. Antal vindaks (*Apera spica-venti*) og merudbytte i forsøg med bekæmpelse af vindaks i vinterrug. Population of loose silky-bent (*Apera spica-venti*) and yield in fieldtrials with chemical weed control in winterry.

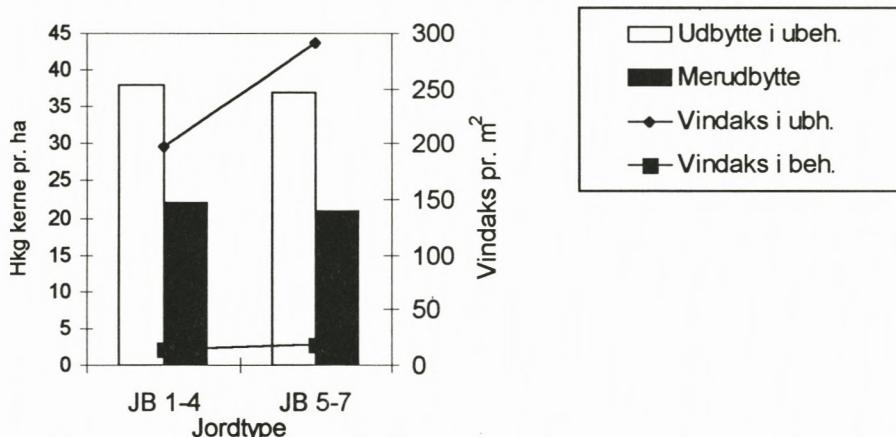
Jordtype

Antallet af forsøg med bekæmpelse af vindaks (*Apera spica-venti*) udført på forskellige jordtyper er vist i figur 4. På sandjord er der gennemført i alt 50 forsøg og på lerjord 12 forsøg.



Figur 4. Forsøg med bekæmpelse af vindaks (*Apera spica-venti*) opdelt efter jordtype.
Fieldtrials with chemical control of loose silky-bent (*Apera spica-venti*) in relation to soiltype.

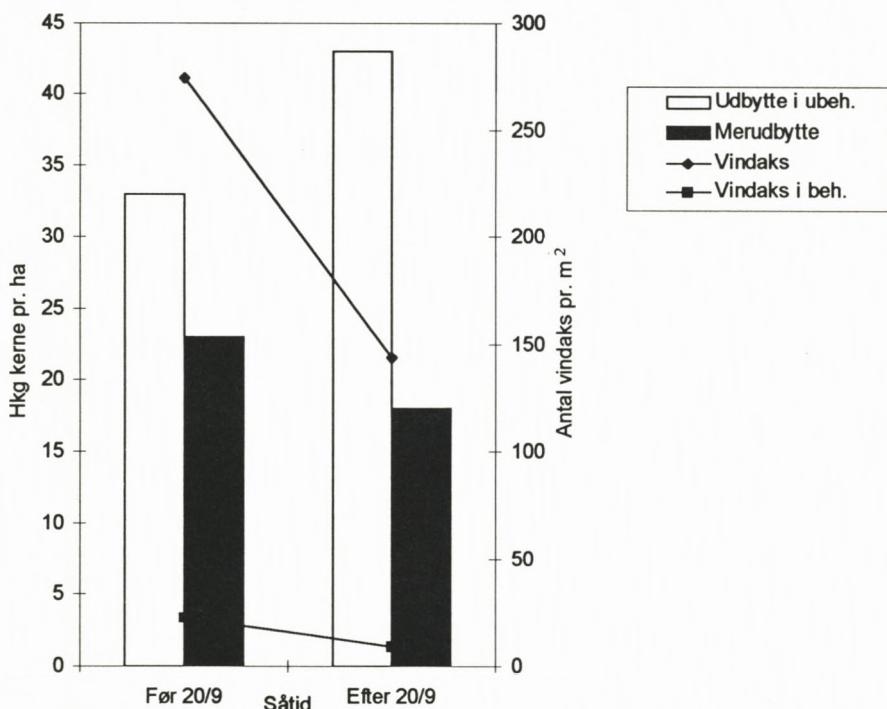
I figur 5 vises forsøgene i vinterhvede opdelt efter jordtype. Der er gennemført 39 forsøg på JB 1-4 og 11 på JB 5-7. Både udbyttet i det ubehandlede forsøgsled og de opnåede merudbytte er næsten ens på de to jordtyper. På lerjorden har der været 47 procent flere vindaks (*Apera spica-venti*) pr. m². Der er efterladt 15 og 19 vindaks pr. m² på henholdsvis sandjord og lerjord, og den bedste effekt er således opnået på lerjord.



Figur 5. Forsøg med bekæmpelse af vindaks (*Apera spica-venti*) i vinterhvede opdelt efter jordtype.
Fieldtrials with chemical control of loose silky-bent (*Apera spica-venti*) in winter-wheat in relation to soiltype.

Såtid

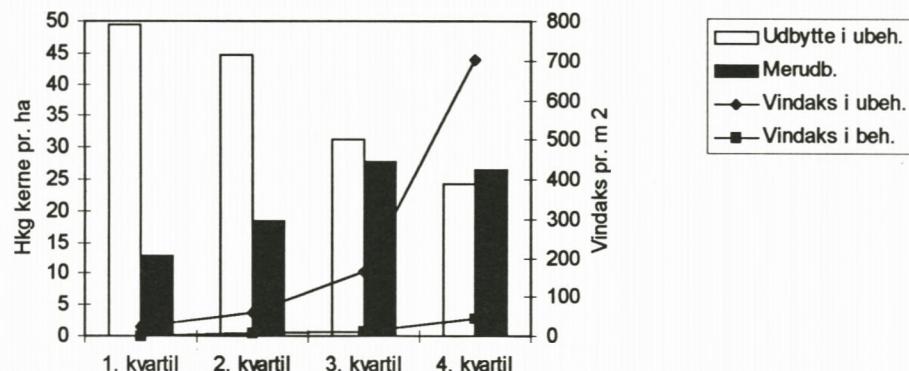
Ved opdeling af vinterhvedeforsøgene efter såtid, er der 25 forsøg, som er sået før den 20. september og 27 forsøg, som er sået efter den 20. september. I figur 6 ses, at antallet af vindaks næsten er halveret i de sent såede forsøg. I det ubehandlede forsøgsled er det største udbytte højest i de sent såede forsøg. Det største merudbytte for bekæmpelse af vindaks er opnået i de tidligt såede forsøg, hvor der efter bekæmpelse stadig er 22 vindaks pr. m^2 tilbage. Det højeste bruttoudbytte er opnået i de sent såede forsøg, og efter bekæmpelse er der kun efterladt 9 vindaks pr. m^2 .



Figur 6. Forsøg med bekæmpelse af vindaks (*Apera spica-venti*) i vinterhvede opdelt efter såtid. Fieldtrials with chemical control of loose silky-bent (*Apera spica-venti*) in winterwheat in relation to sowingdate.

Antal vindaks i vinterhvede

Udbyttet i det ubehandlede forsøgsled er faldende med stigende antal vindaks. Bekæmpelse af vindaks giver et stigende merudbytte, når antallet af vindaks forøges. Dog er der ved meget store bestande af vindaks efterladt så mange vindaks efter bekæmpelse, at det opnåede merudbytte er faldende (figur 7).



Figur 7. Forsøg med bekæmpelse af vindaks (*Apera spica-venti*) i vinterhvede opdelt i kvartiler efter antal vindaks i det ubehandlede forsøgsled. Field trials with chemical control of loose silky-bent (*Apera spica-venti*) in winterwheat in relation to number of loose silky-bent.

Figur 8 viser de lokaliteter, hvor forsøgene er udført. Det ses, at de er jævnt fordelt i hele landet.

Vindaks i landsforsøg 1992-97



Figur 8. Geografisk fordeling af forsøg med vindaksbekæmpelse. Location of trials with chemical control of loose silky-bent.

Tabel 2. Effekt mod vindaks (*Apera spica-venti*) i vintersæd. Control level (%) of loose silky-bent (*Apera spica-venti*) in vintercereals.

Behandling Treatment	Dosis, l/ha Dose rate, l/ha	Tidspunkt (stadium) Spray timing (stage)	Effekt, procent Effect, procentage		Antal forsøg No. of trials	Antal år Years
			$\frac{1}{2}N$	N		
Bacara	1,0	10-11		95	6	2
Bacara	1,5	10-11		100	2	1
Boxer + Flexidor	2,0+0,1	00		95	3	1
Boxer + Flexidor	2,0+0,1	10-11		97	8	1
Boxer + Flexidor	2,0+0,1	12-13		97	3	1
Boxer + Oxitril	3,0+0,5	10-11		97	3	1
Boxer + Oxitril	4,0+0,5	10-11		99	2	1
Boxer + Stomp	1,0+2,0	10-11	91	97	13	2
Boxer + Tolkan + Stomp	1,0+0,5+0,8	10-11	94	97	18	3
Boxer + Express	3,0+1 tab	10-11		99	3	1
Boxer	3,0	10-11		96	3	1
Boxer + Flexidor	3,0+0,1	00		95	2	2
Boxer + Flexidor	3,0+0,1	10-11	96	98	19	2
Kugar	1,0	00		93	5	3
Kugar	1,0	10-11		98	9	3
Kugar	1,0	11-12		83	6	4
Kugar	1,0	12-13		48*	5	3
Kugar	1,5	10-11		78**	5	3
Kugar	2,0	10-11		94	4	2
Kugar	2,0	11-12		93	13	6
Panther	1,5	10-11		74***	5	3
Stomp + Oxitril	4,0+0,5	10-11		96	3	1
Stomp	4,0	10-11	73	83	3	1
Stomp + IPU	2,0+2,0	10-11		100	4	1
Stomp + IPU	2,0+1,0	00		97	5	3
Stomp + IPU	2,0+1,0	10-11	87	93	30	3
Stomp + IPU	2,0+1,0	11-12		95	13	4

* Meget ringe effekt i 2 forsøg i 1995 og 96. ** Et forsøg med ringe effekt i 1995. *** Et forsøg med ringe effekt i 1995.

Effekter

De opnåede effekter af forskellige behandlinger i hel og halv dosis (N og $\frac{1}{2}N$) er vist i tabel 2. Kun resultater for behandlinger, som er afprøvet i minimum 2 forsøg med vindaks, er vist. Ikke alle løsninger er afprøvet i halv dosis. Der er opnået meget høje effekter af alle behandlingerne i hel dosis og effekten har været høj på alle sprøjtetidspunkter for de løsninger, hvor flere sprøjtetidspunkter er afprøvet. Flere af løsningerne har også tilstrækkelig effekt i halv dosis.

Diskussion

Antallet af forsøg i vinterhvede, vinterbyg og rug er meget forskellig. Der er en klar tendens til, at de største merudbytter for bekæmpelse af vindaks opnås i vinterhvede og vinterbyg, mens rug har en væsentlig bedre konkurrenceevne. Dette er i overensstemmelse med litteraturen (Melander, 1993). Når korrelationen i vinterhvede mellem udbytte og antal vindaks kun er -0,43, kan det formentlig skyldes, at der er en række andre faktorer som afgør, hvor stor betydning en given bestand af vindaks har for udbyttet. Der har endvidere været så mange vindaks i hvedeforsøgene, at der har været en stærk konkurrence mellem vindaksplanterne indbyrdes.

Godt 80 procent af forsøgene er udført på sandjord (JB 1-4). Det må antages, at de udvalgte forsøgsarealer giver et godt udtryk for udbredelsen af vindaks i relation til jordtype. I litteraturen angiver Korsmo (1954) og Hansen (1991), at vindaks primært forekommer på sandet agerjord, mens Melander (1993) angiver, at planten kan optræde på alle jordtyper. Med udgangspunkt i nærværende forsøgsmateriale, må det forventes, at vindaks efterhånden spredes til alle arealer uanset jordtyper, hvor der fortsat dyrkes så stor en andel med vintersæd.

Forsøgene i vinterhvede viser, at sen såning giver væsentlig mindre fremspiring af vindaks. Normalt opnås det største udbytte ved tidlig såning af vinterhvede (Pedersen, Kristensen, Nielsen & Petersen, 1997). I tilfælde, hvor vindaks optræder i en tæt bestand, yder vindaks en meget kraftig konkurrence over for afgrøden ved tidlig såning. Det betyder, at selv om vindaks bekæmpes, opnås det største udbytte ved sen såning. Det vil således være en fordel, at udsætte såtidspunktet for vinterhvede på arealer med en stor bestand af vindaks.

Når der vælges en effektiv løsning, opnås der en tilstrækkelig effekt af bekæmpelse ved en moderat bestand af vindaks. Ved meget stor bestand af vindaks er en høj effekt mod vindaks ikke tilstrækkelig til at sikre fuld udnyttelse af udbyttepotentialet.

Sammendrag

Der er opnået meget store merudbytter for bekæmpelse af vindaks i vinterbyg og vinterhvede. Merudbyttet i vinterrug har været mindre på grund af denne afgrødes store konkurrenceevne. Vindaks er mest hyppigt forekommende på sandjord. På arealer med en stor bestand af vindaks har tidlig såning givet en stor fremspiring af vindaks, som har påført afgrøden kraftig konkurrence. Selv om vindaks bekæmpes, er det største udbytte opnået ved sen såning. Ved forekomst af meget stor bestand af vindaks er en høj effekt mod vindaks ikke tilstrækkelig til at

sikre fuld udnyttelse af udbyttepotentialet. Vindaks er under udbredelse over hele landet uanset jordtype.

Litteratur

- Christensen C. & Rasmussen G.* 1997. Bilag til seminar om planteværn 1997. Landbrugets Rådgivningscenter, Skejby. 30-31.
- Hansen K.* 1981. Dansk feltflora, 658.
- Korsmo E.* 1954. Ugras i nåtidens jordbruk, 208-210.
- Melander B.* 1993. Population dynamics of *Apera spica-venti* as influenced by cultural methods. Brighton Crop Protection Conference, 3A-5, 107-112.
- Melander B.* 1993. Ukrudtsbekämpelse i landbruget. 2. udgave. Danmarks JordbrugsForskning, Flakkebjerg. 174-175.
- Pedersen J.B., Kristensen H., Nielsen G.C. & Petersen P.H.* 1997. Vintersæd. Oversigt over Landsforsøgene 1997, 17-86.

Forebyggelse af problemer med spildfrø fra tidligere dyrkede sorter af engrapgræs

Using cultural methods to prevent contamination from previously grown varieties of *Poa pratensis*

Peter Kryger Jensen

Danmarks JordbruksForskning

Afdeling for Plantebeskyttelse

Forskningscenter Flakkebjerg

DK-4200 Slagelse

Summary

The effect of timing and intensity of soil cultivation measures in the autumn on emergence rate of volunteer *Poa pratensis* and dicotyledon weeds in the spring were investigated in 3 field experiments in the period 1993-1997. Increasing cultivation intensity increased the emergence rate of *Stellaria media* and *Chenopodium album* in the first year, and although not significant the same tendency on emergence rate of dicots was seen in the following years. There was no effect of cultivation intensity on emergence rate of *Poa pratensis* in any year, indicating that the germination of this species occurred independent of light exposure. Timing of cultivation (ploughing) had a major influence on emergence of *Poa pratensis* and dicotyledon weeds in the autumn. An increased emergence rate after early ploughing in the autumn was found which presumably mainly was influenced by the effect of soil temperature. The increased emergence rate in the autumn after early ploughing obviously depleted the seed bank of *Poa pratensis* in the upper soil layer. This was reflected the following spring where the soil cultivation was similar in all plots and where the emergence rate of *Poa pratensis* generally declined the earlier the ploughing was performed the preceding autumn. This effect was seen in 2 of 3 years and as ploughing is the normal soil cultivation between two crops, it generally seems to be an advantage to carry out the ploughing as early in the autumn as possible in order to deplete the soil seed bank for volunteers of *Poa pratensis*.

Indledning

Når græsser dyrkes med henblik på frøproduktion, tabes en del af frøet på jorden inden eller i forbindelse med høst. Nogle af disse frø indarbejdes i jorden med spireevnen intakt ved jordbearbejdningen, der foretages forud for etableringen af den efterfølgende afgrøde. Skønt spirehvile i græsser kan forhindre en god etablering af et udlæg, er denne egenskab stadig udbredt blandt dyrkede græsser på trods af mange års forædlingsarbejde (Simpson, 1990).

Næsten alle dyrkede græsser besidder primær spirehvile i en eller anden grad, og sekundær spirehvile kan induceres, når omgivelserne er ugunstige for spiring. Denne egenskab sætter frøene i stand til at overleve i en periode i pløjelaget. Levedygtigheden af frø i jord af mange ukrudtsarter er relativt veldokumenteret, hvorimod kendskabet til de dyrkede græssers levedygtighed i jord er meget begrænset. Undersøgelser af Lewis (1973) og Roberts (1986) viste en begrænset levedygtighed i jord for de undersøgte græsser. Generelt for ukrudtsarter findes der en stigende levedygtighed, jo større dybde frøene befinner sig i (Roberts & Feast, 1972). Hvis frø er placeret i bunden af pløjelaget kan de for en række arters vedkommende danne en mere persistent frøbank, som kan opretholdes i mange år (Lewis, 1973; Roberts & Feast, 1973; Chancellor, 1986). Hvis et nyudlæg af græs placeres i en mark, hvor pløjelaget indeholder frø af en tidligere dyrket sort, er der en stor risiko for at den nye frøafgrøde forurennes med planter fra den tidligere dyrkede sort. Med de nugældende kvalitetskriterier vil selv en meget lille indblanding af anden sort medføre, at avlen ikke kan certificeres. Der eksisterer ikke kemiske metoder, som kan løse problemet, som derfor må løses på anden vis. Ved dyrkning af græsser til frø findes der krav til tidsintervaller for dyrkning af forskellig art/sort på samme areal for at forebygge problemet. Såfremt dyrkningen i øvrigt fra høst af en frøafgrøde og frem til nyudlæg ikke sigter på at eliminere eller begrænse risikoen for forurening af det nye udlæg, vil det krævede tidsinterval dog ikke være en garanti for, at der kan opnås et sortsrent nyudlæg. I perioden fra sidste frøhøst af en sort og frem til nyudlæg af en anden sort, findes der en række muligheder for at forebygge problemet med spildfrø. I det følgende beskrives resultater fra forsøg, hvor det er undersøgt hvad, der kan foretages i perioden fra forfrugten til den nye udlæg er høstet og frem til den dag, hvor udlægget etableres i en dækafgrøde.

Metode

Falsk såbed forsøg

Markforsøg blev udført i 4 på hinanden følgende år i perioden efterår 1993 til forår 1997. Der blev udført 2 typer af forsøg. I den første forsøgstype blev det undersøgt, hvilken effekt anvendelsen af falsk såbed i efteråret havde på udtemning af jordens frøbank af græsser og tokimbladet ukrudt det følgende forår. Der blev udført i alt 4 forsøg, det første års forsøg på et areal med udelukkende tokimbladet ukrudt og de følgende 3 års forsøg på arealer, hvor der var etableret en frøbank af engrapgræs ved udsåning og nedpløjning af 30 kg pr. ha af engrapgræs efteråret forud for forsøgsbehandlingerne. På arealet blev der dyrket vinterbyg. Efter høst af vinterbyggen blev halmen fjernet, og forsøgsbehandlingerne blev udført efter den plan, der er vist i tabel 1. Pløjning blev udført med en trefuret plov monteret med furepakker. Harvning blev udført med en traditionel såbedsharve med en tandafstand på 10 cm og udstyret med en rotorsmuldrer. Der blev anvendt en harvedybde på 3-4 cm. Jordbearbejdningen i april skulle simulere den jordbearbejdning, der normalt anvendes ved etablering af en vårafgrøde. Disse harvninger blev efterfulgt af en tromling. Der blev anvendt et fuldstændigt randomiseret blokdesign med 6 gentagelser.

Tabel 1. Forsøgsbehandlinger og omtrentlige behandlingstidspunkter i de 4 forsøg.
 Experimental treatments and approximate timing of different soil cultivations in the four experiments.

Behandling nr. Juli Treatm. No. July	Behandlingstidspunkt			
	August	September	Oktober October	April
August	September	October	April	
1.			Pløjning	2xHarvning
2.		Pløjning	2xHarvning	2xHarvning
3.	Pløjning	2xHarvning	2xHarvning	2xHarvning
4.	Pløjning	6xHarvning	6xHarvning	2xHarvning
5.		Pløjn+2xHarvn		2xHarvning
6.	Pløjning	2xHarvning		2xHarvning
7.	Pløjning	2xHarvning		2xHarvning
8.	Pløjning	6xHarvning	2xHarvning	2xHarvning
9.		Pløjn+2xHarvn		2xHarvning
10.	Pløjning	2xHarvning		2xHarvning

Spirehvile forsøg

I den anden forsøgsserie blev der gennemført 2 forsøg i 1996-1997. På arealet, hvor forsøgene blev udført, blev der sent i efteråret forud udført pløjning med jordpakker, og derefter blev der udsæt og indblandet frø af engrapgræs og hvidmelet gåsefod i de øverste 3-4 cm jord. Denne forberedelse af arealet blev foretaget så sent som muligt for at sikre, at temperaturen var for lav til spiring af de 2 arter. Forsøgsdesign i øvrigt var som i foregående forsøgsserie.

Resultater

Falsk såbed forsøg

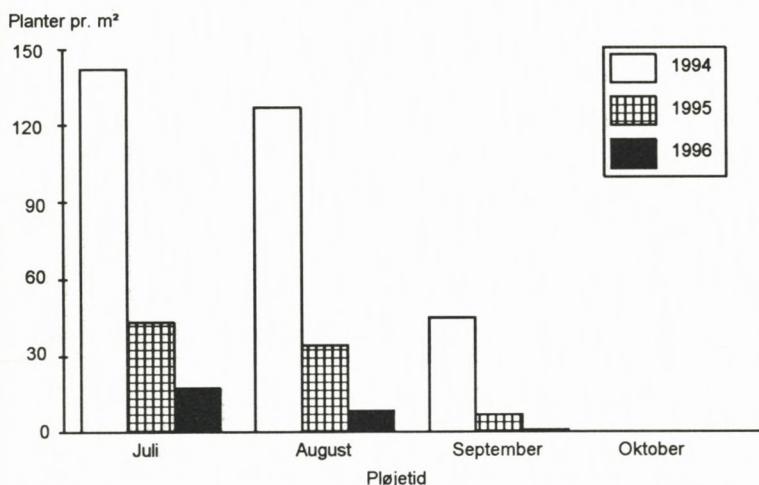
I det første års forsøg var der kun tokimbladet ukrudt på arealet, og kun et enkelt delresultat er medtaget her. Det viser fremspiringen i efteråret af de 2 dominerende arter efter forskellig bearbejdningsintensitet af jorden (tabel 2).

