DJF
rapport

Marts 1999

Nr. 9 • Markbrug

16. Danske Planteværnskonference

Pesticider og miljø
Ukrudt

16th Danish Plant Protection Conference

Side effect of pesticides
Weeds

Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri
Danmarks JordbrugsForskning

16. Danske Planteværnskonference

Pesticider og miljø

Ukrudt

16th Danish Plant Protection Conference

Side effect of pesticides

Weeds

DJF rapport Markbrug nr. 9 • marts 1999 • 2. årgang

Udgivelse:	Danmarks JordbrugsForskning Forskningscenter Foulum Postboks 50 8830 Tjele	Tlf. 89 99 19 00 Fax 89 99 19 19
Løssalg: (incl. moms)	t.o.m. 50 sider t.o.m. 100 sider over 100 sider	50,- kr. 75,- kr. 100,- kr.
Abonnement:	Afhænger af antallet af tilsendte rapporter, men svarer til 75% af løssalgsprisen.	

Indholdsfortegnelse

Miljøsektionen

Estimerede tabsfunktioner og sædskifter i et 0-pesticid scenarium
Estimated crop losses and crop rotations in a scenarium without pesticides
Lise Nistrup Jørgensen, Peter Kryger Jensen, Søren Holm, Gunnar Mikkelsen, Ib Sillebak Kristensen & Jens Erik Ørum 7

Hvad skal de nye afgifter på pesticider bruges til?
What is the new pesticide tax going to be used for?
Inge Vibeke Hansen 27

Pesticidpunktkilder og spredning af pesticider fra en nedlagt vaske/fyldeplads
Pesticide point sources and dispersion of pesticides from a site previously used for handling of pesticides
Niels Henrik Spliid, Arne Helweg, Walter Brüsch, Ole Stig Jacobsen & Steve Ulf Hansen 33

Udvaskning af pesticider fra vaskepladser og biobedes rensningsevne
Leaching of pesticides from washing-sites and capacity of biobeds to retain pesticides
Vibeke Vestrup Henriksen, Alice Binder, Arne Helweg & Lars Stenvang Hansen 47

Regulering og kontrol af pesticidrester i planteprodukter
Regulation and control of pesticide residues in plant products
Arne Büchert 65

Belastning af landjorden med pesticider via nedbør
Wet deposition of pesticides in Denmark: preliminary studies
Gitte Felding, Willem A. H. Asman & Niels Henrik Spliid 71

Ukrudtssektionen

Billedanalyse til karakterisering af kornsorters horisontale bladfordeling
Image analysis to characterise the horizontal leaf distribution of cereal varieties
Preben Klarskov Hansen & Svend Christensen 89

Allelopati - en fremtidig komponent i ukrudtsbekæmpelse
Allelopathy – a future component of weed management
Maria Olofsdotter 101

Handlingsplan til begrænsning af brandbægerproblemer i Danmark
Actionplan to control *Senecio* in Denmark
Poul Henning Petersen 113

Herbicideffekt på planter med jordstøv på bladene
Herbicide performance on plants with simulated dust deposits
Solvejg K. Mathiassen & Per Kudsk 119

Nye dysetyper og herbicideffekt 1. Semifieldforsøg
New nozzle types and herbicide efficacy 1. Semifield experiments
Per Kudsk & Solvejg K. Mathiassen 127

Nye dysetyper og herbicideffekt. 2. Markforsøg
Weed control with new nozzle types. 2. Field trials
Peter Kryger Jensen 137

Optimerede herbicidblandinger i PC-Planteværn - 3 års undersøgelser af potentiale og sikkerhed
Optimized mixtures of herbicides in PC-Plant Protection - 3 years studies on potential and reliability
Per Rydahl 147

Dyseslid i relation til god sprøjteteknik
Nozzle wear in relation to good application technique
Kristian Lybek Witt 159

Afdrift reduktion ved forskellige dysetyper
Drift reduction using different nozzle types
Kristian Lybek Witt 169

Diflufenican – det nye aktivstof med mange fordele
Diflufenican – the new beneficial active ingredient
Marianne Serritzlev & Oluf Juhl 177

Primus* - et nyt bredspektret burresnerre-middel til korn
Primus* - a new broadspectrum *Galium aparine* product in cereals
Jacob Bennet & Anders Mondrup 187

Vælg Fenix til ukrudtsbekæmpelse i ærter
For weed control in peas your choice should be Fenix
Ivan Kloster 197

Estimerede tabsfunktioner og sædskifter i et 0-pesticid scenarium

Estimated crop losses and crop rotations in a scenarium without pesticides

Lise Nistrup Jørgensen, Peter Kryger Jensen og Søren Holm
Danmarks JordbrugsForskning
Afdeling for Plantebeskyttelse
Forskningscenter Flakkebjerg
DK-4200 Slagelse

Gunnar Mikkelsen
Danmarks JordbrugsForskning
Afdeling for Plantevækst og Jord
Forskningscenter Foulum
DK-8830 Tjele

Ib Sillebak Kristensen
Danmarks JordbrugsForskning
Afdeling for Jordbrugssystemer
Forskningscenter Foulum
DK-8830 Tjele

Jens Erik Ørum
Statens Jordbrugs- og Fiskeriøkonomiske Institut
Toftegårdsplads
Gl. Køge Landevej 1-3
DK-2500 Valby

Summary

No real trial data exist as basis for suggesting realistic crop rotation systems and crop losses in a scenario without use of pesticides. The crop losses estimated and crop rotations suggested to minimize losses due to pests, diseases and weeds are therefore mainly based on best expert judgements. Main trial results with crop protection have been involved in the judgement and where possible comparisons have been made to experiences obtained from ecological farming.

Crop rotations are suggested for 12 different types of agricultural systems, based on how systems are cropped today and separated according to two soil type categories. Animal production is kept constant and losses are assessed without and with economical optimisation.

Without economical optimisation all specific crops like potatoes, grass seed production, and sugar beets are kept in the rotation, at the level known today. The share of winter cereal is reduced to a maximum of 40% to minimize problems with grass weed. Rye and triticale are given an increased share as they generally compete better with weeds and have less yield losses caused by diseases. Sowing time of winter cereal is delayed to minimise weed pressure and most resistant varieties are grown.

Crop losses are estimated in all crops for weeds, diseases and pests individually and vary as a total between 3% to 50%. Grass seed and potatoes have the highest losses due to weed contamination and late blight respectively and grass production and winter rape the lowest levels. Winter wheat has an estimated loss at 27-29% and spring barley at 17-19%. The suggested crop rotations will typically without economical optimisation give crop losses between 10 and 25% at farm level depending on the crops involved. The economical loss will vary between 3 and 46%. Milk producing farms will have the least losses and farms relying mainly on special crops like potatoes will have the biggest losses. The success of a 0-scenario depends on many parameters like whether quality parameters can be obtained for potatoes and grass seed, whether it is possible to have people to weed manually in sugar beets and other row crops like vegetables and whether higher prices and a marked can be created for pesticide free products.

In a economical optimized 0-scenario hardly any sugar beets, grass seeds, potatoes, rape and peas will be grown. Spring cereal will dominate and set a side will become an interesting crop. On farms with only arable crops set a side will increase to 30% of the area. Using economical crop rotations, the net return will decrease between 3 and 4% at farm level.

The crop safety is estimated to be reduced significantly in 0-scenario and the yearly and local variation due to pest, diseases and weeds is expected to be big. Maximum losses are estimated for each crop based on a year with severe attack of pest and diseases; max loss varies between 4 and 100% for different crops. It is foreseen that some areas will be taken out of production mainly due to severe problems with weeds. In order to tackle problems with crop protection in a 0-scenario preventive matters and knowledge and skills in mechanical weed control will be most important. There will be a big need for training farmers in alternative crop protection methods in order to cope with crop production.

It is expected that a 0-pesticide scenario will stimulate initiatives in alternative control methods, like mechanical weed control, resistance breeding and more strategic use of resistance.

Indledning

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

Underudvalget for Jordbrugsdyrkning skulle specifikt beskrive den nuværende jordbrugsproduktion, forholde sig til total udfasning samt 3 scenarier for delvis udfasning af pesticider.

- 0-scenarium med ingen anvendelse af pesticider
- 0+scenarium (næsten total udfasning), hvor der tillades pesticider, således at de nuværende phytosanitære regler kan overholdes
- +scenarium (begrænset anvendelse, ca. 20%), som anvender pesticider, så de største udbyttemæssige tab kan undgås
- ++scenarium (nedsat anvendelse, ca. 50%), som anvender pesticider, så økonomiske tab som følge af skadegørere generelt undgås.