Tabel 2. Effekt af jordbearbejdningsintensitet på fremspiring af tokimbladet ukrudt.
Jordbearbejdning udført 18/8 optælling af ukrudt 21/9 1993. Effect of soil cultivation intensity on emergence of dicotyledon weeds. The soil cultivations was done 18/8 and the counting of emerged seedlings on 21/9.

Jordbearbejdning	Antal planter pr. m ²	
	Fuglegræs	Hvidmelet gåsefod
2xHarvning	27,2	9,6
6xHarvning	79,5	19,2
LSD	22,4	NS

Den øgede fremspiring af de 2 arter ved den høje bearbejdningssintensitet er ikke overraskende, da dette er fundet i tidligere undersøgelser (Jensen, 1995), og er årsagen til, at bearbejdningssintensitet er medtaget som en faktor i forsøgsplanen.

I de følgende 3 års forsøg viste efterårspløjningerne generelt, at der totalt var størst fremspiring af såvel tokimbladet ukrudt som engrapgræs i de forsøgsled, hvor der blev plojet tidligt og med aftagende fremspiring, jo senere i efteråret pløjningen blev udført. Fra de tidligt pløjede behandlinger var der i enkelte tilfælde mere end 10 gange så stor efterårsfremspiring af tokimbladede ukrudtsarter og engrapgræs som ved den sene efterårspløjning. Dette fremgår af figur 1, der viser fremspningen af engrapgræs fra spildfrø sent efterår ved de 4 pløjetimepunkter. Resultatet er vist som et gennemsnit af behandlinger med samme pløjetimepunkt. De 3 efterår var ret varierende med hensyn til spiringsbetingelser. Specielt var efteråret 1995 afvigende med et tørt varmt efterår og en tidlig vinter. Spiringsbetingelserne var således relativt dårlige i forhold til normal efterår.



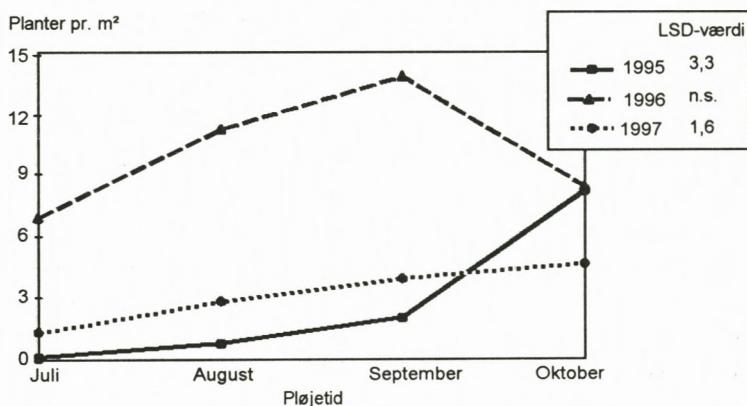
Figur 1. Fremspiring af engrapgræs planter fra spildfrø som følge af forskellige pløjetimepunkter. Emergence of *Poa pratensis* as a function of ploughing time.

Resultaterne af de behandlinger, hvor pløjning blev kombineret med en eller flere harvninger, er ikke medtaget her, da effekterne af de supplerende harvninger generelt var minimale.

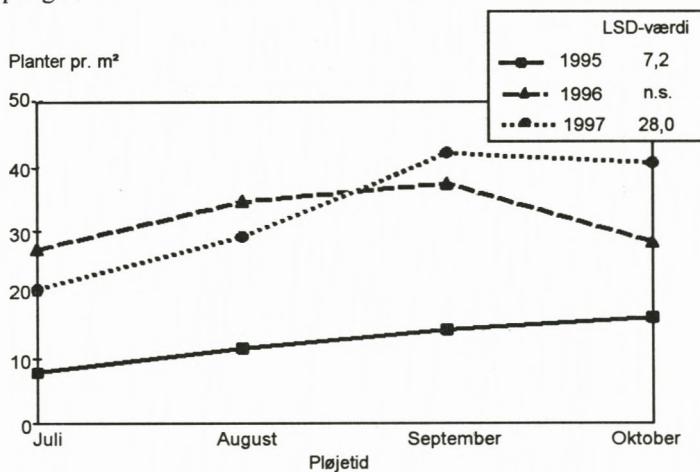
Det primære formål med forsøgene er at se, om forskelle i efterårsfremspiring som følge af de anvendte behandlinger betyder, at frøbanken i de øverste jordlag udtyndes og dermed fører til mindsket fremspiring i foråret.

Resultaterne af optællingerne i foråret er vist i figur 2 og 3, hvor optællingen er foretaget på det tidspunkt, hvor der ikke skete yderligere fremspiring. Da hele arealet er behandlet ens i foråret, er forskellene i plantetal en følge af forskellig frøbank efter de forskellige jordbearbejdninger i efteråret. Figurene viser, at etableringen af et falsk såbed i efteråret

gennem tidlig pløjning på et tidspunkt, hvor temperaturforholdene er gunstige for spiring, medfører at frøbanken udtyndes for frø af såvel spildfrø af engrapgræs som tokimbladet ukrudt og derigennem fører til en mindsket fremspiling i foråret. Det fremgår, at etableringen af et falsk såbed gennem en tidlig pløjning i efteråret kan medføre en formindsket fremspiling i foråret af spildfrø fra engrapgræs og formentlig også andre kulturgresser. Ligeledes er der opnået en formindsket fremspiling af tokimbladet ukrudt. Effekten varierer dog betydeligt mellem de 3 år, hvilket formentlig hovedsagelig skal tilskrives spiringsforholdene om efteråret i de 3 år forsøgene blev gennemført. Således er der opnået en meget stor effekt af falsk såbed i det første års forsøg, hvor der var gunstige spiringsforhold efteråret forud, mens der var meget lille effekt i 1995/96, hvor spiringsbetingelserne var ugunstige i efteråret forud.



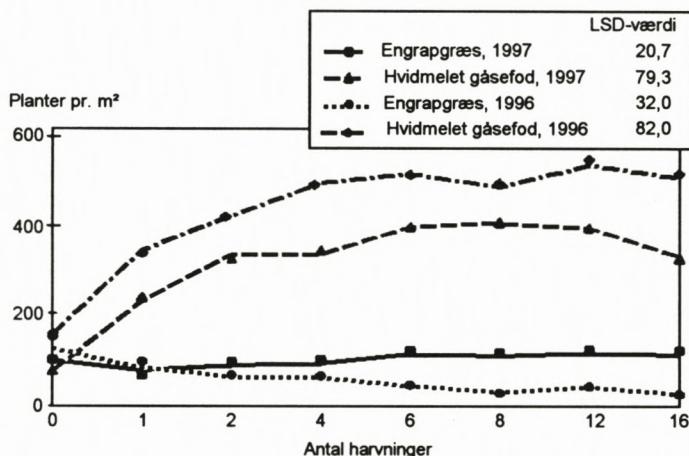
Figur 2. Effekt af pløjtid i efteråret på fremspiling af engrapgræs planter det følgende forår. The influence of ploughing time in the autumn on emergence rate of *Poa pratensis* in the following spring.



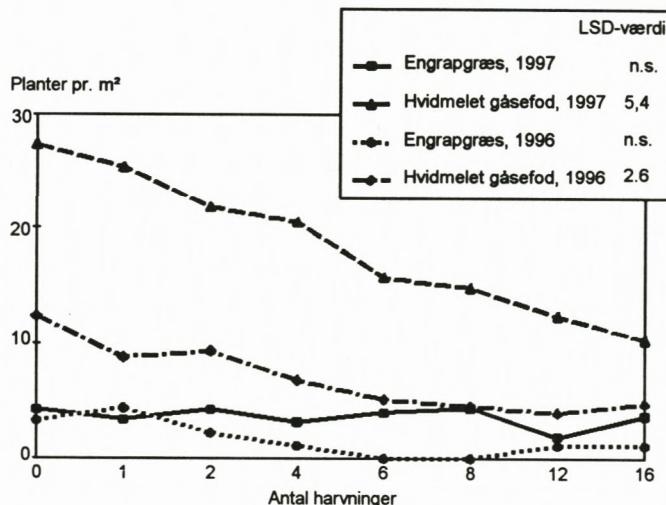
Figur 3. Effekt af pløjtid i efteråret på fremspiling af tokimbladet ukrudt det følgende forår. The influence of ploughing time in the autumn on emergence rate of dicotyledon weeds in the following spring.

Spirehvide forsøg

Mens der både i denne forsøgsserie (tabel 2) og andre tilsvarende er fundet en øget fremspiring af tokimbladet ukrudt med stigende bearbejdningstensitet af jorden, blev der ikke fundet en sådan sammenhæng for engrapgræs ved efterårsoptællingerne ved sammenligning af forsøgsled med samme pløjetime men forskellig harveintensitet. For at undersøge om spildfrø af engrapgræs reagerer anderledes end de fleste ukrudtsarter frø, blev der udført 2 forsøg for at undersøge mere specifikt, hvordan engrapgræs reagerer. Figur 4 viser fremspiringen af hvidmelet gåsefod og engrapgræs som en funktion af stigende harveintensitet. For hvidmelet gåsefod er der fundet samme kurveforløb som i tidligere undersøgelser, mens engrapgræs reaktion er helt anderledes. I det første års forsøg (1996) er der et fald i antallet af fremspirede engrapgræsplanter med stigende harveintensitet. Det skal sandsynligvis forklares med, at engrapgræsset har været i gang med spiringen, da behandlingen blev udført, og at harvningen derfor har medført en ødelæggelse af spirende planter. I det andet år er fremspiringen af engrapgræs uafhængig af harveintensitet. Disse forsøg tyder således også på, at engrapgræsset ikke behøver den induktion som en lang række tokimbladede ukrudtsarter har behov for, inden spiringsprocessen indledes. Det understøttes også af den anden del af disse forsøg. Da fremspiringen som følge af de første jordbearbejdninger var endt, blev hele forsøget behandlet med Roundup og harvet 3 gange samt tromlet. Fremspiringen efter denne behandling viser, at der er sket en stigende udtynding i frøbanken af hvidmelet gåsefod med stigende bearbejdningstensitet, mens frøbanken af engrapgræs ikke har været påvirket af denne behandling (figur 5). Plantetallet er for begge arter kun nogle få procent af plantetallet ved første jordbearbejdningstid.



Figur 4. Fremspiring af engrapgræs og hvidmelet gåsefod som funktion af stigende bearbejdningstensitet. Emergence rate of *Poa pratensis* and *Chenopodium album* as a function of increasing cultivation intensity.



Figur 5. Fremspiring af engrapgræs og hvidmelet gæsefod på et areal der først er harvet med stigende intensitet. Efter endt fremspiring er hele arealet sprøjtet med Roundup og harvet ensartet 3 gange. 3 uger derefter er ukrudtoptællingen foretaget. Emergence rate of *Poa pratensis* and *chenopodium album* on an area which where cultivated with increasing intensity. When emergence after these harrowings had stopped, the total area was treated with Roundup and harrowed 3 times. The emergence of weeds was counted 3 weeks after this treatment.

Diskussion

Hvor etablering af et græsudlæg foretages i foråret i en vårsået afgrøde, er den afsluttende jordbearbejdning i efteråret forud normalt en sen efterårspløjning. Såfremt pløjelaget stadig indeholder spiredygtige frø fra en tidligere dyrket græsafgrøde, vil en del af disse blive placeret i de øverste jordlag ved pløjningen. Ved en sen pløjning vil disse frø ikke spire i efteråret men derimod først det efterfølgende forår, når temperaturforholdene er egnede til spiring. På det tidspunkt vil en forårssået afgrøde normalt være etableret, og hvis denne afgrøde er etableret med udlæg, er der således risiko for en indblanding med planter fra den tidligere dyrkede sort. Tilberedningen af et falsk såbed defineres som et såbed, der er anlagt flere dage, uger eller måneder forud for plantning/såning. Tidsintervallet mellem det falske såbed og tidspunktet for plantning/såning skal være langt nok til at tillade fremspiringen af planter fra det øverste jordlag og ødelæggelsen af disse planter. Når det 'rigtige' såbed tillaves, må jordbearbejdningen kun omfatte det allerøverste jordlag der er blevet udømt for frø gennem den foregående behandling. Teknikken med falsk såbed har været kendt i årtier og anbefales ofte i økologisk/biodynamisk dyrkning (Wookey, 1985; Parish, 1987; Ascard, 1990; Stopes & Millington, 1991). Den videnskabelige basis for anbefalingerne er imidlertid meget begrænset. Kun ganske få undersøgelser dokumenterer effekten af falsk såbed, som en metode til at

reducere på ukrudtsmængden (Johnson & Mullinix, 1995; Jensen, 1996). I disse 2 undersøgelser blev effekten af falsk såbed fundet, når intervallet mellem det falske såbed og det rigtige såbed var på nogle få uger. Hvis falsk såbed skal anvendes i forbindelse med en forårssået afgrøde, der ønskes etableret så tidligt, som det er muligt, må det falske såbed etableres tidligt i efteråret for at muliggøre fremspiring af ukrudts- og spildplanter. På det tidspunkt vil det ikke være muligt at provokere strengt sommerannuelle arter til spiring, men de fleste kultiverede græsser og deriblandt også engrapgræs spirer lige villigt forår og efterår. Effekten af et falsk såbed skyldes den effekt jordbearbejdning har på spiring af frø i det bearbejdede jordlag, hvor en række undersøgelser har vist en øget fremspiring samt reduktion i jordens frøbank på bearbejdet jord i forhold til urørt jord (Roberts & Dawkins, 1967; Roberts & Potter, 1980; Moss, 1987; Popay *et al.*, 1994). Skønt den eksisterende viden om kultiverede græssers levedygtighed er begrænset, tyder det på, at levedygtigheden er forholdsvis begrænset. For sådanne arter har jordbearbejdning vist sig at være en meget effektiv metode til at reducere bestanden eksempelvis med agerrævehale (Froud-Williams *et al.*, 1984).

Effekten af jordbearbejdning på fremspiring og dermed jordens frøbank kan ikke tilskrives en enkelt faktor, da jordbearbejdning påvirker en række faktorer, der har indvirkning på spirehvile og spiring. I de senere år har en række undersøgelser peget på, at den lyspåvirkning frø udsættes for under selve jordbearbejdningen spiller en central rolle (Hartmann & Nezadal, 1990; Scopel *et al.*, 1994) for en række arter, og dette er understøttet af Jensens undersøgelse (1995) med hvidmelet gåsefod. I denne undersøgelse blev der ligeledes fundet en effekt af lysintensitet på spiring af tokimbladete arter som hvidmelet gåsefod og fuglegræs. Denne effekt ses gennem den øgede spiring og reducerede frøbank med stigende bearbejdningsintensitet. Enrapgræs var derimod ikke påvirket af bearbejdningsintensitet i nogen af de delforsøg, der indgik. Det synes således som om spiringen af engrapgræs foregår uafhængigt af lyspåvirkning, når blot frøet er placeret i nærheden af jordoverfladen. Effekten af det falske såbed var da også tæt knyttet til jordens fugtighedsforhold i efterårsperioden. En tidlig efterårspløjning i de 2 år med normale til gode fugtighedsforhold har medført en reduktion i forårsfremspiringen af engrapgræs på 73 og 99% i forhold til en normal sen efterårspløjning, mens effekten af tidlig efterårspløjning var meget begrænset i det forsøgsår, der havde et meget tørt efterår. Effekten på det forekommende tokimbladete ukrudt, som især bestod af fuglegræs, var mindre, ca. 50% i de fugtige år og lidt mindre i det tørre efterår, hvilket sandsynligvis skyldes en kraftigere spirehvile hos disse arter.

Sammendrag

I 3 års forsøg er det undersøgt, hvilken effekt etablering af et falsk såbed gennem en tidlig efterårspløjning har på forårsfremspiring af spildfrø af engrapgræs og tokimbladet ukrudt i forhold til en normal sen efterårspløjning. De 3 forsøgsår gav meget forskellige resultater, som sandsynligvis skyldes meget varierende jordfugtighedsforhold mellem årene. I 2 af årene med gode fugtighedsforhold var der en stor fremspiring af spildfrøplanter i efteråret, hvor der var etableret et falsk såbed ved pløjning i juli-august måned. Det følgende forår var fremspiringen

stærkt begrænset i de tidligt pløjede forsøgsled. Antallet af spildfrøplanter af engrapgræs var således reduceret med henholdsvis 73% og 99% i forhold til et forsøgsled, der var pløjet til normal tid i slutningen af oktober. Antallet af tokimbladet ukrudt var reduceret med ca. 50%. Der indgik et år med dårlige springsforhold i efteråret grundet lav jordfugtighed, og i dette forsøgsår var der næsten ingen effekt af at pløje tidligt.

Erkendtlighed

Forsøgsarbejdet var finansieret af Forskningssekretariats NonFood program og Forskningsprogram Frøavl.

Litteratur

- Ascard J.* 1990. Weed control in ecological vegetable farming. In A. Granstedt (ed.) Proc. of the Ecological Agriculture, Nordiske Jordbrugsforskernes Forening Seminar, 166, 178-184.
- Chancellor R.J.* 1986. Decline of arable weed seeds during 20 years in soil under grass and the periodicity of seedling emergence after cultivation. *Journal of Applied Ecology*, 23, 631-637.
- Froud-Williams R.J., Chancellor R.J. and Drennan D.S.H.* 1984. The effects of seed burial and soil disturbance on emergence and survival of arable weeds in relation to minimal cultivation. *Journal of Applied Ecology*, 21, 629-641.
- Hartmann K.M. and Nezadal W.* 1990. Photocontrol of weeds without herbicides. *Naturwissenschaften*, 77, 158-163.
- Jensen P.K.* 1995. Effect of light environment during soil disturbance on germination and emergence pattern of weeds. *Annals of Applied Biology*, 127, 561-571.
- Jensen P.K.* 1996. Advanced ploughing as a tool in an integrated weed control strategy. *Aspects of Applied Biology* 47 , Rotations and Cropping Systems, 237-242.
- Johnson W.C. and Mullinix B.G.* 1995. Weed management in peanut using stale seedbed techniques. *Weed Science*, 43, 293-297.
- Lewis J.* 1973. Longevity of crop and weed seeds: survival after 20 years in soil. *Weed Research*, 25, 201-211.
- Moss S.R.* 1987. Influence of tillage, straw disposal system and seed return on the population dynamics of *Alopecurus myosuroides Huds.* in winter wheat. *Weed Research*, 27, 313-320.
- Parish S.* 1987. Weed control ideas from Europe visit. *New Farmer and Grower*, 16, 8-12.
- Popay A.I., Cox T.I., Ingle A. and Kerr R.* 1994. Effects of soil disturbance on weed seedling emergence and its long-term decline. *Weed Research*, 34, 403-412.
- Roberts H.A.* 1986. Persistence of seeds of some grass species in cultivated soil. *Grass and Forage Science*, 41, 273-276.
- Roberts H.A. and Dawkins, P.A.* 1967. Effect of cultivation on the number of viable weed seeds in soil. *Weed Research*, 7, 290-301.

- Roberts H.A. and Feast P.M.* 1972. Fate of seeds of some annual weeds in different depths of cultivated and undisturbed soil. *Weed Research*, 12, 316-324.
- Roberts H.A. and Feast P. M.* 1973. Emergence and longevity of seeds of some annual weeds in cultivated and undisturbed soil. *Journal of Applied Ecology*, 10, 133-143.
- Roberts H. A. and Potter M.E.* 1980. Emergence patterns of weed seedlings in relation to cultivation and rainfall. *Weed Research*, 20, 377-386.
- Simpson G.M.* 1990. Seed dormancy in grasses. Cambridge University Press, 297 pp.
- Scopel A.L., Ballare C.L. and Sánchez R.A.* 1991. Induction of extreme light sensitivity in buried weed seeds and its role in the perception of soil cultivations. *Plant, Cell and Environment*, 14, 501-508.
- Stopes C. and Millington S.* 1991. Weed control in organic farming systems. Proc. 1991 Brighton Crop Protection Conference - Weeds, 185-192.
- Wookey C.B.* 1985. Weed control practice on an organic farm. Proc. 1985 British Crop Protection Conference - Weeds, 577-582.

Orienterende undersøgelser vedrørende UV-lys til ukrudtsbekæmpelse

Preliminary investigations concerning use of ultraviolet light for weed control

Christian Andreasen

Institut for Jordbruksvidenskab

Sektion for Ukrudtslære

Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole

Thorvaldsensvej 40

DK-1871 Frederiksberg C

Summary

Preliminary experiments have been conducted in order to investigate whether ultraviolet (UV) radiation might be used to control weeds. Barley (*Hordeum vulgare*), Peas (*Pisum sativum*) and several weed species have been radiated with increasing doses of UV-light at various stages of plant development. The experiments show that the plant species differ in sensitivity to UV-radiation and that regrowth after radiation occurs for certain species. UV-radiation might be less energy demanding than flame weeding. Furthermore the risk of fire-raising is considerable lower than with use of flame weeding. The UV-equipment must be constructed in such a way that it does not pose a health risk for the user. The user should not be exposed to UV-radiation and ozone generated during radiation. The method might be used on wearing surfaces, along roadsides and other places where use of herbicides is unwanted. It should be investigated, whether the method can be used in high value crops, such as vegetables.

Indledning

På grund af de utilsigtede virkninger af herbicidanvendelsen har der i de senere år været en forøget interesse for at undersøge muligheden for at anvende alternative metoder til ukrudtsbekæmpelse, såsom harvning (Rasmussen & Ascard, 1996), flammebehandling (Ascard, 1995) og biologisk bekæmpelse (Müller-Schärer & Scheepens, 1997). Anvendelse af elektromagnetiske stråler til ukrudtsbekæmpelse har indtil videre ikke fået megen opmærksomhed. Der har været udført forsøg med anvendelse af elektromagnetiske bølger i den lavere ende af det elektromagnetiske spekter, blandt andet ved forsøg med mikrobølger til ukrudtsbekæmpelse på jernbanestrækninger, men resultaterne har hidtil ikke været særlig lovende, da hovedparten af energien fra mikrobølgerne fortsætter igennem planterne og ned i skærver og jord, hvor energien omsættes til varme. Desuden kan mikro- og radiobølger forstyrre de elektriske installationer og ødelægge elektriske komponenter langs jernbanesporene (Hansson *et al.*, 1995). Anvendelse af ultraviolet lys til ukrudtsbekæmpelse

har hidtil ikke været undersøgt, men nu er der iværksat orienterende undersøgelser ved Institut for Jordbrugsvideneskab, KVL.

Ultraviolet lys består af stråler med bølgelængder mellem 100 nm og 400 nm og ligger derfor lige uden for det synlige område. Ultraviolet lys kan deles ind i tre grupper i henhold til bølgelængderne: UV-A (320-400 nm), UV-B (280-320nm) og UV-C (100-280 nm). UV-A ligger tæt op ad violet lys og kendes fra solarier og sollys. Selv små doseringer (få watt) medfører en opvarmning af huden, og større dosering medfører afskalning af hud. Dette sker, fordi næsten hele energien i ultraviolet lys absorberes i en dybde på cirka 0,1 mm. Sollys indeholder også UV-B-stråler, og selv små doseringer medfører rødfarvning af huden og aktivering af farvepigment i huden. Kun en relativ lille del af solens UV-B-stråling når jordens overflade, fordi strålerne frafiltreres af ozon i den øverste del af atmosfæren. UV-C bliver brugt til at bekæmpe bakterier i drikkevand. En dosis på 1000 joule/m² anvendes til at dræbe bakterier, og 5000 joule/m² dræber alger. UV-C forekommer i sollys uden for atmosfæren, men atmosfærens ilt filtrerer UV-C-strålerne fra, og dyr og planter bliver derfor ikke eksponeret af disse stråler.

Ved bestråling af planter med UV-lys omsættes næsten al energien i de øverste 0,1 mm af plantevævet, og der sker derfor en opvarmning af plantevævet. Det er denne opvarmning, som ønskes udnyttet til ukrudtsbekämpelse, på samme måde som ved anvendelse af flammebehandling. Letale bladtemperaturer ligger mellem ca. 55-94°C (Daniell *et al.*, 1969). Desuden kan der optræde strålingsskader på planterne. Selv en mindre forøgelse af den naturligt forekommende UV-B-stråling kan have en skadelig effekt på planters tørstofproduktion og de fysiologiske processer som fotosyntese, respiration og iontransport (Teramura, 1983). Dette skyldes blandt andet, at UV-strålingen absorberes af molekyler, som dem der findes i fotosystem II, elektron-transport-systemet, og i molekyler, som nukleinsyrer, enzymer, pigmenter og vækstregulatorer (Caldwell & Flint, 1994).

Formålet med de første undersøgelser har været at vurdere forskellen på udvalgte ukrudtsarters og afgrøders følsomhed over for UV-lys på forskellige udviklingstrin, og eksempler på disse undersøgelser vil blive diskuteret her. Desuden vil muligheden for at udnytte UV-lys til ukrudtsbekämpelse blive diskuteret.

Materiale og metoder

Forsøgsudstyret, der har været anvendt til de orienterende undersøgelser, har udseende som en dokumentmappe med hank, indeholdende et elektronisk kredsløb til tænding og drift af en gasudladningslampe (elektronisk ballast) som beskrevet i DK patent nr. 167992. Dette udstyr overfører energi i form af tilført el fra en 230 volt stikkontakt. Et tyndt rør stikker ud og ender i et rektangulært lyshoved på ca. 10 x 20 cm, det vil sige 0,02 m². Lyshovedet består af en gasudladningslampe og er forsynet med aluminiumsreflektorer indvendigt. Den tilførte bruttoeffekt er på ca. 700 watt. Den målte mængde af UV-lys var 2,5 kilojoule/m², hvilket er ringe energiudnyttelse, som skyldes ringe reflektorer i lampen. Omsættes ca. 30% af energien til UV-lys, svarer det til cirka 10 kilowatt UV-lys/m². Lampen udsender primært cirka 7%

UVA, 7% UVB, 16% UVC-lys, 14% synligt lys og 35% infrarødt lys. De resterende 21% udgøres af varme i reflektorer og lampe m.v.

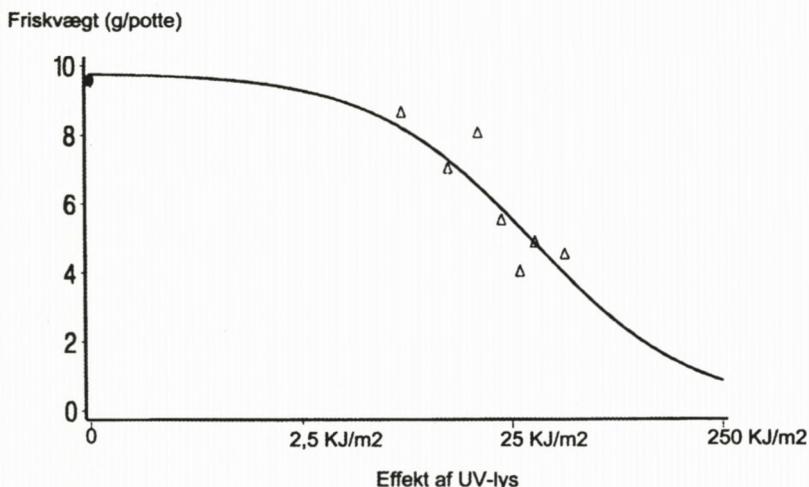
Forsøg har været udført med fem arter: Byg (*Hordeum vulgare*), ærter (*Pisum sativum*), gul okseøje (*Chrysanthemum segetum*), ager-stedmoderblomst (*Viola arvensis*) og vellugtende kamille (*Chamomilla recutita*). For ukrudtsarterne blev der for tre udviklingsstadier udført forsøg med ti lysdoseringer og tre gentagelser. For byg (*H. vulgare*) og ærter (*P. sativum*) blev der for to udviklingsstadier udført forsøg med ni lysdoseringer og tre gentagelser. Ukrudtsarterne blev belyst i tre forsøg, hvor de havde udviklet henholdsvis cirka to til fire løvblade, seks til otte løvblade og otte til ti løvblade. De blev belyst med UV-doseringer, der lå i intervallet fra 0 til 22,5 kilojoule/m² på de to mindste udviklingstrin og med doseringer fra 0 til 50 kilojoule/m² på det største udviklingstrin. I ét forsøg blev byg (*H. vulgare*) belyst, da andet løvblad var udfoldet, og i et andet forsøg, når fjerde løvblad var udfoldet. Ærter (*P. sativum*) blev i første forsøg belyst, når ét internodie var synligt, og i det andet forsøg, når tredje internodie var synligt. På de yngste udviklingstrin blev kulturarterne belyst med UV-doseringer, der lå i intervallet fra 0 til 45 kilojoule/m² og på det ældste udviklingstrin med UV-doseringer i intervallet 0 til 50 kilojoule/m². For en detaljeret forsøgsplan henvises til Ogstrup-Pedersen (1997). For at opnå varianshomogenitet blev der udført Box-Cox-transformation (Weisberg, 1985), hvorefter data blev analyseres ved hjælp af følgende dosis-respons-model (modificeret efter Streibig *et al.*, 1993):

$$Y = \frac{D}{1-\exp[b(\log(x)-\log(ED_{50}))]} , \quad (1)$$

hvor Y er biomassen af planterne, X er doseringen, D er den øvre grænse for biomasse (maksimal biomasse), ED_{50} er den dosering, som giver en reducering af biomassen, der ligger lige mellem den øvre og nedre grænse, og b er proportional med hældningen af kurvens tangent ved ED_{50} .

Resultater

Figur 1 viser et eksempel på dosis-respons-forsøg, hvor planter af ærter er blevet belyst med stigende doseringer af lys fra det relativt simple forsøgsudstyr. Tabel 1 viser eksempler på fundne model-estimater (ligning 1) fra nogle delforsøg. Detaljeret opgørelse findes hos Ogstrup-Pedersen (1997).



Figur 1. Eksempel på dosis-respons forsøg, hvor ærteplanter, der har udviklet et internodie, er blevet belyst med stigende doseringer af UV-lys. Example of dose-response bioassay, where peas, which had developed the first internode, were exposed to increasing doses of UV-radiation.

Tabel 1. Eksempler på parameter-estimater (2 x spredning i parentes) fra model 1 fra forsøg med UV-lys (modificeret efter Ogstrup-Pedersen, 1997). Examples of parameter estimates (2 x standard error in brackets) according to model 1 for bio-assays with UV-light.

Arter Species	Udviklingstrin Stage of development	D-parameter (g/pot)	B-parameter (g/pot)	ED ₅₀ (kilojoule/m ²)
Byg (<i>Hordeum vulgare</i>)	Andet løvblad udfoldet Second leave unfold	10,3 (2,3)	0,8 (2,6)	39 (27)
Ærter (<i>Pisum sativum</i>)	Første internodie synligt first internode visible	9,8 (2,1)	1,1 (0,7)	32,0 (15)
Ærter (<i>Pisum sativum</i>)	Tredje internodie synligt Third internodes visible	14,1 (2,6)	2,4 (1,8)	77,5 (17)
Ager-stedmoderblomst (<i>Viola arvensis</i>)	4-6 løvblade 4-6 permanent leaves	9,1 (1,8)	0,7 (0,3)	10,5 (7)
Ager-Stedmoderblomst (<i>Viola arvensis</i>)	6-8 løvblade 6-8 permanent leaves	6,6 (1,3)	0,9 (1,0)	63,3 (56)
Gul okseøje (<i>Chrysanthemum segetum</i>)	6-8 løvblade 6-8 permanent leaves	6,7 (1,5)	0,8 (0,6)	34 ,0 (24)
Vellugtende kamille (<i>Chamomilla recutita</i>)	2-4 løvblade 2-4 permanent leaves	3,5 (0,5)	0,8 (0,9)	73,3 (109)

Diskussion

For alle plantearter var der tegn på genvækst efter bestråling med lave doseringer, og for arter som ærter, byg og vellugtende kamille (*C. recutita*) optrådte der genvækst selv ved store doseringer. Da energien i UV-lys afsættes overfladisk i plantedelene, vil beskyttede vækstpunkter kunne undgå skade, og planten vil derfor kunne etablere friske skud efter behandlingen. Jo større udviklingstrin planter har, jo flere vækstpunkter og bladdele vil undgå den direkte belysning, og jo større er risikoen for at planterne overlever. Man bør derfor belyse uønskede planter på så tidligt et udviklingstrin som muligt. Det er endvidere vigtigt at planterne er tørre, således at der ikke skal bruges energi til fordampning af vand fra planternes overflader.

Der er tydeligvis forskel på arternes følsomhed over for UV-lys. Mange faktorer har indflydelse på følsomheden. De fleste arter tilhørende græsfamilien har opret bladstilling og modtager derfor en mindre koncentreret belysning end mange bredbladede ukrudtsarter med mere horizontal bladstilling. Et tykt vokslag og sukkulente blade er med til at beskytte ærter (*Pisum sativum*) bedre end arter som f.eks. ager-stedmoderblomst (*Viola arvensis*), som kun er forsynet med et tyndt vokslag på blade og stængler. Kraftig hårvækst kan ligeledes give en vis beskyttelse af mesofylvævet mod UV-lys. Studier af plantearter på Hawaii, som voksede i omgivelser med en stor naturlig solar UV-B stråling (Caldwell & Robberecht, 1980) og som udviste meget lille epidermal UV-transmission (Robberecht *et al.*, 1980) viste, at meget af dæmpningen tilsyneladende skete i behåringen og i de strukturelle komponenter af epidermis. Planter med tæt behåring var bedre beskyttede end hårløse planter (Caldwell *et al.*, 1983). Også inden for en art kan der være forskel på følsomheden. Således fandt Dai *et al.* (1992), at der var betragtelig variation blandt rissorter med hensyn til følsomhed over for UV-lys.

En fordel ved at anvende UV-lys til ukrudtsbekæmpelse er, at UV-lys ikke kontaminerer omgivelserne, når først bestrålingen er foretaget, i modsætning til herbicider. Selvom metoden er energikrævende, forventes den at kunne blive mindre energikrævende end flammebehandling. En skønsmæssig beregning foretaget af en af patentindehaverne cand. ing. civ. ing. lic. techn. Kaj Jensen vurderer energiforbruget ved anvendelse af UV-lys til ukrudtsbekæmpelse til at være cirka 500 megajoule/ha, mens energiforbruget ved flammebehandling med en propan-dosis på 50 kg/ha svarer til et energiforbrug på 2300 megajoule/ha (Ascard, 1995). Desuden er risikoen for utilsigtede antændelser langt mindre ved UV-lys end ved flammebehandling.

Ved mekanisk renholdelse af arealer sker der en lysstimulering af ukrudsfrø, som forårsager en nyfremspiring af ukrudt, efter behandlingen er afsluttet. Ved anvendelse af UV-lys sker der ikke en mekanisk bearbejdning af jorden under behandlingen, og man ville derfor forvente, at man kunne undgå denne genfremspiring. Igangværende forsøg indikerer imidlertid, at store doseringer kan forårsage en stimulering af frø fra de allerøverste jordlag, som formentlig beror på en lys/varmeeffekt, der dermed kan give anledning til fornyet fremspiring af ukrudt.

Afhængig af, hvilke bølgelængder der udsendes fra UV-lyskilder, vil der blive produceret en større eller mindre mængde ozon, som af arbejdsmiljømæssige hensyn er uønsket. Ozon generes fra ilt, som bestråles med kortbølget lys omkring 185 nm og bliver igen til ilt ved bestråling med UV-C-lys omkring 254 nm. Ozonudviklingen kan begrænses ved passende valg af glas i lamperne, så den mest kortbølgende del af UV-C-lyset, den under 250 nm, filtreres fra og i stedet går tabt i form af varme i glasset. Ventilation eller udugning omkring apparatet kan ligeledes medvirke til at reducere ozon-koncentrationen. Ozon kan lugtes ved koncentrationer på 0,01 ppm. Den sundhedsmæssige grænseværdi er 0,1 ppm. UV-udstyr skal endvidere være overdækket, således at brugerne ikke eksponeres for UV-lyset.

UV-lys kan tænkes anvendt på befæstede arealer, som fortove, grusbelægninger, langs veje, i parker og på kirkegårde til total ukrudtsbekæmpelse, hvor herbicider er uønskede. Det vil muligvis også kunne anvendes i værdiafgrøder som økologiske grønsager, f.eks. løg, majs, porrer og gulerødder, hvor ukrudtet i afgrøderækkerne kunne tænkes belyst, lige før afgrøden fremspirer, mens ukrudtet mellem rækkerne bekæmpes mekanisk. De orienterende undersøgelser indikerer, at det vil være muligt at anvende UV-lys til selektiv ukrudtsbekæmpelse, når afgrøder er på et større udviklingsstadie end ukrudtet. Her vil afgrøder med beskyttede vækstpunkter i første omgang være interessante at undersøge. Ukrudtsarter med beskyttede vækstpunkter, som f.eks. enårig rapgræs (*Poa annua*) og andre græsser, kan blive et problem, således som det er tilfældet ved flammebehandling.

Sammendrag

Orienterende undersøgelser har været udført for at undersøge om UV-stråling kan anvendes til bekæmpelse af ukrudt. Byg (*Hordeum vulgare*) og ærter (*Pisum sativum*) samt adskillige ukrudtsarter blev belyst med stigende doseringer af UV-lys på forskellige udviklingstrin. Forsøgene viser, at plantearterne har forskellig følsomhed over for UV-lys, og at genvækst efter bestråling kan forekomme for nogle arter. UV-lys vil formentlig kunne give en energibesparelse i forhold til flammebehandling. Desuden er risikoen for ildspåsættelse betydelig mindre. UV-udstyr skal konstrueres, så det ikke kan udgøre en sundhedsmæssig risiko for brugeren, idet brugeren må udsættes for UV-lys og ozon, som dannes under belysningen. Metoden kan f.eks. tænkes anvendt på befæstede arealer, langs vejrabatter og andre steder, hvor herbicider ikke ønskes anvendt. Desuden bør det undersøges, om metoden kan bruges til selektiv bekæmpelse af ukrudt i højværdi-afgrøder som f.eks. grønsagskulturer.

Erkendtlighed

Jeg vil gerne takke studerende Julie Ogstrup-Pedersen, som har leveret data, samt dir. Knud Andreasen, DPL Industries ApS, og ingenør Kaj Jensen, Electro Light ApS, som har stillet udstyr til rådighed.

Litteratur

- Ascard J.* 1995. Thermal weed control by flaming: Biological and Technical Aspects. Ph.D. dissertation, Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Agricultural Engineering, Alnarp, Sweden. Report 200.
- Hansson D., Mattsson B. & Schroeder H.* 1995. Vegetationsbekämpning på Banvallar. - En förstudie om förebyggande åtgärder samt icke-kemiska metoder. Institutionen för lantbrukssteknik. Sveriges lantbruksuniversitet, Alnarp, Sweden. Report 191.
- Caldwell M.M. & Robberecht R.* 1980. A steep latitudinal gradient of solar ultraviolet-B radiation in the arctic-alpine life zone. *Ecology* 61 (3) 600-611.
- Caldwell M.M., Robberecht R. & Flint S.D.* 1983. Internal filters: Prospects for UV-acclimation in higher plants. *Physiology of Plants* 58, 445-450.
- Caldwell M.M. & Flint S.D.* 1994. Solar ultraviolet radiation and ozone layer change: implications for crop plants. I: Boote, KJ, JM Bennet, TR Sinclair & GM Paulson (eds.) *Physiology and determination of crop yield*, pp. 487-507. American Society of Agronomy, Madison, WI.
- Dai Q.J.; Coronel V.P.; Vergara B.S.; Barnes P.W. & Quintos A.T.* 1992 Ultraviolet-B radiation effects on growth and physiology of four rice cultivars. *Crop Science* 32, 1269-1274
- Daniell J.W.; Chapell W.E. & Couch H.B.* 1969. Effect of sublethal and lethal temperature on plant cells. *Plant Physiology*, 44, 1684-1689.
- Müller-Shärer H. & Scheepens P.C.* 1997 Biological control of weeds in crops: a coordinated European research programme (COST-816). *Integrated Pest Management Reviews* 2, 45-50.
- Ogstrup-Pedersen J.* 1997. Ukrudtsbekämpelse med ultraviolet-lys. Bacheloropgave, Inst. for Jordbruksvidenskab, KVL, København.
- Rasmussen J. & Ascard J.* 1997. Weed control in organic farming. I: *Ecology and integrated farming systems*. (Eds. D.M. Glen; M.P. Greaves & H.M. Anderson). John Wiley & Sons Ltd., London, UK.
- Robberecht R.; Caldwell M.M. & Billings W.D.* 1980. Leaf ultraviolet optical properties along a latitudinal gradient in the arctic-alpine life zone. *Ecology* 61, 612-619.
- Robberecht R.; Nowak R.S. & Billings W.D.* 1982. Differential photosynthetic inhibition by ultraviolet radiation in species from arctic-alpine flie zone. *Arctic Alpine Research* 14, 195-202.
- Teramura A.H.* 1983. Effects of ultraviolet radiation on the growth of crop plants. *Physiologia planetarium* 58, 415-427.
- Streibig J.C.; Rudemo, M. & Jensen J.E.* 1993. Dose-response curves and statistical models. I: Streibig, J.C. & Kudsk P. (Eds.): *Herbicide Bioassays*. CRC Press, Boca Raton, Florida, 29-55.
- Weisberg S.* 1985. *Applied linear regression*. 2nd edition. John Wiley & Sons, Inc, New York.

Ukrudtsharvning i vinterhvede

Weed harrowing in winter wheat

Jesper Rasmussen

Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole

Institut for Jordbruksvidenskab

Agrovej 10

DK-2630 Tåstrup

Summary

Three experiments were carried out in winter wheat in 1992, 1994 and 1995 on heavy soils. A complete factorial design included row distance, selective harrowing and complementary control measures. Row distances were 12 cm and 20 cm. Complementary control treatments were weed harrowing in autumn, weed harrowing in early spring, herbicide and an untreated control. Selective harrowing was carried out in growth stages 32-34. One, two and three passes were carried out in order to create a progressive range of intensities. The series of experiment showed that row distance was without significant influence on crop yield and weed control. Weed harrowing in autumn controlled common chickweed with about 75% whereas harrowings in spring had no effect. Harrowings in autumn were risky with respect to crop damages resulting in crop yield reductions. Weed harrowing in early spring controlled ground covering weeds with 40-70% without crop damages. In some years harrowing in early spring stimulated crop growth resulting in higher crop yields than herbicide sprayed plots. Selective harrowings did not damage the crop and they gave a good control of ground covering weeds. Combined with harrowing in early spring selective harrowings gave 70-85% weed control of the ground covering weeds and crop yields at the same level as herbicides.

Indledning

Ukrudtsharvning i vintersæd er et næsten ubeskrevet blad, hvad angår danske forsøg. På nogle områder kan erfaringer overføres fra vårsæd til vintersæd, men på andre må de nødvendigvis gøres i vintersæd. Her tænkes på spørgsmål i tilknytning til behandlingstidspunkter, ukrudtsarter og problemer med ubekvem jord.

I denne artikel behandles nogle af de spørgsmål, som er særegne for ukrudtsharvning i vinterhvede på lerjord. Der lægges især vægt på selektiv harvning, der antages at være velegnet til bekämpelse af bundukrudt som fuglegræs, stedmoder og ærenpris (Rasmussen & Svenningsen, 1995). Ved selektiv harvning forstås harvning så sent i kornets udvikling, at rækernes modstand mod harvetænderne tvinger dem ud i rækkellemrummene ved kørsel på

langs af rækkerne. Fra sen buskning og fremefter yder kornrækkerne den fornødne modstand, og harvningen kan opfattes som en slags rækkekultivering.