Den drivende kraft bag den nuværende sprøjteadfærd i jordbruget er ønsket om at minimere eller fjerne økonomisk betydende tab forårsaget af skadegørere. Ved flere tidligere udredninger er det forsøgt at estimere, hvilke økonomiske nyttevirkninger, der er efter sprøjtning i jordbruget (Jørgensen *et al.*, 1997; Thonke *et al.*, 1989).

I forbindelse med udvalgsarbejdet er der nedsat en gruppe (sædskiftegruppen), som har vurderet de samlede afgrødetab opdelt på enkelte afgrøder. Ved vurdering af tabene er alternative metoder inddraget i det omfang, det har været praktisk muligt (Mikkelsen *et al.*, 1998). De økonomiske konsekvenser af disse tab er efterfølgende bearbejdet af Økonomi- og Beskæftigelsesudvalget (Ørum, 1998). I denne præsentation vil alene 0-pesticid scenariet for landbrug blive behandlet.

Skadevoldere i nuværende dyrkningssystemer

I det efterfølgende er der foretaget en kort gennemgang af det nuværende pesticidforbrug, og hvilke skadegørere de hovedsageligt anvendes til bekæmpelse af i landbruget.

Nuværende pesticidforbrug

Behandlingshyppigheden i 1994 (Miljøstyrelsens rapport nr. 8/1995) er valgt som udgangspunkt for nudriften. Der er desuden foretaget en yderligere opdeling af forbruget på afgrøder inden for vintersæd, ligesom der er foretaget en opdeling på sand- og lerjord for vårbyg og hvede på baggrund af data fra AIM-Farmstat. Baggrunden for valg af 1994 er, at dette år bedst afspejler det nuværende forbrug. Tal fra 1995 og 1996 har været berørt af store salgsmæssige forskydninger på grund af indførelse af en særlig afgift på pesticider og skønnes derfor ikke repræsentative.

Ukrudt

Der bekæmpes stor set ukrudt i alle afgrøder med herbicider. Ved korn produktion inden for svine- og planteproduktion, hvor vintersædsandelen er stor i forhold til vårsæd, anvendes desuden i betydelig udstrækning midler mod en-kimbladet græsukrudt. Dette gælder såvel i vinterhvede som i sanerende afgrøder som raps. Der bekæmpes to-kimbladet ukrudt i alle

afgrøder. Størst er indsatsen i sukkerroer og foderroer, hvor der sprøjtes med herbicider 2-3 gange. I 1-2 afgrøder hvert år bekæmpes kvik i sædskiftet, hvilket vil betyde, at kvik typisk bekæmpes hvert fjerde år på samme areal. Ved korn produktion domineret af vårsæd anvendes herbicider mod to-kimbladet ukrudt hvert år og mod kvik hvert fjerde år. Jordbearbejdning (mekanisk renholdelse) anvendes ikke eller yderst sjældent til ukrudtsbekæmpelse i korn, mens der i vinterraps er en begyndende udvikling i gang med udsåning af afgrøden på stor rækkeafstand og anvendelse af radrensning til fjernelse af ukrudt.

På kvægbrug anvendes herbicider i roer 2-3 gange og majs 1-2 gange. I korn bekæmpes to-kimbladet ukrudt, og kvik bekæmpes èn gang i en sædskifte rotation, hvilket typisk vil være hvert fjerde til sjette år. I kartofler bruges foruden 1-2 ukrudtssprøjtninger desuden kemisk nedvisning af kartoffeltoppen.

Svampesygdomme

Mindst 85% af det anvendte kornudsæd bejdses mod svampesygdomme for at bekæmpe udsædsbårne sygdomme. Der bekæmpes hyppigt bladsygdomme i kornafgrøderne. Dette sker ca. to gange i hvede og under en gang i vårbyg afhængig af sygdomstrykket. Svampeangreb i roer, ærter og raps giver kun behov for bekæmpelse ca. hvert 10 år. Knækkefodsyge kan i enkelte marker udvikle betydelig angreb med tab som følge. Generelt sprøjtes der i dag kun mod fodsyge på ca. 5% af vintersædsarealet.

Der er i vårbyg en differentieret indsats på sand- og lerjord. Tal fra AIM viser, at der sprøjtes væsentligt mindre på sandjord (40% af arealet) sammenlignet med lerjord (60% af arealet). Især hvor der satses på maltbyg-produktion, som stiller krav til stor kernestørrelse (god sortering), behandles der med fungicider, som bekæmper bladsygdomme.