Det har vist sig muligt at bekæmpe bundukrutt i vinterhvedes strækningsfase med mere end 80% effekt uden at skade afgrøden (Rasmussen, 1991; Rasmussen & Svenningsen, 1995).

Selektiv harvning er ikke tænkt som et bekæmpelsesprincip, der skal stå alene, men som et supplement til tidligere bekæmpelse. For at undersøge i hvor høj grad selektiv harvning kan supplere sådan bekæmpelse, blev der i 1991 anlagt en forsøgsserie, som beskrives i det følgende. I forsøgsserien indgår rækkeafstand som en forsøgsfaktor, da forøget rækkeafstand forventes at kunne forbedre ukrudtsbekæmpelsen i forhold til afgrøden (Rasmussen & Svenningsen, 1995).

Materialer og metoder

Forsøgsserien indeholder 3 identiske forsøg, hvad angår mekanisk ukrudtsbekæmpelse. I 2 ud af 3 år indgik herbicidbehandlede kontrolparceller i forsøgene. Forsøgsbehandlingerne er beskrevet i tabel 1.

Tabel 1. Oversigt over faktorielle forsøgsbehandlinger. Overview of experimental factors.

Behandling	Beskrivelse
Rækkeafstand -12 cm -20 cm	Sået Sleipner (1992), Haven (1994) og Hussar (1995) vinterhvede i perioden 23/9-29/9. Tilstræbt planteantal på begge rækkeafstande: 350 pr. m ²
Grundbehandling -ingen -harvning efterår -harvning tidligt forår -herbicid	- 1-2 harvninger i perioden 9/10-28/10 (st. 11-13) - 2 harvninger i perioden 11/4-22/4 (st. 22-23) - 1992: ingen, 1994: 0,1 l/ha Flexidor+1,0 l/ha Tillox, 1995: 0,5 tablet/ha Express
Selektiv harvning -0 harvning -1 harvning -2 harvninger -3 harvninger	- 1 til 3 harvninger i perioden 15/5-30/5 (st. 32-34)

Forsøgene blev gennemført på lerjord (JB 6-7) på Forskningscenter Flakkebjerg i vinterhveden dyrket med kunstgødning, fungicider og insekticider. Det var faktorielle split-plot forsøg med tre gentagelser. Rækkeafstand og grundbehandling udgjorde helplot og selektiv harvning delplot. Ved grundbehandling forstås bekæmpelsesforanstaltninger, der gennemføres forud for selektiv harvning. Grundbehandlingernes intensitet blev ikke varieret i modsætning til selektiv harvning, som blev udført med 3 forskellige intensiteter (1, 2 og 3 harvninger).

De harvninger som udgjorde grundbehandlingerne blev gennemført med en

kørehastighed, der var 1-3 km/t hurtigere på 20 cm rækkeafstand end på 12 cm. Kornet på 20 cm rækkeafstand tålte kraftigere harvninger.

Ved harvning om efteråret blev der anvendt en Einböck ukrudtsstrigle, og ved harvning om foråret blev der anvendt en Rabe-werk langfingerharve med flade tænder. Einbökharen blev valgt, fordi den var nemmere at indstille til de meget skånsomme behandlinger, der var behov for om efteråret. Rabe-werk harven blev valgt, fordi den kunne leve de kraftigste behandlinger, og dem var der behov for om foråret.

Efterårsharvningerne i 1992 og 1994 blev foretaget under gode betingelser, hvor jorden var bekvem at bearbejde. I 1995 blev den første harvning foretaget meget tidligt på grund af udsigt til regn. Da det senere viste sig, at den var uden effekt, blev der foretaget en senere harvning under ugunstige forhold, hvor jorden var meget våd.

Ved grundbehandlingerne om foråret var det i alle år nødvendigt med 2 harvninger for at få en tilfredsstillende effekt. I 1994 var jordoverfladen tilsllemmet, og den tørrede senere ud og blev meget hård. I 1995 var jorden meget fugtig ved grundbehandlingen om foråret.

De selektive harvninger blev i 1992 og 1994 foretaget under gode behandlingsbetingelser. I 1995 var jorden så hård, at der ikke kunne opnås en helt tilfredsstillende jordbearbejdning.

I 1992 forekom der store mængder lugtløs kamille i forsøget. Bundukruditet var i alle år domineret af almindelig fuglegræs, ager-stedmoderblomst og storkronet ærenpris. Fuglegræs bidrog mest til ukrudtets tørstofproduktion.

Bekämpelseseffekterne er, hvor intet andet er anført, opgjort på basis af ukrudtets tørstofproduktion midt i juni. I 1992, hvor lugtløs kamille forekom i store mængder, blev alle blomstrende individer talt op i høstparcellerne. De blev ikke medtaget ved høst af ukrudt.

Resultater

Variansanalyser viste, at rækkeafstanden ikke havde effekt på ukrudtet. Der præsenteres derfor kun gennemsnit af de to rækkeafstande med hensyn til bekämpelseseffekter.

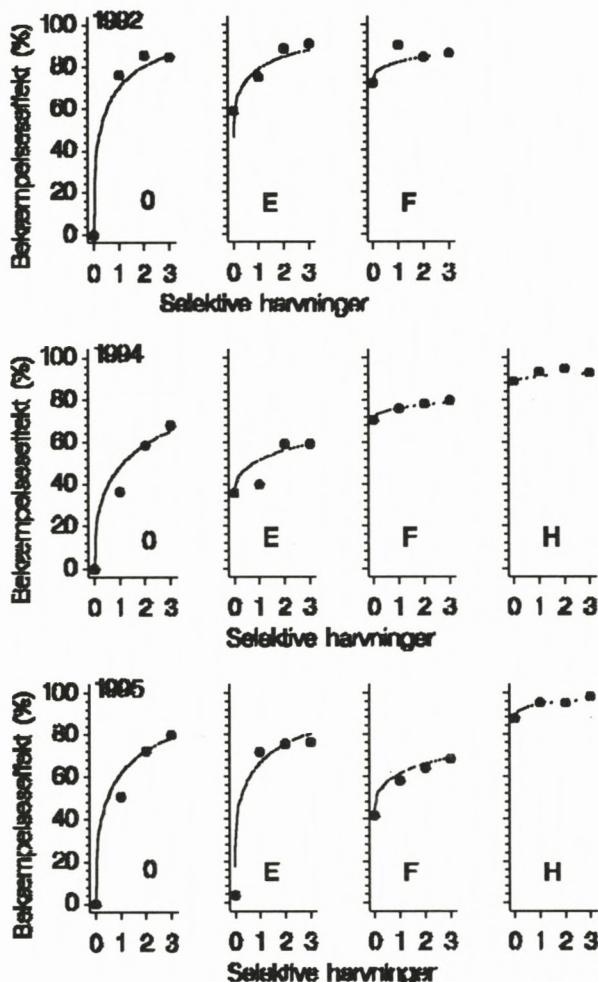
Bekämpelseseffekterne

De tidlige forårsharvninger og de selektive harvninger havde ingen sikker effekt på lugtløs kamille, hvorimod efterårsharvningerne gav henholdsvis 73% og 43% bekämpelse i 1992 og 1994 (tabel 2).

Tabel 2. Grundbehandlingens indflydelse på lugtløs kamille. Influence of complementary treatments on scentless mayweed.

Grundbehandling	Antal planter pr. m ²	
	1992	1994
Kontrol	33,3	2,3
Efterårsharvning	9,0	1,3
Forårsbehandling	31,8	1,7
Herbicid	-	0,0

De selektive harvningers effektivitet over for bundukrudtet varierede fra år til år og fra grundbehandling til grundbehandling. Derfor er samspillet mellem selektiv harvning og grundbehandlinger præsenteret for samtlige år i figur 1.



Figur 1. Bekæmpelseseffekt af bundukrudts som funktion af antallet af selektive harvninger ved forskellige grundbehandlinger. 0: ingen grundbehandling, E: harvning om efteråret efter afgrødens fremspirling, F: harvning tidligt om foråret og H: herbicid. Weed control as a function of passes of selective harrowings. 0: no complementary treatment, E: weed harrowing in autumn, F: weed harrowing in early spring.

Effekten af selektiv harvning var stor, hvor der ikke blev foretaget nogen forudgående bekämpelse. Efter 3 selektive harvninger blev der opnået 86%, 65% og 78% bekämpelse i de tre år. Effekten af selektiv harvning var derimod lille, hvor der forud var gennemført en effektiv bekämpelse. Der var således et stærkt negativt samspil mellem selektiv harvning og grundbehandlinger. Det bevirkede, at der i gennemsnit af de tre år blev opnået stort set samme bekämpelseseffekt efter selektiv harvning, uanset om der var foretaget grundbehandlinger. Som gennemsnit over de tre år gav 3 selektive harvninger uden forudgående behandling 76% bekämpelse af bundukruttet, med efterårsharvning 76% bekämpelse og med forårsharvning 78% bekämpelse.

Herbiciderne gav i begge år en højere effekt end de bedste harvekombinationer. De selektive harvninger forbedrede effekterne yderligere til nær 100% (figur 1).

Udbytterne

Udbytteallene er analyseret på 2 måder. Som en funktion af behandlingerne og som en funktion af den mængde ukrudt, som behandlingerne efterlod.

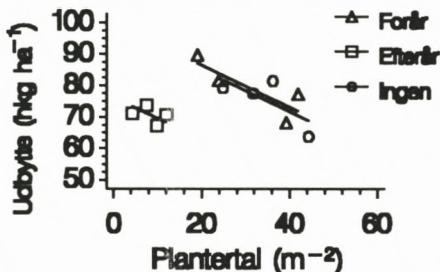
Variansanalysen er anvendt til at analysere udbytterne som en funktion af behandlingerne. Den viste, at grundbehandlinger og selektive harvninger begge påvirkede udbyttet, og at effekten af de selektive harvninger varierede fra år til år (tabel 3). Den tidlige forårsharvning gav et sikkert merudbytte i samme størrelsesorden som herbicidbehandlingerne (4%), hvorimod efterårsharvningernes udbyttereduktion (-3%) ikke var statistisk sikkert. Rækkeafstanden havde ingen effekt på udbyttet.

Regressionsanalysen er anvendt til at analysere udbytterne som en funktion af den mængde ukrudt, som harvningerne efterlod. Regressionsanalysen beskrev data på en tilfreds-

Tabel 3. Hovedeffekter på udbytte. Main yield effects.

Behandling (hovedvirkning)	Udbytte (hkg/ha)			Middelværdi (forholdstal)
	1992	1994	1995	
Selektive harvninger				
0	76,8	88,4	109,4	100
1	67,6	87,2	113,3	97
2	76,5	88,7	114,2	101
3	81,1	88,5	113,8	103
Grundbehandlinger				
0	76,2	87,9	110,7	100
Efterår	70,8	84,5	112,0	97
Forår	78,6	92,2	115,3	104
Herbicid	-	(88,7)	(118,7)	(104)
Rækkeafstand				
12 cm	74,1	89,2	110,9	100
20 cm	77,1	87,2	114,4	102

stillende måde og gav nye tolkningsmuligheder. For eksempel kunne regressionsanalysen hjælpe med at give en forklaring på, at én selektiv harvning reducerede udbyttet i 1992. Årsagen viste sig at være, at der var flere kamilleplanter i de parceller, der fik én selektiv harvning end kontrolparcellerne. Selektiv harvning havde ingen effekt på antallet af kamiller, så den tilfældige variation i forekomsten af kamille var udslagsgivende (figur 2).

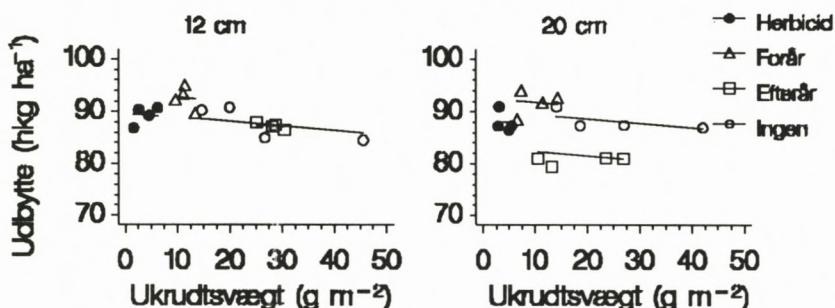


Figur 2. Sammenhæng mellem antal lugtløs kamille og udbytte ved forskellige grundbehandlinger i 1992. Relationship between crop yield and density of scentless mayweed in 1992. Forår: weed harrowing in early sprint, Efterår: weed harrowing in autumn and Ingen: no complementary treatments

Regressionsanalysen viste en 3-vejsvekselvirkning mellem rækkeafstand, grundbehandling og år ($p<0,05$), så de tre forsøg blev analyseret hver for sig.

I 1992 er udbyttet udtrykt som en funktion af antallet af blomstrende kamilleplanter, hvormod det er vægten af bundukrudtet, der er anvendt i 1994 og 1995.

I 1992 var rækkeafstanden uden betydning, så der præsenteres kun gennemsnit.

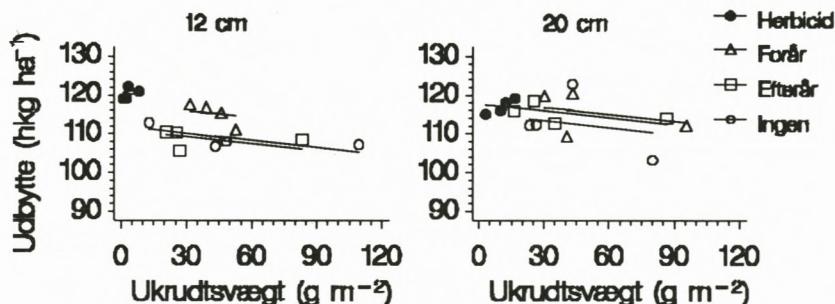


Figur 3. Sammenhæng mellem ukrudtsvægt og udbytte ved forskellige grundbehandlinger i 1994. Relationship between crop yield and density of common chickweed in 1994. Symbols as in figure 2.

Regressionsanalysen viste, at den udbyttereduktion, som var blevet påvist ved efterårsharvning (tabel 3), var langt mindre end den udbyttede depression, som harvningen havde påført afgrøden. Hvis man forventer en retlinet sammenhæng mellem antallet af kamilleplanter og udbyttet i hele

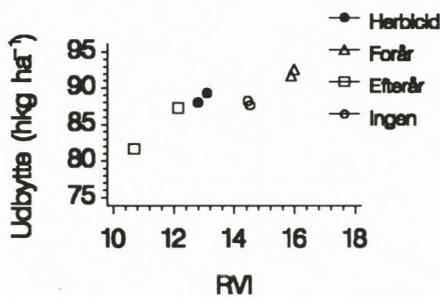
intervallet 0-50 planter pr. m², kan forskellen i linierne skæring med Y-aksen tolkes som et udtryk for efterårsharvningens udbyttede depression (figur 2). Forskellen udgør cirka 20 hkg/ha. Når der kun blev målt en forskel på 5,4 hkg/ha skyldes det, at efterårsharvningen bekæmpede 73% af de stærkt konkurrerende kamiller (tabel 2).

Anvendes samme analysemethode på forsøget i 1994 ses en udbyttede depression som følge af efterårsharvningen på 20 cm rækkeafstand. Den udgør cirka 7,5 hkg/ha i forhold til herbicid (figur 3). Udbyttede depression bør dog næppe tages som udtryk for en rækkespecifik afgrødereaktion. Den skyldes givetvis, at forsøgsparcellerne på 20 cm rækkeafstand blev harvet for kraftigt.



Figur 4. Sammenhæng mellem ukrudtsvægt og udbytte ved forskellige grundbehandlinger i 1995. Relationship between crop yield and density of common chickweed in 1995. Symbols as in figure 2.

Der var en positiv udbytteeffekt af forårsharvning på begge rækkeafstande, når der er korrigert for ukrudtsbekæmpelsen. Den udgjorde godt 4 hkg/ha i forhold til de herbicidbehandlede parceller. Udbyttestimuleringen skyldes givetvis, at jordskorpen blev brudt i det tidlige forår. Dette stimulerede afgrødens vækst, hvilket både lod sig registrere visuelt og ved hjælp af reflektansmålinger (figur 5).



Figur 5. Sammenhæng mellem udbytte og relativt vegetationsindex (RVI) målt ved reflektansmåling 3 uger efter tidlig forårssharvning i 1994. Gennemsnit for henholdsvis 12 og 20 cm rækkeafstand. Relationship between crop yield and electronic assessment of a relative vegetation's index (RVI). Means of 12 cm and 20 cm row distances, respectively. Symbols as in figure 2.

I 1995 var der kun en tendens ($p<0,1$) til sammenhæng mellem ukrudtsmængde og udbytte, og resultaterne er derfor ikke så entydige som i de to foregående år.

Diskussion

Forsøgsserien støtter tidligere forsøg, som har vist, at selektiv harvning er ganske effektiv til at rydde op i bundukrudtet i hvede uden at skade afgrøden (Rasmussen, 1991; Rasmussen & Svenningsen, 1995).

Inkluderet tidligere forsøg, hvor selektiv harvning har været anvendt i vinterhvede (Rasmussen, 1991; Rasmussen & Svenningsen, 1995), kan det konkluderes, at det med meget stor sikkerhed har været muligt at opnå en bekæmpelseseffekt på over 70% ved at anvende selektiv harvning over for bundukrudt.

I hvor høj grad resultaterne kan overføres til praksis er usikkert. Andre forsøg i vintersæd har givet mere usikre effekter (Dierauer, 1990; Samuel & Guest, 1990; Tersbøl, 1995; 1996; Welsh *et al.*, 1996), og meldingerne fra praksis er meget varierende.

Det der kendtegner forsøgene i Flakkebjerg er, at de er udført i meget kraftige afgrøder, og at der har været lagt meget stor vægt på timing og selektive harvnninger. Timingen har været i forhold til mulighederne for at bearbejde jorden, og langt mindre afgrødens og ukrudtets udviklingstrin. Dette skyldes, at der på lerjord kun kan opnås gode resultater, hvis harven kan bearbejde jorden tilfredsstillende. Dette kan være vanskeligt om foråret, da jorden ved udtørring kan blive meget hård. I forsøgene var der da også visse problemer med kompakte jordoverflader. De gav anledning til rilledannelse, når de bagerste harvetænder fulgte de riller, som de forreste dannede. Ved gentagne harvnninger gravede harvetænderne sig blot ned i rillerne, og lod ubearbejdet jord stå tilbage.

Efterårsharvning kan også være vanskelig at gennemføre, men det lykkedes at gennemføre alle efterårsharvnninger. Det skyldes blandt andet, at der blev harvet omgående, når chancen var der.

Ved såvel efterårsharvning og tidlig forårsharvning blev der fundet sammenhæng mellem vurderingen af jordbearbejdningens kvalitet og de opnåede resultater. Kan man allerede på behandlingstidspunktet konstatere, at det ikke er muligt at opnå en tilfredsstillende jordbearbejdning, er der stor sandsynlighed for, at bekæmpelsesresultatet bliver utilfredsstillende.

Denne sammenhæng blev ikke fundet i forbindelse med selektiv harvning. Her virkede det som om, at Jordens beskaffenhed var af mindre betydning end ved de tidlige harvnninger.

Forsøgene støttede ikke antagelsen om, at det er en fordel at øge rækkeafstanden ved ukrudtsharvning i korn (Rasmussen & Svenningsen, 1995). Dierauer (1990) og Tersbøl (1995) fandt heller ingen positiv effekt af at øge rækkeafstanden i vintersæd. Alligevel kan det dog vise sig, at det er værd at satse på øget rækkeafstand. Det er nemlig en udbredt opfattelse, at det er nemmere at harve i afgrøder sået på stor rækkeafstand, da det ikke kræver samme store præcision med hensyn til justering af behandlingsintensiteten som ved 12 cm rækkeafstand. Et aspekt som utvivlsomt har større betydning ved harvning i praksis end ved harvning i små

forsøgsparkeller.

Forsøgene støttede opfattelsen, at det er risikabelt at harve om efteråret på grund af faren for udbyttede depressioner. I 2 ud af 3 år blev der konstateret udbyttede depressioner som følge af skader på afgrøden. Vester *et al.* (1994) fandt også alvorlige udbyttereduktioner som følge af efterårsharvnninger og fremhævede, at det især var risikabelt at harve i sent såede afgrøder.

Det kan derfor kun anbefales at harve om efteråret, hvis der er grund til det. Ved store forekomster af kamille i kortstræde hvedesorter er det eksempelvis nødvendigt at sætte ind allerede om efteråret (tabel 2). Det gælder også for valmuer (Welsh, 1996) og agerrævehale (Hurle & Kemmer, 1991). Der er derfor behov for systematiske undersøgelser af vintersædens følsomhed over for harvning om efteråret.

Det har været fremført, at ukrudtsharvning kan øge mineraliseringen og dermed afgrødens vækst. Mikkelsen (1996) og Børnsen (1993) har begge opnået resultater, der støtter denne antagelse. Om det var mineraliseringen, der satte skub i afgrøden i 1994, vides ikke (figur 3). Effekten er iagttaget i andre forsøg i Flakkebjerg, men det har ikke tidligere været muligt at kvantificere de udbyttemæssige effekter. Der mangler derfor forsøg, der belyser ukrudtsharvningens positive effekter i form af jordløsning i det tidlige forår.

Sammenlignet med vårsæd er der ikke tegn på, at bekæmpelseseffekter og udbytteeffekter ved ukrudtsharvning i vintersæd adskiller sig fra dem, der kan opnås i vårsæd. Ved bearbejdning af Hurle og Kemmers (1991) resultater, kunne der ikke påvises nogen afgrødespecifik sammenhæng mellem merudbytte ved harvning og herbicidsprøjtning. Forsøgene blev gennemført under meget varierende ukrudtstryk med blandt andet store forekomster af ager-rævehale. Merudbytterne ved harvning var cirka halvt så store som ved herbicidsprøjtning, uanset om det var vårsæd eller vintersæd.