I specialproduktioner, som kartofler, bekæmpes kartoffelskimmel med en stor intensitet. I gennemsnit behandles 5-6 gange. Den hyppige anvendelse skyldes hovedsageligt, at de anvendte midler ikke har nogen god langtidsvirkning. Ved tidlige angreb af skimmel sprøjtes ofte 7 til 8 gange i f.eks. melkartofler. Næsten alle læggekartofler bejdses for at undgå angreb af rodfiltsvamp.

Skadedyr

I raps bekæmpes skadedyr med én til to sprøjtninger hvert år. Bladlus i hvede og vårbyg bekæmpes i gennemsnit på ca. halvdelen af arealet. I forhold til forbrugstallene i 1994 er der sket en betydelig reduktion på dette felt, således blev der i 1997 i gennemsnit kun behandlet på ¼ af kornarealet (Miljøstyrelsen Bekæmpelsesmiddelstatistik, 1997). I vinterbyg anvendes ikke insekticider. I ærter bekæmpes skadedyr i gennemsnit hvert andet år. I roer bekæmpes lus og andre skadedyr hvert år med i gennemsnit to sprøjtninger eller en bejdsning kombineret med en sprøjtning. I kartofler har der i de senere år været behov for bekæmpelse af tæger og cikader.

Vækstregulering

Der anvendes generelt kun begrænsede mængder af vækstreguleringsmidler. De seneste tal fra 1997 viser en behandlingshyppighed i vintersæd på 0.1. Det vurderes, at vækstregulering i konventionel dyrkning af vinterhvede er på vej ud som følge af, at der dyrkes stråstive sorter og anvendes mindre kvælstof. I rug vurderes der stadig at være et behov for vækstregulering især på lerjorde, ligesom det med fordel kan bruges i visse frøgræsarter for at styrke græsstråene og undgå nedknækning.

Store årsvariationer i angrebsgraderne og muligheder for at bestemme bekæmpelsesbehovet

Der er for sygdomme og skadedyr en meget betydelig variation i bekæmpelsesbehovet og tabsprocenterne de enkelte år imellem. Variationen i tabene skyldes en kombination af forskelle imellem de sygdomme, som dominerer i de enkelte år, samt variation i angrebsgraden og tidligheden for angrebene.

For ukrudt er der tale om en mindre svingende population af skadegørere. Det er vanskeligt at fastlægge en egentlig skadetærskel for bekæmpelse, da der ønskes et generelt lavt niveau af tokimbladet ukrudt i afgrøderne. Behovet for bekæmpelse af en-kimbladet ukrudt har været stigende i de senere år, som følge af forøgede arealer med vintersædsafgrøder.

Metode til fastsættelse af tab i et 0-scenarium

Sygdomme og skadedyr

Til vurdering af tab som følge af angreb af skadegørere er der for sygdoms- og skadedyrsangreb overvejende brugt data fra forsøg udført med pesticider ved de Landøkonomiske Foreninger og ved Danmark JordbrugsForskning. Tabstørrelserne fra forsøg kan ikke siges generelt at være repræsentative for de tab, der kan være på forskellige bedriftstyper. Der findes imidlertid ikke andre eller bedre kendte kilder, der kan bruges i forbindelse med vurdering af tab som følge af skadegørere. For visse af de væsentlige skadegørere f.eks. bladlus i korn har det været muligt udfra forsøgsdata at foretage en opdeling i tabsprocenter på sand- og lerjord, mens det for andre kun har været muligt at bruge et landsgennemsnit. Under de enkelte afgrøder er det forsøgt at tage højde for, hvad der kan siges at være de mest reelle tabsstørrelser udfra den tilrådighed værende information. For en mere detaljeret gennemgang af datagrundlaget for de brugte tabsprocenter samt en beskrivelse af usikkerhedsfaktorer i forbindelse med fastsættelse af tabsprocenterne henvises til Mikkelsen *et al.*, 1998.

Ukrudt

Tabsstørrelserne som følge af overgang til mekanisk ukrudtsbekæmpelse er behæftet med stor usikkerhed. Der findes kun et begrænset forsøgsmateriale, hvor ukrudtseffekt og udbytte ved mekanisk ukrudtsbekæmpelse er sammenlignet med en standard herbicidbehandling, og det vil i en del tilfælde ikke være muligt at skelne mellem, hvilken effekt restukrudtet har på

udbyttet, og hvilken effekt (afgrødeskade) den mekaniske bekæmpelse i sig selv har. Samtidig er disse forsøg udført på konventionelle brug, hvilket betyder at ukrudtsbestandens størrelse og sammensætning formodentlig vil være lavere, end hvad der må forventes i et herbicidfrit sædskifte.