Konklusion

Forsøgsserien har vist, at harvestrategier hvori selektiv harvning indgår

- giver en stor sikkerhed for at opnå over 70% bekämpelse af bundukrudtsarter
- giver stor sikkerhed for at opnå udbytteeffekter af samme størrelsesorden som ved herbicidbehandling
- er velegnede, hvor der ikke forekommer stærkt konkurrencedygtige ukrudtsarter med strækningsvækst såsom lugtløs kamille

Forsøgsserien har vist, at efterårsharvning efter afgrødens fremspiring

- er nødvendig for at kunne bekæmpe stærkt konkurrencedygtige ukrudtsarter med strækningsvækst såsom lugtløs kamille
- rummer stor risiko for udbyttede depressioner
- giver meget variable resultater med hensyn til bekämpelse af bundukrudt

Forsøgsserien har vist, at ukrudtsharvning ved begyndende vækst om foråret

- kan give 40-70% bekämpelse af bundukrudtet uden at skade afgrøden

- kan stimulere afgrødens vækst som følge af jordløsning

Forsøgsserien har desuden vist, at rækkeafstanden ikke havde nogen betydning for udbytte, bekæmpelseseffekt og selektivitet

Sammendrag

3 faktorielle forsøg blev udført med ukrudtsharvning i vinterhvede i 1992, 1994 og 1995 på lerjord. Rækkeafstand, selektiv harvning og forskellige bekæmpelsesforanstaltninger forud for selektiv harvning udgjorde faktorerne. Forsøgene viste, at rækkeafstanden ikke havde betydning for udbytte eller bekæmpelseseffekt. At efterårsharvning er nødvendig for at kunne bekæmpe lugtløs kamille men samtidig meget risikabel med hensyn til udbyttede depressioner. At tidlige ukrudtsharvninger om foråret kan give 40-70% bekæmpelse af bundukrutt uden at skade afgrøden, og samtidig kan stimulere hvedens vækst som følge af jordløsning. At selektiv harvning er god til at bekæmpe bundukrutt i vinterhvede uden at skade afgrøden. Forsøgene har vist, at harveststrategier, hvori selektiv harvning indgår, giver stor sikkerhed for en bekæmpelseseffekt på over 70%, og udbytter der ligger på samme niveau som ved herbicidbehandling.

Litteratur

- Böhrnsen A. 1993. Several years results about mechanical weeding in cereals. Non Chemical Weed Control. Communications of the Fourth International Conference I.F.O.A.M, Dijon, July 5th-9th 1993 (ed. J.M. Thomas): 93-99.
- Dierauer H.U. 1990. Versuchsmässiger Geräteeinsatz und unterschiedliche Saatdistanz zur Verbesserung des Wirkungsgrades der mechanischen Unkrautregulierung im Getreide. *Veröffentlichungen der Bundesanstalt für Agrarbiologie Linz/Donau* 20:79-90.
- Hurle K. & Kemmer A. 1991. Gemeinschaftsversuche Baden-Württemberg 1991. Berichte aus dem Fachgebiet Herbologie der Universität Hohenheim. Heft 31. 80 pp.
- Mikkelsen G. 1997. Afgrøderne kvitterer for jordløsning. *Økologisk Jordbrug* 17 (163): 5.
- Samuel A.M. & Guest J. 1990. Effect of seed rates and within crop cultivation in organic winter wheat. Crop Protection in Organic and Low Input Agriculture. BCPC Monograph No. 45: 49-54.
- Rasmussen J. 1991. Optimising the intensity of harrowing for mechanical weed control in winter wheat. Brighton Crop Protection Conference-Weeds: 177-184.
- Rasmussen J. & Svenningsen T. 1995. Selective weed harrowing in cereals. *Biological Agriculture and Horticulture* 12: 29-46.
- Tersbøl M. 1995. Økologisk og biodynamisk dyrkning. I Oversigt over Landsforsøgene (ed. C.Å. Pedersen): 211-218.
- Tersbøl M. 1996. Økologisk og biodynamisk dyrkning. I Oversigt over Landsforsøgene (ed. C.Å. Pedersen): 199-210.

- Vester J., Secher B.J.M. og Holm S.* 1994. Demonstrationsmarker, vinterhvede. 11. Danske Planteværnskonference/Sygdomme og skadedyr. SP rapport nr. 7 (1994): 75-87.
- Welsh J.P., Bulson H.A.J., Stopes C.E., Froud-Williams R.J. and Murdoch A.J.* 1996. Weed control in organic winter wheat using a spring-tie weeder. Proceedings of the Second International Weed Control Congress, Copenhagen 1996: 1127-1132.



Anvendelse af falsk såbed, blindharvning og flammebehandling i højværdiafgrøder

Pre-emergence weed control in crops of high value by means of a false seedbed techniques, weed harrowing, and flaming

Bo Melander

Danmarks JordbrugsForskning

Afdeling for Plantebeskyttelse

Forskningscenter Flakkebjerg

DK-4200 Slagelse

Summary

Two field experiments were conducted, one in 1995 and one in 1996, to study the prospects of using physical pre-emergence weed control methods in row crops of high value such as seeded onions, seeded leeks and carrots. The studies were made in seeded onions and the physical control methods used were a false seedbed techniques, pre-emergence flaming and pre-emergence weed harrowing. The methods should only be considered as a part of a weed control programme for the crop where other methods conducted post emergence are also included. Weed harrowing and flaming conducted one or two days before crop emergence were comparable in their weed controlling effects and they did not damage the onions significantly. Pre-emergence weed harrowing does not necessarily have to be conducted just before crop emergence. It may also be done four to six days before crop emergence without getting less weed control effect. The false seedbed technique was no benefit to the use of the other control methods mentioned. Consequently, it cannot be recommended to delay the sowing of onions just to make it possible to do a false seedbed.

Indledning

Falsk såbed, blindharvning og flammebehandling er ikke-kemiske bekämpelsesmetoder mod ukrudt, som kan anvendes i højværdiafgrøder som frilandsgronsager og havefrø. Metoderne er især relevante ved økologisk dyrkning og i de situationer, hvor herbicider enten ikke må anvendes eller ikke kan anvendes med tilfredsstillende resultat. Metoderne kan ikke stå alene men skal indgå i en bekämpelsesstrategi i kombination med andre metoder, som det bl.a. er vist af Baumann (1992) og Melander (1998). Da de fleste højværdiafgrøder etableres på større rækkeafstande (30-70 cm), vil det primære mål med brugen af de 3 metoder dels være at nedsætte mængden af ukrudt i selve afgrøderækken og dels at skabe gode selektivitetsforhold for senere mekanisk bekämpelse i selve afgrøden (Melander, 1998). En god bekämpelse af

ukrudit i afgrøderækken er særlig vigtig at opnå, fordi det kan begrænse den dyre og tidskrævende håndlugning. Ukrudt mellem rækkerne kan nemt bekæmpes med gængse metoder som radrensning og børsterensning (Mattson *et al.*, 1990).

Falsk såbed praktiseres oftest ved, at der først harves op til det egentlige såbed nogen tid før, afgrøden skal sås eller udplantes. I perioden til og med såning eller udplantning kan der, hvis tidsrummet tillader det, gennemføres en eller flere ukrudtsharvninger med henblik på at bekæmpe spirede ukrudtsfrø og samtidig stimulere nye ukrudtsfrø til at spire til senere bekämpelse. Selv om falsk såbed er almindelig anvendt på økologiske brug (Parish, 1987; Ascard, 1990; Dierauer & Stöppel, 1993) og også bruges i flere sammenhænge ved konventionel produktion af højværdiafgrøder (Frugt & Grønt Rådgivningen 1997, personlig kommunikation), findes der kun begrænset dokumentation for metodens effekt. De bedste resultater er opnået, når jorden er tilstrækkelig fugtig til initiering af frøspiringen, og der samtidig har været en længere periode til rådighed til ukrudtsharvning, inden afgrøden skal etableres (Roberts & Potter, 1980; Johnson & Mullinix, 1995; Rasmussen & Ascard, 1995; Jensen, 1996).

Blindharvning udføres i perioden fra såning, og ind til afgrøden begynder at spire frem. Metoden anses kun for anvendelig i afgrøder, som sås dybere end ca. 2 cm f.eks. majs, ærter og bønner, da risikoen for alvorlige skader på de spirende kulturfrø ellers kan blive for stor (Melander & Hartvig, 1995). Flammebehandling kan ligeledes udføres før afgrødens fremspiring, som regel døgnet før afgrøden spirer igennem. Metoden kan i nogle afgrøder f.eks. løg, kål og majs også bruges efter fremspiring eller udplantning. Begge metoder virker bedst i kulturer, der er relativ lange om at spire frem som f.eks. såløg, majs, såporre, gulerødder (kun flammebehandling), fordi disse kulturers lange spiretid muliggør at flest mulige ukrudtsfrø kan nå at spire inden behandlingen. Ved flammebehandling skal ukrudtet endvidere være helt fremspiredt, hvis brændingen skal virke.

Spørgsmålet er, om effekterne ved flammebehandling og blindharvning kan forbedres, hvis de kombineres med et falsk såbed. Problemstillingen kendes fra praksis men er ikke tidligere blevet undersøgt eksperimentelt. Et andet spørgsmål er, om tidspunktet for blindharvning kan flyttes længere væk fra afgrødens fremspiringstidspunkt for derved at mindske risikoen for afgrødeskader i øverligt såede kulturer. Det falske såbed kan bevirke, at der stadig kan opnås nogen effekt på ukrudtet, selv om blindharvningen udføres tidligere efter såning af afgrøden. Et tredje spørgsmål er, om blindharvning i nogle tilfælde kan erstatte den mere energikrævende og noget dyrere flammebehandling. Formålet med nærværende undersøgelser har derfor været at belyse disse spørgsmål.

Materialer og metoder

Forsøgene

Til belysning af ovennævnte problemstillinger blev to markforsøg, ét i 1995 og ét i 1996, anlagt på en sandblandet lerjord ved Forskningscenter Flakkebjerg. Forsøgene blev designede som fuldstændigt randomiserede 2-faktor blokforsøg med 4 gentagelser og en parcelstørrelse på 2,5

m x 7,5 m. I tabel 1 er niveauerne under hver faktor samt de nedbørsmæssige forhold omkring behandlingstidspunkterne nærmere angivet.

Hver blindharvning blev udført med en *Einböck* langfingerharve. Kørehastigheden og arbejdsdybden var hver gang og i begge år henholdsvis 6 km/t og ca. 2 cm. Blindharvningen udført i mørke i 1995 blev udført kl. 23.00. Flammebehandlingerne blev udført med en *Sønderskov*-brænder. Kørehastigheden var 6 km/t og gas-doseringen ca. 60 kg/ha.

Såløg (sorten *Hyton F₁*) blev anvendt som højværdiafgrøde i begge forsøg, fordi denne afgrøde er længe om at spire frem, og fordi den sås i ca. 2-3 cm's dybde. Løgene blev sået på 50 cm's rækkeafstand og med en afstand på 2,5 cm i rækken. Foruden såtidspunktet angivet i tabel 1, blev der også sået et kontrolleret i hvert forsøg ved første såbedsopharvning henholdsvis den 13/4-1995 og den 16/4-1996 med henblik på at kunne kontrollere, om løgudbyttet blev nedsat ved en forsinkelse i såtidspunktet på henholdsvis 13 og 7 dage i forhold til det tidligst mulige. Løgene blev gødet og vandet efter almindelig dansk standard. I begyndelsen af september blev løg fra 4,5 m række i hver parcel taget op og derefter lagt til vejring i ca. 2-3 uger, hvorefter de blev vejet og talt efter en sortering i salgbare (diameter større end 40 mm og god form) og ikke salgbare løg.

Hver parcel blev inddelt i en registreringsdel og en høstdel. I høstdelen blev løgene løbende renholdt ved håndlugning for at undgå konkurrence fra ukrudt, således at eventuelle afgrødeskader efter behandlingerne kunne identificeres. I registreringsdelen blev ukrudtet ikke bortlugt men derimod talt og høstet i rækken i 100 cm lange og 10 cm brede rammer, som blev placeret hen over løgrækkerne fire tilfældige steder i hver parcel. Det høstede ukrudt blev tørret i tørreskab ved 80°C i ét døgn, hvorefter det blev vejet. Ukrudtsregistreringen blev foretaget på et tidspunkt henholdsvis den 13/6-1995 og den 17/6-1996, hvor ukrudtsfremspiringen var ophørt i alle parcellerne. I 1995 var ukrudtsfloraen domineret af hvidmelet gåsefod (*Chenopodium album*), snerle-pileurt (*Bilderdykia convolvulus*), fersken-pileurt (*Polygonum persicaria*) og bleg pileurt (*Polygonum lapathifolium*) og i 1996 af agersennep (*Sinapis arvensis*), ager-stedmoderblomst (*Viola arvensis*) og alm. fuglegræs (*Stellaria media*).

Databehandling

Sammenhængen mellem antal ukrudtsplanter og tidspunktet for blindharvning, vist i figur 1, er beskrevet ved hjælp af en almindelig eksponentialfunktion, mens sammenhængen mellem ukrudtsplanternes gennemsnitlige tørstofvægt og blindharvningstidspunktet i figur 2 er beskrevet ved et 3-grads polynomium for 1995-situationen og en logistisk funktion for 1996-situationen. Betydningen af de 3 niveauer af det falske såbed for kurveforløbene er testet ved at opstille en fuld model, hvor alle modellens parametre afhænger af hvert enkelt niveau af det falske såbed. Modellen er så reduceret mest muligt på basis af F-test - en analyseteknik, som tidligere er anvendt og beskrevet i bl.a. Melander (1995). Eksempelvis er kun én kurve vist for sammenhængen mellem ukrudtsplanternes gennemsnitlige tørstofvægt og tidspunktet for blindharvning i figur 2 (1996), fordi der ikke var forskel mellem de 3 niveauer af det falske

såbed. På lignende vis er også kun de kurver, som er statistisk forskellige på 5%-niveau (eller derunder) vist i de øvrige koordinatsystemer i figur 1 og 2.

Tabel 1. Oversigt over udførte behandlinger i de 2 markforsøg anlagt i henholdsvis 1995 og 1996. Nedbørsforholdene i behandlingsperioden er ligeledes angivet. An overview of the treatments (factor 1, false seedbed; factor 2, pre-emergence harrowing and pre-emergence flaming) that were made in two field experiments, one in 1995 and one in 1996. The amount of rainfall that fell during April and May is also shown.

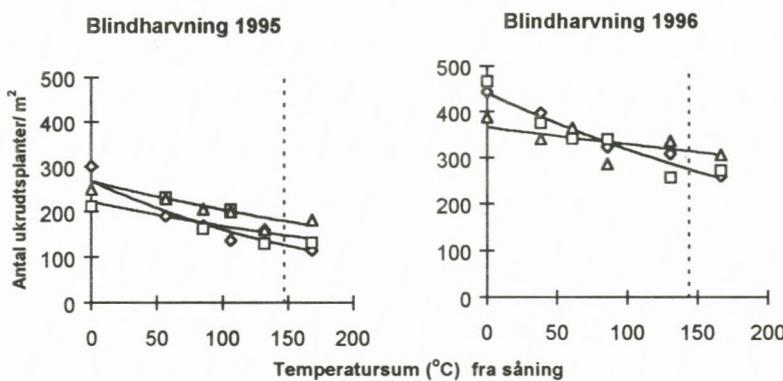
Dato	Faktor 1 (3 niveauer), falsk såbed - 2 træk med såbedsharve ved hvert niveau	Faktor 2 (8 og 7 niveauer), blind-harvning/flammebehandling	Nedbør (mm) faldet siden 1. april
<i>1995, forsøg 1</i>			
13 apr	1) 13 dage før såning		34
22 apr	2) 4 dage før såning		63
26 apr	3) Ved såning		63
		1) Ingen behandling	
3 maj		2) Første blindharvning	65
5 maj		3) Anden blindharvning	65
7 maj		4) Tredje blindharvning	66
10 maj		5) Fjerde blindharvning	79
10 maj		6) Som 5), men i mørke	79
10 maj		7) Flammebehandling	79
12 maj	Hovedparten af løgene er spiret frem		80
15 maj		8) Femte blindharvning	80
31 maj			101
<i>1996, forsøg 2</i>			
16 apr	1) 7 dage før såning		0
19 apr	2) 4 dage før såning		0
23 apr	3) Ved såning		0
		1) Ingen behandling	
27 apr		2) Første blindharvning	15
30 apr		3) Anden blindharvning	16
3 maj		4) Tredje blindharvning	16
9 maj		5) Fjerde blindharvning	18
9 maj		6) Flammebehandling	18
11 maj	Hovedparten af løgene er spiret frem		20
13 maj		7) Femte blindharvning	20
31 maj			63

Årsagen til, at der er anvendt temperatursummer regnet fra såning med 0°C som basitemperatur som x-koordinat i figur 1 og 2 i stedet for antal dage fra såning, er, at denne variabel gav en generelt bedre beskrivelse end antal dage. Ud fra datoerne angivet i tabel 1 kan man dog se, hvad temperatursummerne for udførelse af blindharvningerne og flammebehandlingerne svarer til i antal dage.

Resultater

Effekter på ukrudtet

I begge forsøgsår blev antallet af ukrudsplanter reduceret ved blindharvning, og reduktionerne var størst ved harvning omkring løgenes fremspiringstidspunkt (figur 1). De største reduktioner i antal ukrudsplanter var ikke væsentlig forskellige mellem de to år, selv om april 1995 var betydeligt mere nedbørsrig end april 1996. Sammenhængen mellem antallet af ukrudsplanter og blindharvningstidspunktet vekselsvirkede i begge år med tidspunktet for etablering af det falske såbed. Det betød, at ukrudsreduktionerne ved blindharvningerne omkring løgenes fremspiringstidspunkt var størst, når såbedsopharvningerne var udført 13 dage (1995) samt 7 og 4 dage (1996) før såning. Disse opharvninger havde nemlig til sammenligning med de andre opharvninger fået flere ukrudsplanter til at spire frem, inden især de sene blindharvninger skulle udføres.

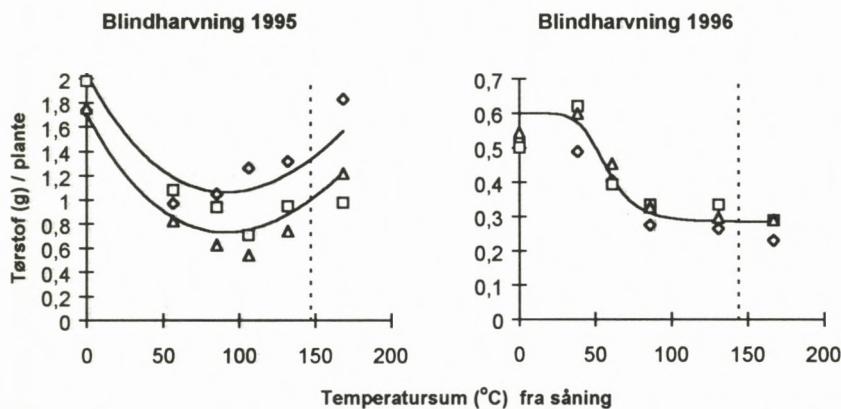


Figur 1. Sammenhængen mellem antallet af ukrudsplanter og tidspunktet for blindharvning i såløg vist for 3 niveauer af et falsk såbed: \diamond = såbed 13 (1995) og 7 (1996) dage før såning, \square = 4 (1995 og 1996) dage før såning, Δ = ved såning (begge år). Den stiplede linie er løgenes fremspiringstidspunkt. Relationships between weed number and time of pre-emergence harrowing shown for three levels of a false seedbed: \diamond = seedbed preparation 13 (1995) and 7 (1996) days before sowing, \square = 4 (1995 and 1996) days before sowing, and Δ = just before sowing (both years). The vertical and dotted line is time of crop emergence.

Også ukrudtets størrelse, udtrykt som den gennemsnitlige tørstofvægt af enkeltplanter, var korreleret til blindharvningstidspunktet, som vist i figur 2. I 1996 gav de 3 seneste blindharvninger den største reduktion - cirka en halvering - i ukrudtsplanternes vægt, og reduktionerne var uafhængige af tidspunktet for såbedsopharvning. I 1995 derimod, førte det falske såbed udført 13 dage før såning til en generelt lavere effekt af blindharvningerne end de to øvrige opharvningstidspunkter. Desuden medførte de to seneste blindharvninger i modsætning til 1996, at den gennemsnitlige plantevægt igen steg efter at have nået et minimum 10 dage (mellem anden og tredje blindharvning) efter såning. Årsagen til dette var, at de dominerende ukrudtsarter var blevet for store (tabel 2) ved de sene blindharvninger, og effekten har derfor været for dårlig. Den tredje blindharvning er den eneste blindharvning, som i begge forsøgsår har ført til større reduktioner i ukrudtets størrelse.

Flammebehandling lige før løgenes fremspirling havde ikke større effekt på hverken antallet eller størrelsen af ukrudtsplanter end blindharvning på samme tidspunkt, og blindharvning udført i mørke var ikke bedre end i dagslys (figur 3). I et enkelt tilfælde havde blindharvning endog fjernet flere ukrudtsplanter end flammebehandling ($p < 0,05$), nemlig ved såbedsopharvning 4 dage før såning i 1995. I samme år havde flammebehandling i kombination med såbedsopharvning 13 dage før såning større effekt ($p < 0,05$) på antallet af ukrudtsplanter end flammebehandling ved de øvrige niveauer af det falske såbed.

Hvis såbedsopharvning ved såning uden yderligere behandling anvendes som reference, havde de bedste blindharvninger og flammebehandlinger reduceret antallet af ukrudtsplanter



Figur 2. Sammenhængen mellem tørstofvægten af enkelte ukrudtsplanter og tidspunktet for blindharvning i såløg vist for 3 niveauer af et falsk såbed. Symbolerne og den stippled linie har samme betydning som i figur 1. Relationships between individual weed dry weight and time of pre-emergence harrowing shown for three levels of a false seedbed. The markers and the dotted line are similar to that explained in the caption of figure 1.

Tabel 2. Løgenes og det synlige ukrudts udviklingstrin på de forskellige behandlingstidspunkter. The developmental growth stages of onions and visible weeds at the times of treatment.

Behandlinger	Løgenes udviklingstrin		Ukrudtets udviklingstrin*	
	1995	1996	1995	1996
1. blindharvning	1-2 mm lang topspire	Topspire synlig	1, 2, 3 såbedsh: kbl	1, 2, 3 såbedsh: kbl
2. blindharvning	10-15 mm lang topspire	Topspire 5-10 mm	1 såbedsh: kbl - beg 2 ltbl 2 og 3 såbedsh: kbl	1, 2, 3 såbedsh: kbl
3. blindharvning	Topspire ca. 1 cm under jordoverfladen	Topspire 15-20 mm lang	1 såbedsh: kbl - 2 ltbl 2 og 3 såbedsh: kbl	1 såbedsh: kbl - 1 ltbl 2 og 3 såbedsh: kbl
4. blindharvning/ flammebehandling	Begyndende fremspring	Begyndende fremspring	1 såbedsh: kbl - 2 ltbl 2 og 3 såbedsh: kbl - beg 2 ltbl	1 såbedsh: kbl - 2 ltbl 2 og 3 såbedsh: kbl - 1 ltbl
5. blindharvning	"Krogstadium", 1 - 1,5 cm høje	"Krogstadium", ca. 1 cm høje	1 såbedsh: kbl - 2/4 ltbl 2 og 3 såbedsh: kbl-2 ltbl	1 såbedsh: kbl - 2 ltbl 2 og 3 såbedsh: kbl - 1 ltbl

* Primært for arterne hvidmelet gåsefod og snerle-pileurt i 1995 og ager-sennep i 1996. Forkortelser: såbedsh=såbedsopharvning; kbl=kimbladstadium; ltbl=1, 2, el. 4 løvbladstadium; beg=begyndende.

med knapt 60% i 1995 og ca. 30% i 1996, og vægten af ukrudtsplanter med knapt 60% i 1995 og godt 50% i 1996.

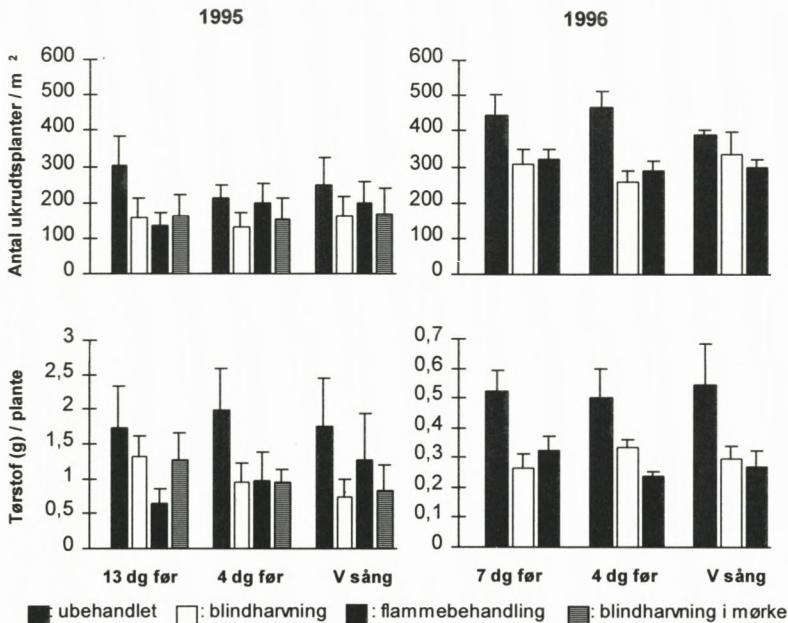
Det forhold, at såmaskinen bevirkede en mindre kultivering af jorden i rækken ved såning viste sig kun at have underordnet betydning for behandlingernes effekter på ukrudtet.

Effekter på løgudbyttet

Bortset fra den tidligste blindharvning så havde blindharvningerne generelt fjernet nogle af løgplanterne i 1995, da antallet af etablerede løgplanter var lavere sammenlignet med de ubehandlede og flammebehandlede led. Denne udtynding førte dog ikke til, at antallet af salgbare løg også faldt, da en større andel af de tilbageværende løgplanter udviklede større løg end i de øvrige led. Derfor endte det salgbare udbytte med ikke at være forskelligt mellem behandlingerne, og udbyttet faldt heller ikke, fordi såtidspunktet havde været utsat 13 dage (figur 4). Det falske såbed havde ingen indflydelse på udbytteforholdene i 1995.

I modsætning til 1995 var der betydeligt større effekt på udbytteparametrene efter blindharvning i 1996. Især den sene blindharvning udført efter løgenes fremspring fjernede et betydeligt antal løgplanter, og de resterende planter kunne ikke i tilstrækkelig grad kompensere for det lavere plantetal. Derfor var både antallet og vægten af salgbare løg efter den sene blindharvning i gennemsnit af de 3 såbed henholdsvis 43% og 37% lavere i forhold til ubehandlet.

Mere overraskende er det, at første, anden og til dels tredje blindharvning i 1996 gav lavere salgbart udbytte vægtmæssigt end ubehandlet, mens blindharvning og flammebehand-



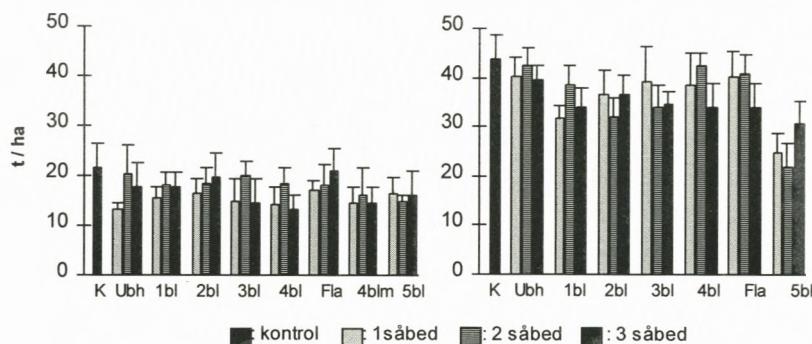
Figur 3. Effekter på antallet af ukrudtsplanter og deres gennemsnitlige tørstofvægt efter blindharvning og flammebehandling udført lige før løgenes fremspiring vist for 3 niveauer af et falsk såbed. Markørerne angiver standardfejlene omkring middelværdierne. Effects on weed number and individual weed dry weight due to pre-emergence weed harrowing and flaming conducted just before crop emergence shown for three levels of a false seedbed. Vertical bars are standard errors of the means.

ling lige før fremspiring ikke var forskellige fra ubehandlet. Udbyttenedgangene skyldtes både et lavere antal løgplanter og en lavere vægt af de enkelte løg. Effekterne var mest udalt for de 2 første såbedsopharvninger. En mulig årsag til disse om end mindre udbyttenedgange kan være, at netop disse 3 blindharvninger i kombination med nedbørsforholdene omkring tidspunkterne for deres udførelse har medført en dårligere jordstruktur, som kan have hæmmet løgenes videre vækst.

En udsættelse af løgenes såtidspunkt på 7 dage havde ikke medført et lavere salgbart udbytte i 1996.

Salgbart udbytte 1995

Salgbart udbytte 1996



Figur 4. Salgbare udbytter af såløg opnået efter blindharvning (1bl-5bl) og flammebehandling (fla) udført under 3 niveauer af et falsk såbed. Ubh er ubehandlet, sået som angivet i tabel 1, K er et kontrolleret sået tidligst muligt. Markørerne angiver standardfejlene omkring middelværdierne. Marketable onion yields following different treatments with pre-emergence weed harrowing (1bl-5bl) and flaming (fla) conducted under three levels of a false seedbed. Ubh is untreated sown according to the dates in table 1, K is a control sown as early as possible. Vertical bars are standard errors of the means.

Diskussion

De bedste ukrudtseffekter opnået i denne undersøgelse er sammenlignelige med resultater opnået i andre undersøgelser (f.eks. Ascard, 1990; Nemming, 1993; Rasmussen & Rasmussen, 1995). Det er bemærkelsesværdigt, at ingen af blindharvninger eller flammebehandlingerne har givet anledning til en større nyfremspiling af ukrudt. En sådan nyfremspiling har i andre undersøgelser (f.eks. Ascard, 1995; Melander & Hartvig, 1995; Kees, 1962) medført, at effekterne ved disse behandlinger er blevet overskyggede, og at den samlede effekt derfor har været et større ukrudtstryk end ingen behandling.

Blindharvning udført umiddelbart før eller kort tid efter afgrødens fremspiling (fjerde og femte blindharvning) gav de største reduktioner i antallet af ukrudtsplanter. Derimod var de 2 sene blindharvninger ikke nødvendigvis bedre end tredje blindharvning, når det gælder effekten på ukrudtets størrelse. En effekt som kan være lige så ønskelig som en reduktion i antallet af ukrudtsplanter, fordi det dels kan nedsætte ukrudtets konkurrenceevne, dels kan skabe bedre selektivitetsforhold ved udførelsen af senere mekanisk bekämpelse. Blindharvning udført 5-8 dage før forventet fremspiling rummer desuden den fordel, at skulle vejrforholdene forhindre udførelsen af harvningen, er der en chance igen umiddelbart før fremspiling. Denne mulighed er ikke til stede, hvis det på forhånd er planlagt at gennemføre blindharvningen umiddelbart før afgrødens fremspiling, fordi en udsættelse af blindharvningen til efter fremspiling meget nemt kan skade afgrøden ganske alvorligt. Men også blindharvning 1-2 dage før fremspiling - selv

om det ikke er blevet bekræftet i denne undersøgelse - kan medføre udbyttetab, som vist i en tidligere undersøgelse (Melander & Hartvig, 1995).

Det er lidt overraskende, at blindharvning lige før fremspiring kan sidestilles med flammebehandling i denne undersøgelse, både hvad angår effekter på ukrudtet og lögudbyttet. De to metoder er ikke tidligere blevet sammenlignet direkte, men det vil være relevant at undersøge nærmere, i hvilke situationer blindharvning kan erstatte flammebehandling.

Værdien af at anvende falsk såbed i en afgrøde som såløg er tvivlsom. For det første havde det falske såbed ingen positiv virkning på hverken blindharvningens eller flammebehandlingens effekter på ukrudtets størrelse. For det andet var det kun ved de to sene blindharvningstidspunkter, at det falske såbed havde forbedret effekten på antallet af ukrudtsplanter og det endda kun i ringe grad. For det tredje har fordelen ved at gennemføre et falsk såbed været for ubetydelig i forhold til den udbyttetmæssige risiko, det er at udsætte såtidspunktet for såløg, som normalt anbefales sået tidligst muligt.

I andre afgrøder, som normalt etableres lidt senere på foråret f. eks. gulerødder, såporre og majs må det forventes, at gennemførelsen af et falsk såbed vil have langt større betydning. Her vil der som regel være mulighed for at gennemføre flere ukrudtsharvninger inden såning.

Mulighederne for at anvende falsk såbed, blindharvning, flammebehandling samt nye metoder vil også være relevant at få undersøgt i andre højværdiafgrøder end såløg. Også betydningen af behandlingerne for gennemførelsen og selektiviteten af senere mekanisk bekämpelse som f.eks. ukrudtsharvning og børsterensning vil være et interessant emne at få belyst nærmere.

Konklusion

På baggrund af nærværende undersøgelse med såløg har det ikke været muligt at påvise væsentlige forskelle mellem blindharvning og flammebehandling anvendt 1-2 dage før løgenes fremspiring. Da blindharvning er en betydelig billigere og mere miljøvenlig metode end flammebehandling, vil det være relevant yderligere at undersøge mulighederne for at anvende blindharvning i højværdiafgrøder.

Undersøgelserne viste også, at tidspunktet for blindharvning godt kan foregå 4-6 dage før fremspiring frem for 1-2 dage før, uden at effekterne mod ukrudt derved svækkes væsentligt. Tidligere blindharvning kan være ønskeligt i øverligt såede kulturer som såløg og -porre for at mindske risikoen for at skade kulturfrøenes kimstængler.

Falsk såbed anvendt i såløg havde ingen afgørende indvirkning på resultaterne. Derfor er der ikke grundlag for at foreslå en bekämpelsesstrategi i såløg, som betyder en udsættelse af løgenes såtidspunkt for at give plads til et falsk såbed.

Litteratur

Ascard J. 1990. Thermal weed control with flaming in onions. Veröffentlichungen der Bundesanstalt für Agrarbiologie, Linz/Donau, 20: 175-188.

- Ascard J.* 1995. Effects of flame weeding on weed species at different developmental stages. *Weed Research*, 35: 397-411.
- Baumann D.T.* 1992. Mechanical weed control with spring tine harrows (weed harrows) in row crops. IXth International Symposium on the biology of weeds, Dijon: 123-128.
- Dierauer H.U. & Stöppel-Zimmer H.* (1994). *Unkrautregulierung ohne Chemie*: pp. 134. E.U. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Jensen P.K.* 1996. Advanced ploughing as a tool in an integrated weed control strategy. *Aspects of Applied Biology* 47, Rotations and Cropping Systems: 237-242.
- Johnson C.W. & Mullinix B.G.* 1995. Weed Management in Peanut using Stale Seedbed Techniques. *Weed Science*, 43: 293-297.
- Kees H.* 1962. Untersuchungen zur Unkrautbekämpfung durch Netzegge und Stoppelbearbeitungsmassnahmen unter besonderer Berücksichtigung des leichten Bodens. Dissertation, Universität Stuttgart-Hohenheim.
- Mattsson B., Nylander C. & Ascard J.* 1990. Comparison of seven inter-row weeders. *Veröffentlichungen der Bundesanstalt für Agrarbiologie*, Linz/Donau, 20: 91-107.
- Melander B.* 1995. Impact of drilling date on *Apera spica-venti* L. and *Alopecurus myosuroides* Huds. in winter cereals. *Weed Research*, 35: 157-166.
- Melander B. & Hartvig P.* 1995. Weed harrowing in seeded onions. Proceedings 9th EWRS (European Weed Research Society) Symposium "Challenges for Weed Science in a Changing Europe", Budapest: 543-549.
- Melander B.* 1998. Interactions between soil cultivation in darkness, flaming, and brushweeding when used for in-row weed control in vegetables. *Biological Agriculture & Horticulture* (in press).
- Nemming A.* 1993. Flame cultivation in row crops. In: J.M. Thomas (ed.), *Non-chemical Weed Control*. Communications of the Fourth International Conference of the International Federation of Organic Agriculture Movements, Dijon: 131-134.
- Parish S.* 1987. Weed control ideas from Europe visit. *New Farmer and Grower*, 16: 8-12.
- Roberts H.A. & Potter M.E.* 1980. Emergence patterns of weed seedlings in relation to cultivation and rainfall. *Weed Research*, 20: 377-386.
- Rasmussen J. & Ascard J.* 1995. Weed Control in Organic Farming Systems. In: *Ecology and Integrated Farming Systems*. Edited by D.M. Glen, Greaves M.P. & Anderson H.M: 49-67. Wiley Publishers, UK.
- Rasmussen J. & Rasmussen K.* 1995. A strategy for mechanical weed control in springbarley. 9th EWRS (European Weed Research Society) Symposium, "Challenges for Weed Science in a Changing Europe", Budapest: 557-564.



Ukrudt på otte økologiske kvægbrug

- betydende faktorer for ukrudtets udvikling 1989-1996

Weeds at eight organic livestock farms

- factors significant for the dynamics of weeds 1989-1996

Karsten Rasmussen & Niels Holst

Danmarks JordbrugsForskning

Afdeling for Plantebeskyttelse

Forskningscenter Flakkebjerg

DK-4200 Slagelse

Ib Sillebak Kristensen

Danmarks JordbrugsForskning

Afdeling for Jordbrugssystemer og Landskab

Forskningscenter Foulum

DK-8830 Tjele

Summary

Results are presented of a monitoring study carried out at eight organic livestock farms in the period 1989-1996. The study focused on weed problems in relation to cultivation practice. In general, the choice of crop and crop rotation were the major factors in determining the density and kind of weeds present in the field. A clover-grass pre-crop increased the yield in the following years and decreased the weed volume, the effect declining with time. Crops with a high volume of weeds were often harvested for fodder before ripening to prevent future problems with weeds. All fields taken together, there was a 10-20% probability of crop failure defined as a weed volume above 20% relative to the crop. In addition to these general trends, there was a significant difference between farms in the weed problems experienced. Thus, the study confirms that farm management plays an essential part in weed control.

Indledning

Den stigende interesse for økologi har resulteret i, at ca. 2250 bedrifter i Danmark nu har omlagt eller er i gang med at omlægge til økologisk jordbrug. Flere er interesserede i at lægge om, men mange er bekymrede for ukrudtets udvikling efter en omlægning. Næringsstof-forsyning og ukrudt betragtes som de væsentligste problemer i økologisk jordbrug (Tersbøl & Kristensen, 1997). Her præsenteres resultater fra gårdstudier, hvor ukrudtsfloraen blev fulgt gennem en årrække på otte økologiske kvægbrug (Kristensen, 1998). Udviklingen i ukrudtsbestanden forsøges forklaret ud fra de vigtigste dyrkningsfaktorer. Resultaterne

understreges kendte mekanismer for opformering og bekämpelse af ukrudt (Rasmussen *et al.*; 1997) og tjener til at dokumentere, at med en formuftig dyrkningspraksis vil ukrudtet i en økologisk drift kunne holdes under kontrol.

Materiale

I perioden 1989 til 1996 blev der lavet ukrudsregistreringer i korn- og bælgsædsmarkerne på de otte kvægbrug. Kort efter skridning optaltes tre til fem steder i marken de tre hyppigste arter af ukrudt samt alt problemukrudt (kvik, hanekro, gul okseøje, kamille, korsblomstrede og kornblomst). I de samme marker bedømtes ukrudtsvolumen, afgrødevolumen, akstæthed samt sygdomme og skadedyr. Samtidig blev en lang række andre dyrkningsfaktorer registreret, og alle disse registreringer blev samlet i et datasæt med 451 markobservationer. De otte marker indgår desuden i undersøgelsen udført af Kristensen & Halberg (1995), som giver en grundig beskrivelse af afgrødeproduktionen på malkekævægsbedrifter.

I tabel 1 ses, at gårdenes fordeler sig på både sand- og lerjorde. På gården 138, 158 og 719 tilføres markerne husdyrgødning fra godt 1 dyreenhed (DE) pr. ha, mens de øvrige brug tilfører husdyrgødning fra 1,4 DE/ha. Mængden af indkøbt konventionel husdyrgødning ligger på 0,1-0,5 DE/ha. Husdyrgødningen er groft omregnet til plantetilgængeligt N/ha til kornmarkerne.

Tabel 1. Karakteristik af udvalgte faktorer på de 8 økologiske kvægbrug i perioden 1989-1996. The characteristics of the 8 organic livestock farms 1989-96.

Gård	Omlægs- år	JB- nr.	Dyrket areal (ha)	Tilført gødning (DE/ha)	Plante- tilgæn- gelig N (kg/ha)	Udbytte i korn (hkg/ha)	Kl. græs m.v.	Vinter- sæd	Vår- sæd	Hel- sæd	Række- af- grøde
% af sædkiftet											
138	1951	6	115	1,1	31	49	43	16	12	19	10
158	1951	7	38	1,0	38	39	45	11	25	12	7
308	1987	7	57	1,6	53	38	43	20	19	18	0
338	1987	3+5	60	1,4	41	43	35	13	34	17	1
499	1989	1+3	179	1,4	50	31	48	3	9	21	19
538	1987	3-6	52	1,4	49	43	49	14	20	6	11
547	1982	1-3	62	1,4	52	31	38	10	9	23	20
719	1987	3-5	73	1,1	84	37	49	6	18	21	6

Kornet får ikke alene næring fra husdyrgødningen men også fra de næringsstoffer, som kløvergræsset har akkumuleret tidligere i sædkiftet. Udbytten er vist samlet for kerne- og helsædsafgrøder. For at kunne sammenligne på tværs af høstform er kerneudbytte gjort sammenligneligt med helsæd ved at dividere helsædsudbyttet med 1,33 (Halberg & Kristensen, 1977). På de 8 gårde dyrkes der kløvergræs og lucerne på 35-49% af sædkiftearealet. Dette,

suppleret med et 6-23% helsædsareal og 0-10% bederoer udgør køernes grovfoderforsyning. På to af gårdene dyrkes desuden kartofler. Det typiske sædkifte indeholder kløvergræs/lucerne efterfulgt af 1-3 års korn.

Ukrudtsproblemer på de 8 gårde

Der er ikke nogen direkte sammenhæng mellem tætheden af det fremsporede ukrudt og volumenprocent ukrudt (tabel 2). En stor fremsporing af ukrudt betyder ikke nødvendigvis et stort ukrudtsvolumen senere hen. Ukrudtsvækst bestemmes i høj grad af konkurrencen med afgrøden. Opdeles ukrudtet efter livsformer, viser ukrudtsproblemet sig at have forskellig karakter på gårdene (tabel 2). Generelt er de største ukrudtsproblemer i vårsæd med udlæg og vårsæd til helsæd (tabel 3). Som følge heraf er det sommerannuelle ukrudt dominerende. Ved sammenligning af tabel 1 og 2 ses en vis sammenhæng mellem sædkifte og livsformen af det dominerende ukrudt. F.eks. har gård 308 mest vintersæd i sædkifte og samtidig en dominans af vinterannuelle ukrudtsarter.

Tabel 2. Volumen procent, antal dominerende ukrudt og antal ukrudtsharvninger på de 8 gårde. Gennemsnit beregnet over alle marker gennem alle år. Tætheder omfatter de hyppigste arter samt problemarter (se tekst). Volume percentage of weeds, density of dominant weeds and number of weed harrowings on the 8 farms. Averages are based on all fields and all years. Densities include the most frequent species and the most serious weeds.

Gård	Volumen ukrudt (%)	Antal af de 3 domine- rende arter	Antal sommer- annuelt ukrudt * ¹	Antal vinter- annuelt ukrudt* ²	Antal sommer/ vinter- annuelt ukrudt* ³	Antal rodukrudt* ⁴	Antal ukrudts- harvninger pr. mark	
							vårsæd	vintersæd uden udlæg
Antal/m ²								
138	10	95	41	11	25	16	0.28	0.21
158	12	139	94	11	15	31	0.13	0.22
308	7	134	43	25	78	10	0.95	0.21
338	8	134	80	20	54	1	1.17	1.42
499	14	180	172	10	35	12	0.67	0.25
538	4	117	58	23	35	14	1.50	2.00
547	9	158	118	18	29	16	0	0
719	12	133	111	12	33	4	0.33	0

*¹ spiser forår (krumhals, flyvehavre, hvidmelet gåsefod, jordrøg, hanekro, pileurt, korsblomstrede, natskygge, svinemælk, liden nælde, spergel, knavel, arve).