De ukrudtsarter, der optræder som problemukrudt i de nuværende sædskifter, er en følge af, at de pågældende arter er godt tilpasset til de pågældende afgrøder, samt at problemukrudtsarterne bekæmpes mindre effektivt med de herbicider, der er til rådighed. På samme måde må et sædskifte, hvor ukrudtsbekæmpelsen er baseret alene på mekanisk bekæmpelse, forventes at være domineret af ukrudt, der begunstiges i de pågældende afgrøder, samt er vanskelige at bekæmpe mekanisk som eksempelvis kamille og agersennep, der begge er meget konkurrencestærke arter.

Som udgangspunkt for tabsstørrelserne i korn er anvendt et talmateriale fra de økologiske helårsforsøgsbrug, hvor der er registreret ukrudt efter, at den mekaniske bekæmpelse er udført (Rasmussen *et al.*, 1998). På de økologiske brug er intensiteten i den mekaniske bekæmpelse mere begrænset, end der generelt anbefales ved mekanisk ukrudtsbekæmpelse i korn (Rasmussen *et al.*, 1998). De fundne udbyttetab på de økologiske helårsbrug, som følge af den direkte effekt af ukrudt på de økologiske helårsbrug, er derfor halveret, idet der forudsættes, at en øget mekanisk bekæmpelse vil kunne reducere tabene fra det nuværende niveau. Denne reduktion opvejes dog af et væsentligt tab som følge af en betydelig skade på afgrøderne i forbindelse med mekanisk bekæmpelse. Den mekaniske afgrødeskade er vurderet ud fra de beskrevne sammenligningsforsøg med herbicidbehandling. For de øvrige afgrøder, som ikke er indeholdt i de økologiske helårsbrug, er tabene baseret på de få forsøg, der er gennemført samt på skøn. En mere detaljeret beskrivelse af baggrunden for de vurderede ukrudtstab findes i Mikkelsen *et al.* (1998). De anslåede tab, som følge af afgrødeskader ved mekanisk ukrudtsbekæmpelse og øget restukrudt, er vist i tabel 1.

Tabel 1. Anslåede tab i procent som følge af mekanisk renholdelse i landbrugsafgrøder. Tabet indgår i den samlede tabsfunktion. Estimated losses due to mechanical control in agricultural crops in comparison to use of chemical control.

Afgrøde Crop	**Tab som følge af afgrødeskader ved mekanisk ukrudtsbekæmpelse** Loss due to crop damage following mechanical weed control	**Tab som følge af restukrudt** Loss due to increase in weed	**Totalt tab ved overgang til mekanisk ukrudtsbekæmpelse** Total loss with change to mechanical weed control
Vinterhvede	5-10%	6%	11-16%
Vinterbyg	2-5%	3%	5-8%
Vinterrug	1-3%	2%	3-5%
Vårbyg	0-3%	6-12%	6-15%
Ærter	3-7%	5-10%	8-17%
Vinterraps	0%	0%	0%
Roer	0%	0%	0%

På arealer, der lider af store problemer med græsukrudt, vil udbyttetabene i forbindelse med hvededyrkning uden herbicidanvendelse de første år overstige de værdier, der er angivet i tabellen, idet der vil gå en årrække, inden det ændrede sædskifte begrænser græsukrudtsproblemet. Til gengæld vil udbyttetabene som følge af tokimbladet ukrudt i en kort overgangsperiode være mindre end forudsat i tabellen, idet der går en årrække inden ukrudtsniveauet stiger fra det nuværende op til niveauet på økologiske brug, som er grundlaget for tabsberegningerne i tabellen.