*² spiser efterår (kamille, valmue, hyrdetaske, kornblomst, burresnerre, storkenæb, tvetand, haremad).

*³ spiser efterår og forår, og trives i både vår- og vintersæd (mark-forglemmigej, rapgræs, brandbæger, fuglegræs, pengeurt, ærenpris, ager-stedmoder).

*⁴ formeres ved rodskud (kvik, tidsel, padderkok, skrappe, gråbynke, mælkebøtte, vejbred).

Tabel 3. Volumenprocent og antal ukrudtsharvninger i de forskellige afgrøder. Volume percentage of weeds and number of weed harrowings in the different crops.

Afgrøde	Gns. volumen- procent ukrudt	Ingen ukrudtsharvning	En ukrudtsharvning	To eller flere ukrudtsharvninger
			procent marker	
vårsæd	5	43	31	26
vintersæd	7	75	15	10
vårsæd m. udlæg	10	72	24	4
vintersæd m. udl.	5	75	19	6
vår-helsæd	16	76	16	8
vinter-helsæd	7	81	0	19

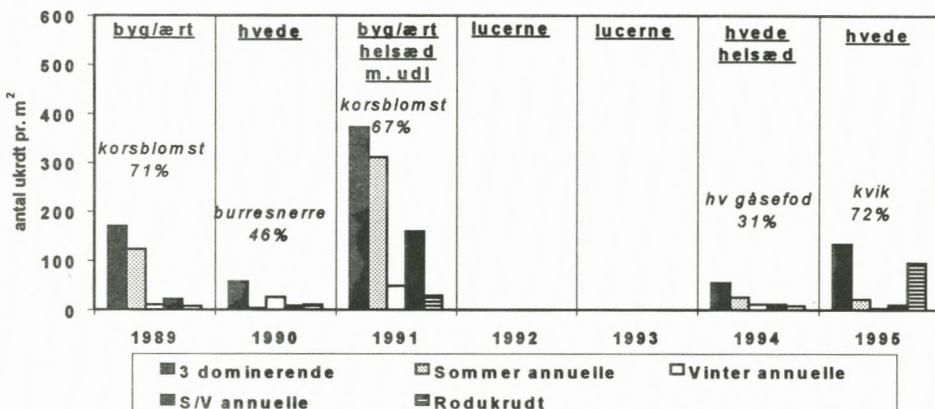
Ukrudtsharvning

Generelt ukrudtsharves der overraskende lidt på gårde (tabel 2). På nogle gårde ukrudtsharves korn næsten ikke, mens f.eks. gård 308 og gård 338 harver henholdsvis 93% og 65% af vårsæden til modenhed mindst én gang. I kornmarker til modenhed uden udlæg harves 43% af alle vårsædsmarkerne og 75% af vintersædsmarkerne slet ikke og kun henholdsvis 26 og 10% harves mere end én gang (tabel 3). Erfaringer fra forsøg viser, at der oftest skal 2 til 3 harvninger til for at opnå et tilfredsstillende resultat i korn (Rasmussen & Rasmussen, 1994). Tidlige harvninger resulterer ofte i en stimulering af ukrudtets fremspiring, og en enkelt tidlig harvning vil derfor have en usikker effekt. En enkelt sen harvning vil også have en tvivlsom effekt, da ukrudtet så ofte vil være for stort til at kunne bekæmpes. En rimeligt sikker effekt fås kun ved harveststrategi, hvor der harves, så snart det nyspærede ukrudt når kimbladstadiet; det vil sige normalt 2-3 gange. Den bedømte ukrudtsbestand er et resultat af den faktisk gennemførte ukrudtsbekæmpelse, hvor det er sandsynligt, at der gennemføres flere ukrudtsharvninger i marker med meget ukrudt. Ved sammenligning af tabel 2 og 3 ser det ud til, at gårde, der harver meget, har mindre ukrudt. Men udover en direkte effekt kan det også tolkes sådan, at der på disse gårde i det hele taget er større fokus på ukrudtsbekæmpelsen.

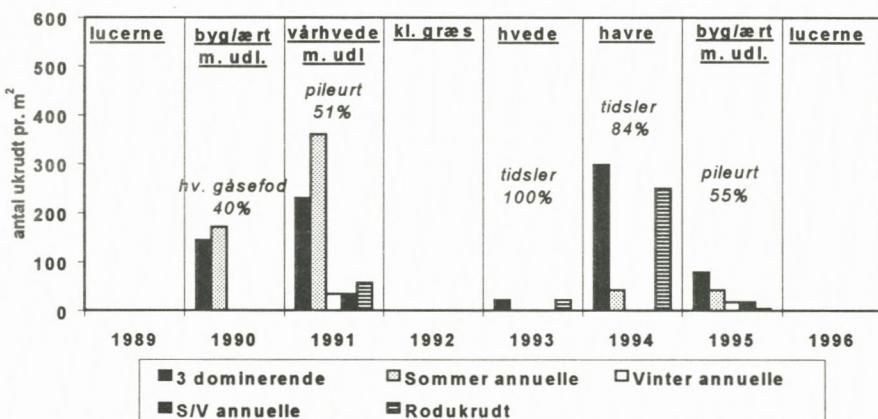
Betydningen af sædkiftet for ukrudtet i fem udvalgte marker

Der er udvalgt fem marker for at vise nogle typiske eksempler på, hvorledes valg af afgrøde og sædkiftet påvirker ukrudtet (figur 1-5).

I den første mark (figur 1) var korsblomstret ukrudt det hyppigste i 1989. Frø af disse arter overlever længe i jorden, og de spirede da også i stort antal i 1991 efter at have være pløjet ned og op igen. Høst af afgrøden som helsæd i 1991 og to år med lucerne derefter bremsede imidlertid dette frøukrudtsproblem. I hvedehelsæden i 1994 var der 8 kvikskud pr. m². Uden jordbearbejdning i efteråret opformeredes kvikken kraftigt til 96 skud pr. m² i 1995, men gentagne harvninger gennem efteråret bragte igen kvikproblemet under kontrol, og i vinterhvede i 1997 resterede kun 5 kvikskud pr. m².



Figur 1. Ukrudt i løbet af sædskiftet i en mark omlagt i 1951 på en JB6 jord. Øverst er vist afgrøden de enkelte år og den dominerende ukrudtsart med angivelse af procentandel i forhold til de tre dominerende arter. Ud over de 3 dominerende arter er vist antal ukrudt for de 4 livsformer, der er defineret under tabel 2. Weeds and crop rotation in a field grown organically since 1951 on a JB6 soil. Shown for each year are the type of crop, the percentage of the dominant weed species, and that density split among life forms.

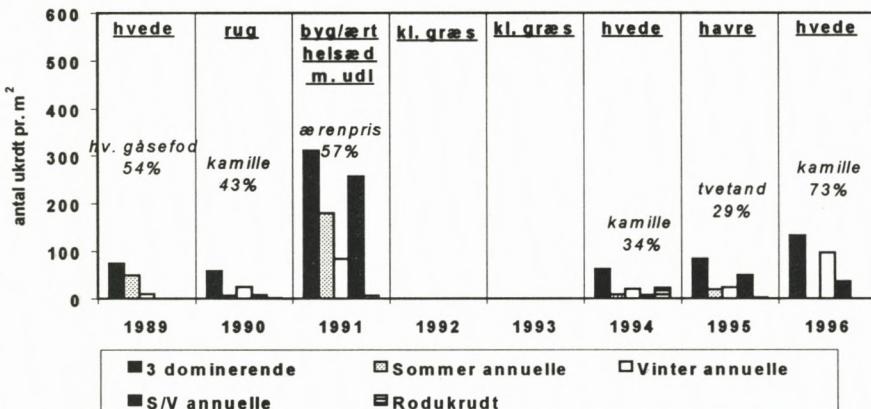


Figur 2. Ukrudt i løbet af sædskiftet i en mark omlagt i 1951 på en JB7 jord. Se forklaring under figur 1. Weeds and crop rotation in a field grown organically since 1951 on a JB7 soil. See text in figure 1.

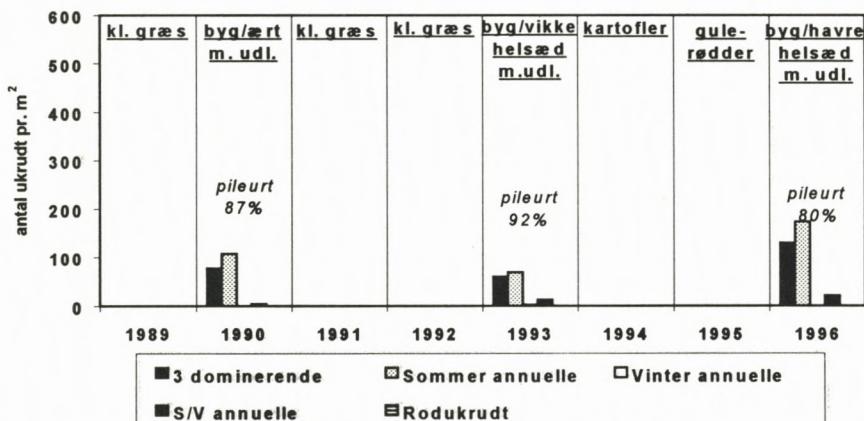
Det andet eksempel (figur 2) er en nordvendt mark med svært lerede områder, hvor det er vanskeligt at etablere et godt udlæg. Marken er derfor overvejende blevet benyttet til kornavl, hvor der indimellem er dyrket et års tynd kløvergræs eller lucerne. Sommerannuelt ukrudt dominerede i vårsæden i 1990 og 1991, men efter et år med kløvergræs og et år med vinterhvede var disse arter reduceret kraftigt i havren i 1995. Marken havde i starten en lille

bestand af korsblomstret ukrudt, men den har ikke udviklet sig til et problem. Til gengæld opstod et problem med tidsler efter en lang årrække uden mulighed for bekæmpelse af rodurudt om efteråret. Det var der mulighed for efter havren i 1995, og problemet var igen bragt under kontrol det følgende år.

I den tredje mark (figur 3) er det bemærkelsesværdigt, at et stort ukrudtstryk i 1991 ikke gav problemer senere hen. Problemet blev løst ved at høste marken til helsæd i 1991 og ved at dyrke kløvergræs de to følgende år. Kamille opformeredes i vintersæden i 1994. I 1996, hvor frøene var blevet pløjet ned og op igen, skete en yderligere opformering. Ukrudtet udgjorde da 44% af det samlede volumen.



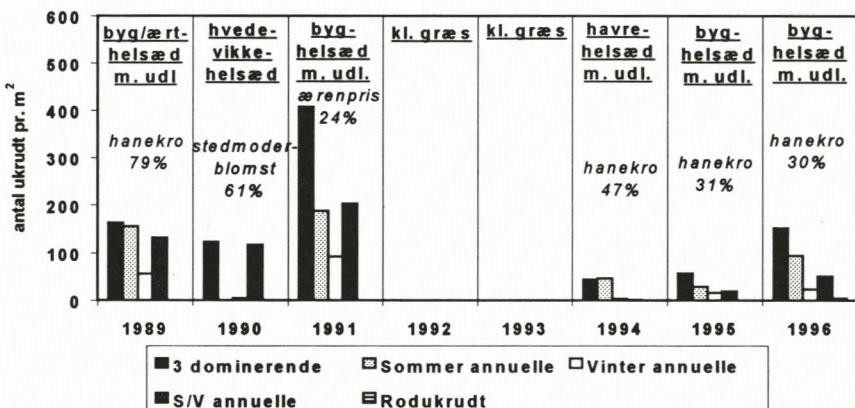
Figur 3. Ukrudt i løbet af sædkiftet i en mark omlagt i 1987 på en JB7 jord. Se forklaring under figur 1. Weeds and crop rotation in a field grown organically since 1987 on a JB7 soil. See text in figure 1.



Figur 4. Ukrudt i løbet af sædkiftet i en mark omlagt i 1989 på en JB1 jord. Se forklaring under figur 1. Weeds and crop rotation in a field grown organically since 1989 on a JB1 soil. See text in figure 1.

I den fjerde mark (figur 4) er opformeringen af ukrudt beskeden, fordi der kun dyrkes ét års korn vekslende med kløvergræs og grønsager. Men på grund af en svag gødskning på en næringsfattig jord udgør pileurt et stadigt problem. Sædkiftet kan tilsyneladende ikke løse dette problem. Man kunne foreslå at inddrage rug i dette sædkifte eller at dyrke en større andel kløvergræs i sædkiftet.

I den femte mark (figur 5) var sommer/vinter-annuelle arter, som f.eks. stedmoderblomst og ærenpris, det største problem i 1990 og 1991. Men efter høst til helsæd i 1991 og derefter to år med kløvergræs var disse arter effektivt reduceret. Hanekro og korsblomstret ukrudt var til stede i lille mængde fra starten i 1989, men opformeredes i 1994. Trods høst af helsæd i 1994 og 1995 vedblev hanekro at være et problem. Dette skyldes, at der blev dyrket vårsæd tre år i træk samtidig med en aftagende forfrugtvirkning af kløvergræs.

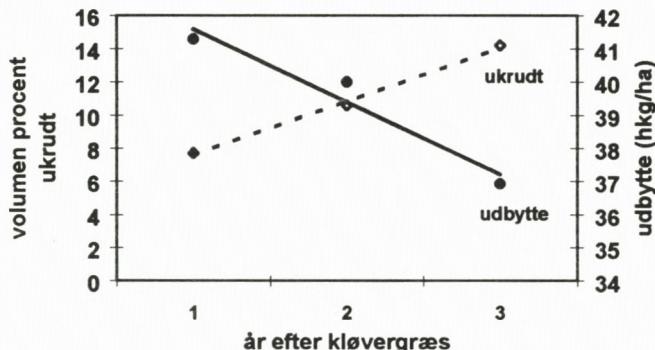


Figur 5. Ukrudt i løbet af sædkiftet i en mark omlagt i 1987 på en JB4 jord. Se forklaring under figur 1. Weeds and crop rotation in a field grown organically since 1987 on a JB4 soil. See text in figure 1.

Kløvergræs i sædkiftet

I de ovenstående eksempler og på de 8 gårde har kløvergræs generelt en central rolle i sædkiftet. To år med kløvergræs svarer til tre år uden pløjning og minimal produktion af ukrudtsfrø. I denne periode sker samtidig et naturligt henfald af levedygtige ukrudtsfrø i jorden. På denne måde virker kløvergræsmarkerne sanerende for frø-ukrudtsproblemer i sædkiftet. Det er tidligere fundet, at kløver som forfrugt giver et forøget udbytte (Tersbøl & Kristensen, 1997). I nogle af ovenstående eksempler ses en tendens til, at ukrudtstrykket stiger med stigende antal år efter kløvergræs. Vi undersøgte derfor ved en regressionsanalyse, om denne sammenhæng var generel. Analysen viste, at ukrudtsmængden stiger med 3,2% pr. år efter kløvergræs samtidigt med, at udbyttet faldt tilsvarende (figur 6). En del af forklaringen er, at hvede ofte dyrkes lige efter kløvergræs, og der er færrest ukrudtsproblemer i denne

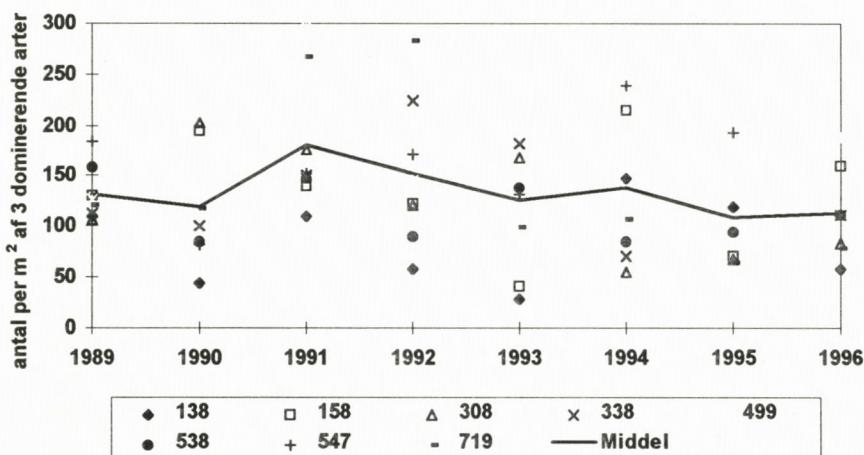
afgrøde. Men set hver afgrøde for sig fandt vi samme tendens. Det gælder derfor generelt, at en god forfrugt er til gavn for afgrøden og til skade for ukrudtet.



Figur 6. Effekt af antal år efter kløvergræs på ukrudtets volumenprocent og afgrødens udbytte (141 observationer). The effect of years after clover-grass on the volume percentage of weeds and crop yield (141 observations).

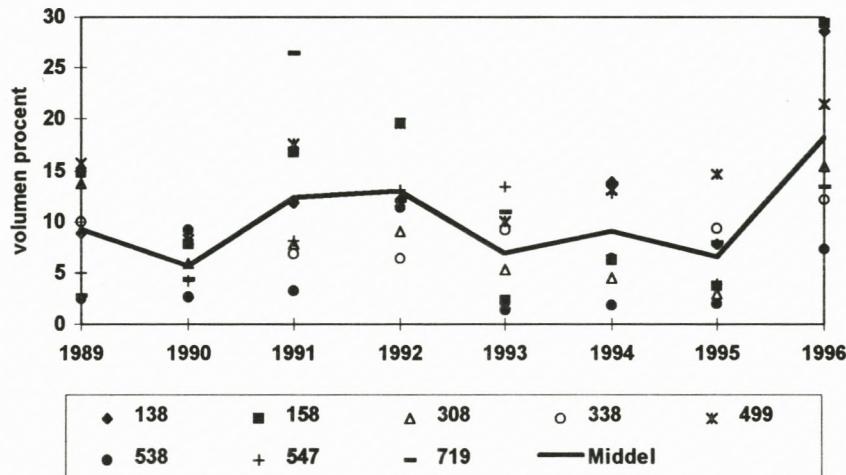
Gårdenes ukrudststryk

Det samlede ukrudststryk på de otte gårde udviste i perioden ingen tendens i op- eller nedadgående retning. Hverken når det blev opgjort ved fremspirling (figur 7) eller ved volumen (figur 8). En optælling af blot de tre dominérerende arter, som anvendt her, giver et godt udtryk for den samlede ukrudtsfremspirling (Nors, 1993; Nemming, 1991). Volumenprocenten giver et indtryk af vækstforholdene de enkelte år, da den afspejler forholdet mellem afgrødens og ukrudtets vækst. I år med et koldt og fugtigt forår (1991, 1992 og 1996) optrådte ukrudtet

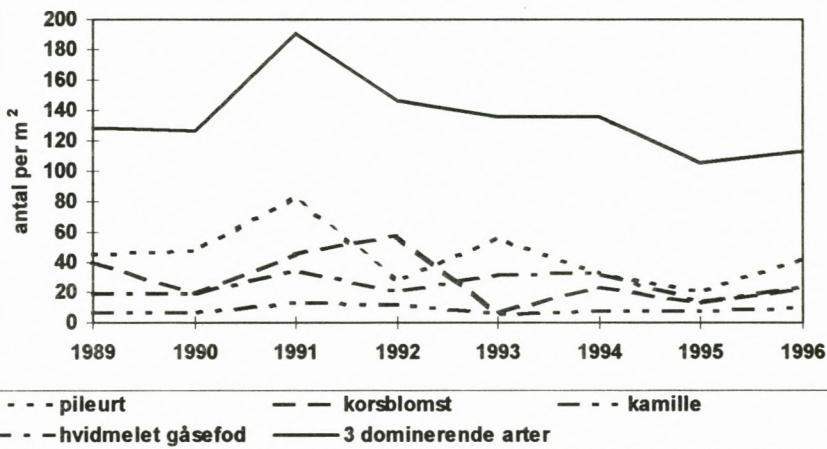


Figur 7. Antal fremspiret ukrudt i perioden 1989-1996 på de enkelte gårde (markører) og gennemsnit af alle gårde (linje). Kun de tre dominérerende arter ukrudt er taget med (se tekst). Number of emerged weeds in the period 1989-1996 by farm (symbols) and on average (line). Only the three dominating weeds are included.

således i særligt stort volumen (figur 8), fordi det var svært at tilberede såbed, eller der blev sået sent. Desuden var vintrene 90/91 og 95/96 meget hårde, hvilket resulterede i en dårlig plantebestand i vintersæden pga. udvintring. I 1992 blev det fugtige forår efterfulgt af en lang tørkeperiode, der begrænsede kornets buskning. En dårlig etableret afgrøde er generelt en væsentlig årsag til en høj volumenprocent ukrudt.



Figur 8. Volumenprocent ukrudt i perioden 1989-1996 på de enkelte gårde (markører) og gennemsnit af alle gårde (linie). Volume percentage of weeds in the period 1989-1996 by farm (symbols) and on average (line).



Figur 9. Udvikling af de almindeligste ukrudtsarter i perioden 1989-1996. Gennemsnit af alle marker. Population dynamics of the most common weed species in the period 1989-1996. Average of all fields.

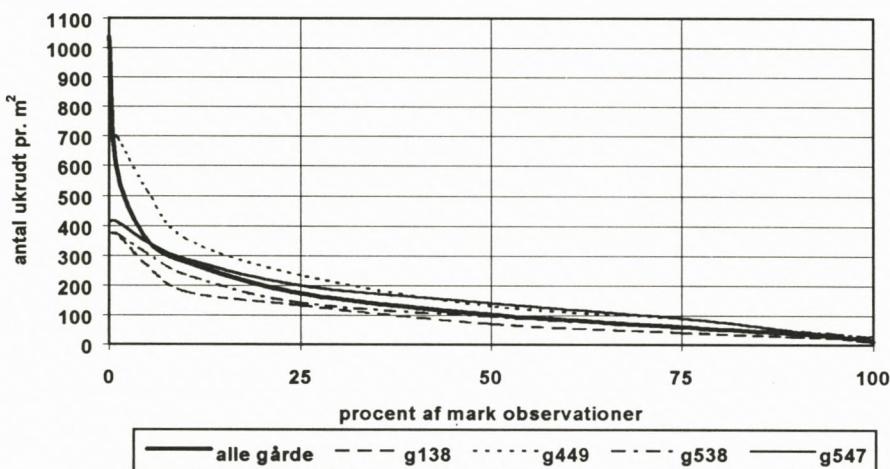
De mest almindelige ukrudtsarter (kvik, pileurt, korsblomstret, kamille og hvidmelet gåsefod) blev hverken mere eller mindre hyppige i perioden (figur 9). Alt i alt er der således

ikke noget, der tyder på, at ukrudtstrykket på de otte gårde har ændret sig i de forløbne otte år.

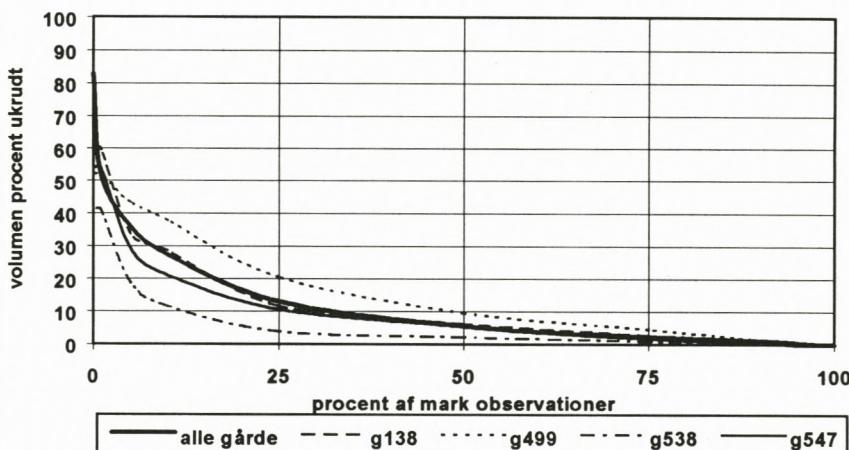
Fordeling af ukrudtsproblemer

I figur 10 vises frekvensfordelingen af ukrudsproblemet gjort op ved antal af dominerende arter. I figuren ses, at i 10% af alle observerede marker var der fremspiret flere end ca. 300 ukrudtsplanter pr. m², i 25% flere end ca. 180 og i 50% flere end ca. 100. På gård 449 var der i 10% af markerne flere end ca. 400 ukrudtsplanter pr. m², i 25% flere end ca. 230 og i 50% flere end ca. 120. Det er ikke nødvendigvis specielle marker, men kan også være specielle år, der er ukrudtsproblemer i. Da kurverne knækker ved 10%, ser det ud til, at man må påregne at have de væsentligste ukrudtsproblemer i 10% af tilfældene.

I figur 11 vises frekvensfordelingen af ukrudsproblemet gjort op ved dets volumen. Her ses en større forskel på gårdene. F.eks. var der mere end 10 volumenprocent ukrudt i 50% af observationerne på gård 499, mens det på gård 538 kun var i 15% af observationerne. Bortset fra gård 499 er der også her en tendens til, at de største problemer udgør 10-20% af tilfældene. Som det fremgår af tabel 3, optræder disse store problemer oftest i vår-helsædsmarkerne - eller omvendt: Er der store ukrudtsproblemer i en kornmark, vælger driftslederen antagelig ofte at bekæmpe problemet ved at lave helsæd.



Figur 10. Frekvensfordeling af antal fremspiret ukrudt i markobservationerne, for udvalgte gårde og for alle gårde tilsammen. Frequency distribution among field observations of the number of emerged weeds for selected farms and for all farms total.



Figur 11. Frekvensfordeling af volumenprocent ukrudt i markobservationerne, for udvalgte gårde og for alle gärde tilsammen. Frequency distribution among field observations of the volume percentage of weeds for selected farms and for all farms total.

Dyrkningsforholdenes betydning for ukrudtet

En lang række dyrkningsforhold blev registreret og sat i forhold til ukrudtet (tabel 4) ved en redundans-analyse (Jongman *et al.*, 1987). Analysen giver et grafisk overblik over sammenhængene (figur 12). Figuren tolkes således

- 1) en lang pil for en dyrkningsfaktor betyder, at den har meget betydning for ukrudtet; en lang pil for en ukrudtsvariabel betyder, at den i høj grad er bestemt af dyrkningsfaktorerne
- 2) en spids vinkel mellem en dyrkningsfaktor og en ukrudtsvariabel betyder, at det er netop denne faktor, der har betydning for den ukrudtsvariabel; når dyrkningsfaktoren har en høj værdi har ukrudtsvariablen det også
- 3) en stump vinkel (modsatrettede pile) betyder også, at netop denne faktor har betydning for den modsatrettede ukrudtsvariabel; men når dyrkningsfaktoren har en høj værdi har ukrudtsvariablen en lav
- 4) en ret vinkel betyder ingen sikker sammenhæng mellem dyrkningsfaktor og ukrudtsvariabel

Tabel 4. Oversigt over dyrkningsfaktorer og ukrudtsvariable i redundans-analysen.
Cultivation factors and weed variables used in the redundancy analysis.

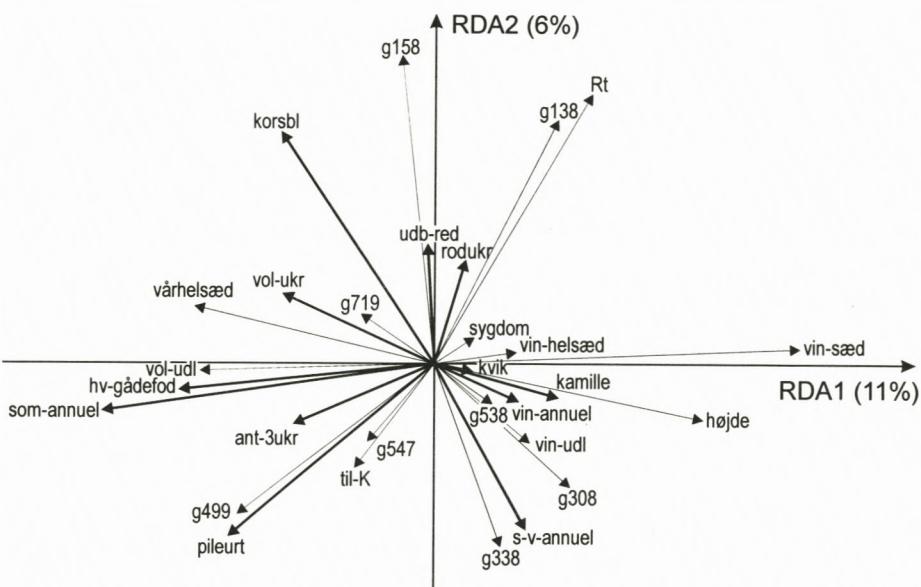
Dyrkningsfaktorer (forklarende)	Ukrudtsvariable (respons)
Gård (g138 g719)	Volumenprocent ukrudt (vol-ukr)
Høstår	Udbyttereduktion pga. ukrudt (edb-red)
Reaktionstal (Rt)	Antal af 3 dominerende arter (ant-3ukr)
Fosfortal (Pt)	Antal kvik (kvik)
Kaliumtal (Kt)	Antal korsblomstret ukrudt (korsbl)
JB nummer (JB)	Antal kamille (kamille)
Tilført fosfor (til-P)	Antal pileurt (pileurt)
Tilført kalium (til-K)	Antal hvidmelet gåsefod (hv.gåsefod)
Tilført kvælstof (til-N)	Antal sommerannuelle (som-annuel* ³)
Plantetilgængeligt kvælstof (pl-N)	Antal vinterannuelle (vin-annuel* ³)
Afgrødetype (* ¹)	Antal sommer/vinterannuelle (s/v-annuel* ⁴)
Volumenprocent afgrøde (vol-afg)	Antal rodurudt (rodurudt* ⁵)
Volumenprocent bælgplanter (vol-blg)	
Volumenprocent udlæg (vol-ndl)	
Volumenprocent ubevokset (vol-ube)	
Procent sygdomsangreb (sygdom)	
Udbytte i foder enheder (edbFE)	
Afgrødehøjde (højde)	
Antal ukrudtsharvninger (ant-harvning)	
Antal aks pr. m ² (aks-m ²)	
Antal år efter kløvergræs (år-e-kl)	

*¹ Afgrøderne er opdelt i seks typer: vårsæd, vintersæd, vårsæd m. udlæg, vintersæd m. udlæg, vår-helsæd, vinter-helsæd

*²⁻⁵ Som i tabel 2

Analysen forklarede i alt 17% af variationen (figur 12), hvilket ikke er usædvanligt for denne type data. Det vil sige 83% af ukrudtets forekomst kunne ikke forklares ved de medtagne dyrkningsvariable. Den største kilde til denne usikkerhed er sandsynligvis markernes uensartethed, hvad angår jordbund og mikroklima, samt usikkerheden ved registreringen af de mange variable. Ikke alle variable i tabel 4 er med i figur 12, da kun de mest sikre sammenhænge (signifikante på 1% niveau) er medtaget i figuren. Den største forklaring på ukrudtets forekomst finder vi langs den vandrette akse, som angiver vintersædsmarker mod højre og vårsædsmarker mod venstre. Effekten ses på det sommerannuelle ukrudt (hvidmelet gåsefod, korsblomstret ukrudt og pileurt), som særligt forekommer i vårsæd. Vinterannuelt ukrudt (kamille) forekommer tilsvarende særligt i vintersæd. Volumenprocenten af ukrudt er større i vårsæd end i vintersæd, hvilket passer med, at vintersæds-afgrøden er højere, og dermed mere konkurrencestærk.

Næst efter vårsæd kontra vintersæd er forskelle mellem gårdene den væsentligste forklaring på ukrudtets forekomst. Gårdene fordeler sig især lodret langs anden-aksen. Særligt gården 138 og 158 skiller sig ud, hvilket er interessant, da disse to gårde er de "gamle" omlæggere fra 1951. Analysen indikerer således ophobede problemer på disse to gårde med korsblomstrede, rodukrt og udbyttereduktion. Til gengæld synes de ikke at have problemer med det øvrige ukrudt. Volumenprocenten af ukrudt er lav på gårdene 338, 308 og 538 (se også tabel 2). Samtidigt er sommer/vinterannuelle arter dominerende på disse gårde, det vil sige ukrudtsarter, der ikke er knyttede til bestemte afgrødetyper. Gårdene 499 og 547 har især problemer med pileurt.



Figur 12. Effekt af dyrkningsfaktorer (tynde pile) på ukrudtet (fede pile). Kun sammenhænge, som er signifikante på 1%-niveauet, er vist. The correlation between cultivation practice (thin arrows) and weed variables (heavy arrows). Only relations significant at the 1% level are shown.

Gårdeffekterne kan dække over flere ting. Dels nogle dyrkningsfaktorer der er typiske for de enkelte gårde f.eks. jordtypen. Dels selve driftsledelsen, hvor valg af sædkifte, gødningsstrategier, ukrudsreguleringsstrategier og måske specielt timing indgår. Ukrudsproblemer på en gård skyldes altså ofte enkelte ukrudtsarter tilknyttet netop denne gård. Der er derfor gode muligheder for en målrettet indsats mod de aktuelle problemer, hvis man er opmærksom på deres karakter. Sommerannuelt ukrudt kan reduceres ved en øget andel vintersæd i sædkiften og omvendt med vinterannuelt ukrudt. Arter som fuglegræs og ærenpris, der klarer sig i alle afgrøder, giver sjældent større udbyttetab i en veletableret afgrøde, da de er

lavt voksende. Sådanne arter er vanskeligere at bekæmpe med afgrødevalget men er til gengæld nemmere at bekæmpe med ukrudtsharven end arter, der 'vokser op med afgrøden'. Problemer med rodukrudt må løses med en forøget mekanisk bekämpelse i efterårsmånerne; dette kan kræve en justering af sædkiftet. Hyppige slet på græsmarker kan også bidrage til at reducere visse rodukrudtsarter. Men generelt mangler vi viden om bekämpelse af rodukrudt i økologiske sædkifter.

Konklusion

Konkrete problemer kan oftest forklares med ukrudtsarternes biologi, afgrødevalg og sædkifte. Viden om markens ukrudtsflora og forhistorie giver derfor gode muligheder for at forebygge ukrudtsproblemer. De aktuelle gårde har alle et rimeligt varieret sædkifte, der generelt ikke opformerer ukrudtsproblemer, trods en begrænset direkte bekämpelse og en til tider ringe konkurrence fra afgrøden. Kløvergræs har en vigtig rolle i sædkiftet som sanerende afgrøde, og som forfrugt giver den korn en god konkurrenceevne over for ukrudtet. I 10 til 20% af tilfældene opformeres ukrudtet voldsomt, men situationen reddes ofte ved at høste marken til helsæd, og denne mulighed er vigtig for at undgå opformering. Med den eksisterende praksis må der regnes med en sådan risiko, der så må opvejes af højere priser. Rodukrudt er et problem, der kræver speciel opmærksomhed, da det tilsyneladende udvikles på lang sigt efter omlægning. Selv om der er inddraget mange relevante dyrkningsfaktorer i analysen, er gårdene stadig en meget vigtig faktor. En del af forskellen mellem gårdene kan tilskrives jordtypen, men også driftsledelsen har stor indflydelse på ukrudtsfloraen. Det er driftslederen, der vælger afgrøder og sædkifte samt koordinerer, hvornår de enkelte handlinger skal udføres.

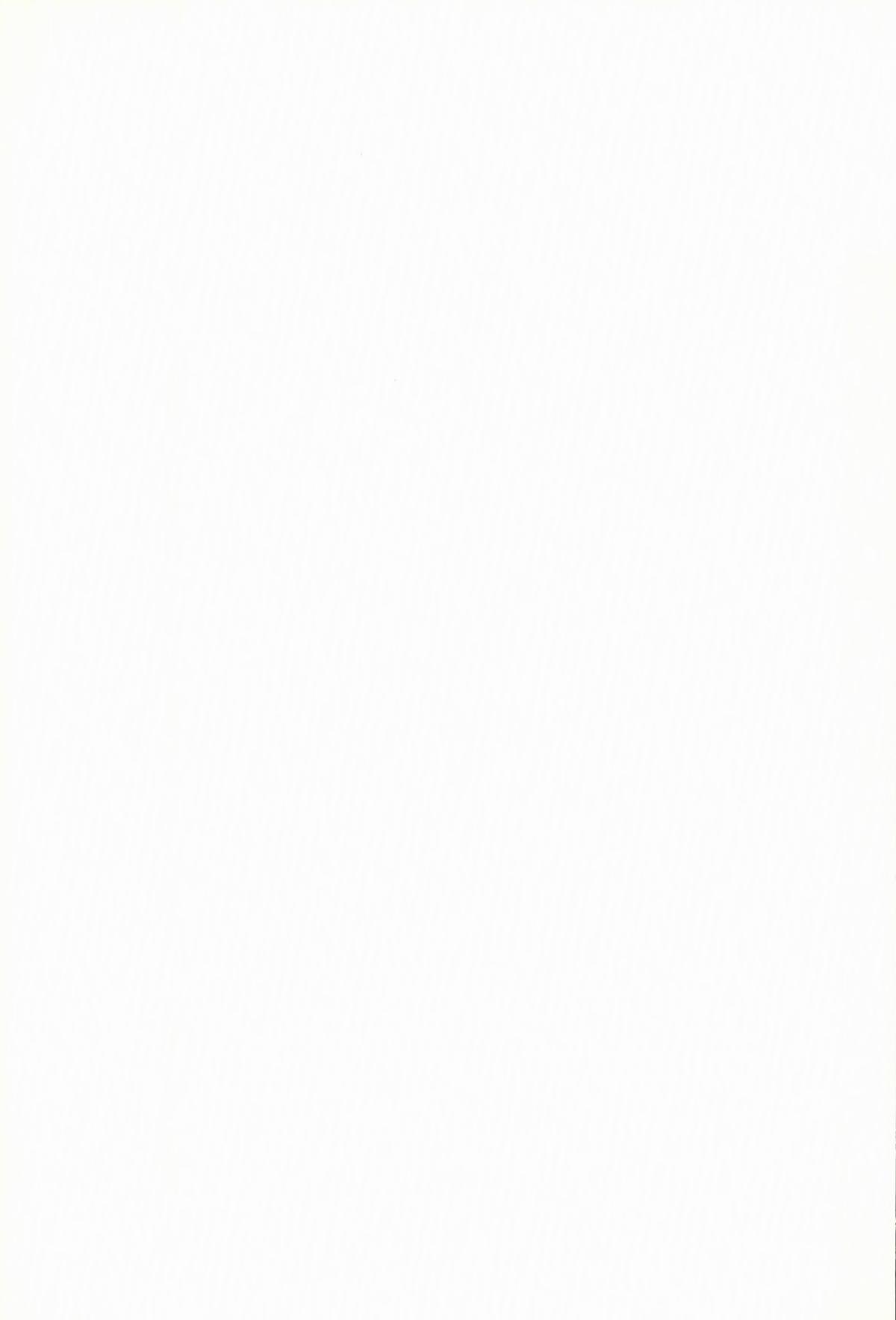
Litteratur

- Halberg N. & Kristensen I. Sillebak.* 1997. Expected crop yield loss when converting to organic dairy farming in Denmark. Bio., Hort. and Agric. Sci. 14:25-41.
- Jongman R.H.G. , ter Braak C.J.F. & van Tongeren O.F.R.* 1987. Data analysis in community and landscape ecology. PUDOC, Wageningen.
- Kristensen T.* 1998. Studier i økologiske jordbruksystemer. DJF-rapport, husdyr, nr.1.
- Kristensen I. , Sillebak & Halberg N.* 1995. Markens nettoudbytte, næringsstoffsforlyng og afgrødetilstand på økologiske og konventionelle kvægbrug. I "Økologisk Landbrug med udgangspunkt i kvægbedriften". Red. Kristensen, E.S. Statens Husdyrbrugsforsøg. Intern Rapport 42:33-51.
- Nemming A.* 1991. Ukrudtsbekämpelse på økologiske demonstrationsbrug. I "Forskning i økologisk jordbrug" Vester, J. (red.): Tidsskrift for Planteavl specialserie nr. S 2111:49-62.
- Nors B.* 1993. Ukrudt i økologiske udlægsmarker. Hovedopgave i faget Ukrudt og ukrudtsbekämpelse. KVL. Side 62.

- Rasmussen J. & Rasmussen K.* 1994. Strategier for mekanisk ukrudtsbekæmpelse i vårsæd.
Danske Planteværnskonference. SP-rapport nr. 6: 149-162.
- Rasmussen I. A., Melander B, Rasmussen K. & Rasmussen J.* 1997. Regulering af ukrudt.
Statens Planteavlsforsøg. SP-rapport nr. 15: 63-86.
- Tersbøl M. & Kristensen I.S.* 1997. Afgrødeproduktion og økonomi i relation til sædkifte og
gødningsforsyning. Statens Planteavlsforsøg. SP-rapport nr. 15: 11-36.









Danmarks Jordbrugsforskning
afd. for plantebiologi
Flakkebjerg
4200 SLAGELSE

DJF Foulum

Postboks 50, 8830 Tjele.
Tlf. 89 99 19 00. Fax. 89 99 19 19.

Direktion
Direktionssekretariat, Økonomisekretariat

Afdeling for Animalske Fødevarer
Afdeling for Husdyravl og Genetik
Afdeling for Husdyrnæring og Fysiologi
Afdeling for Husdrysundhed og Velfærd
Afdeling for Jordbrugssystemer
Afdeling for Plantevækst og Jord

Afdeling for Markdrift
Afdeling for Stalddrift
Centrallaboratoriet
Informationsenhed
IT-funktion
Biblioteksfunktion
International Enhed

DJF Årslev

Kirstinebjergvej 6-10, 5792 Årslev
Tlf. 65 99 17 66. Fax. 65 99 25 98.

Afdeling for Prydplanter
Afdeling for Vegetabiliske Fødevarer
Afdeling for Infrastruktur

DJF Flakkebjerg

Flakkebjerg, 4200 Slagelse
Tlf. 58 11 33 00. Fax. 58 11 33 01.

Afdeling for Plantebiologi
Afdeling for Plantebeskyttelse
Afdeling for Infrastruktur

DJF Bygholm

Postboks 536, 8700 Horsens
Tlf. 75 60 22 11. Fax. 75 62 48 80.

Afdeling for Jordbrugsteknik
Driftsfunktion

Enheder på andre lokaliteter

Afdeling for Sortsafprøvning,
Teglværksvej 10, Tystofte, 4239 Skælskør.
Tlf. 58 19 61 41. Fax. 58 19 01 66.

Askov Forsøgsstation,
Vejenvej 55, 6600 Vejen.
Tlf. 75 36 02 77. Fax. 75 36 62 77.

Bioteknologigruppen (Afd. f. Plantebiologi),
Thorvaldsensvej 40, 1., 1871 Frederiksberg C
Tlf. 35 28 25 88. Fax. 35 28 25 89.

Borris Forsøgsstation,
Vestergade 46, 6900 Skjern.
Tlf. 97 36 62 33. Fax. 97 36 65 43.

Den Økologiske Forsøgsstation,
Rugballegård,
Postboks 536, 8700 Horsens
Tlf. 75 60 22 11. Fax. 75 62 48 80.

Foulumgård, Postboks 50, 8830 Tjele.
Tlf. 89 99 19 00. Fax. 89 99 19 19.

Jyndevad Forsøgsstation,
Flensborgvej 22, 6360 Tinglev.
Tlf. 74 64 83 16. Fax. 74 64 84 89.

Rønhave Forsøgsstation,
Hestehave 20, 6400 Sønderborg.
Tlf. 74 42 38 97. Fax. 74 42 38 94.

Silstrup Forsøgsstation,
Højmarken 12, 7700 Thisted.
Tlf. 97 92 15 88. Fax. 97 91 16 96.

Tylstrup Forsøgsstation,
Forsøgsvej 30, 9382 Tylstrup
Tlf. 98 26 13 99. Fax. 98 26 02 11.