Tab som følge af udsat såtid og valg af sorter med den bedste resistens

Forebyggelse og alternative bekæmpelsesmetoder er vigtige i et 0-scenarium. Inddragelse af visse af disse alternative metoder er imidlertid forbundet med udbyttemæssige ulemper. For at minimere problemer med ukrudt anbefales det at udsætte såningen af hvede, vinterbyg og rug. Det anbefales dog normalt at så i sidste halvdel af september for at sikre en god og konkurrencedygtig afgrøde. En yderligere udsættelse af såtiden vil i mange år mindske chancen for at få etableret vintersæden og vil derfor ikke blive anbefalet. Der kan forventes et mindre udbyttetab, som følge af den foreslåede udsættelse (Kjærsgård, 1996 og Pedersen *et al.*, 1997). Udbyttenedgangen ved at udsætte såning fra 20. september til 10. oktober har ligget på ca. 7 hkg/ha. Det er anslået, at under halvdelen af markerne vil blive sået så sent, at det får effekt på udbyttet. På den baggrund er tabet i hvede som følge af sen såning reduceret til 3 hkg/ha (svarende til 4%). I vinterbyg er tabet som følge af udsat såning sat til 7%.

Af øvrige parametre, der kan sænke udbytteniveauet, er valg af de mest resistente hvedesorter. De mest resistente sorter har p.t. et lavere udbyttepotentiale end de højstydende sorter, og det vil udfra forsøgene i 1995-97 have kostet 4-5 hkg/ha at prioritere resistens over udbytte (Hovmøller *et al.*, 1998). Der er tillagt 3% som følge af valg af resistente sorter i hvede, mens der ikke er noget, der tyder på et sådant tab i de andre kornarter. I de andre kornarter er der ingen sikker forskel i udbyttepotentialet for resistente sorter og højstydende.

Metode til vurdering af de samlede tabstørrelser

Det samlede tab er sammenstykket af 5 forskellige tabsstørrelser, der vurderes at være aktuelle i de forskellige afgrøder (se tabel 2). Hvor **Tab 1** dækker; tab efter ændret dyrkningspraksis for at minimere risikoen for skadegørere, bl.a. udsat såtid og valg af resistente sorter. **Tab 2** dækker; tab som følge af angreb af sygdomme. **Tab 3** dækker; tab som følge af angreb af skadedyr. **Tab 4** dækker; tab som følge af skade på afgrøden i forbindelse med mekanisk ukrudtsbekæmpelse og **Tab 5** dækker; tab som følge af, at der er mere ukrudt tilbage efter mekanisk bekæmpelse end efter herbicidanvendelse.

De forskellige tabstørrelser kan enten adderes eller multipliceres. I dette arbejde er der valgt multiplicationsmetoden. Denne sikrer bl.a., at man i ekstreme situationer ikke risikerer at få negative udbytter. Formlen til beregning af den samlede tabssum er følgende:

$$\text{Tabsum}=\left(1-\frac{(100-tab1)}{100}\times\frac{(100-tab2)}{100}\times\frac{(100-tab3)}{100}\times\frac{(100-tab4)}{100}\times\frac{(100-tab5)}{100}\right)\times 100$$

Generelt har det ikke været muligt at differentiere tabsstørrelserne afhængigt af afgrødens udbytteniveau. Kun for sygdomme i hvede har dette været muligt.

I tabel 2 er desuden angivet et maksimalt tab (tab max), som dækker over den situation, at én af de 5 tabsfunktioner giver maksimalt tab og dermed vil skabe basis for det værst tænkelige tab i den pågældende afgrøde. Som det fremgår er maxtabene ofte omkring dobbelt så store som gennemsnitstabene. De kan f.eks. opstå, hvis kartoffelskimmelangreb udvikler sig meget tidligt i vækstsæsonen, eller hele partier af kartofler kasseres på grund af knoldskimmel, eller hveden rammes af kraftige gulrust eller septoria angreb. Hvor hyppigt sådanne maxtab vil optræde, er det vanskeligt at vurdere, da de generelt er klimabaserede.

Tabel 2. Estimerede tabsprocenter som følge af skadegørere m.m. i forskellige afgrøder i et 0- scenarium, indeholder ikke meromkostninger til lugning m.m. Estimated losses due to pests, diseases and weeds in agricultural crops in a 0-scenarium, do not include cost of weeding etc.

Afgrøder Crops	**TAB 1 Udsat såning, mm.** Delayed sowing	**TAB 2 Sygdoms-angreb** Diseases	**TAB 3 Skadedyrs-angreb** Pest	**TAB 4 Afgrøde-skade** Crop damage	**TAB 5 Øget ukrudt** Increase in weeds	**TAB sum Samlet tab** Total loss	**Gns. max. tab,** Max. loss
Hvede 1års sand	8	7	2	7	6	27	45
hvede 1års ler	7	9	4	7	6	29	50
hvede 2.års sand	9	7	5	7	6	30	68
hvede 2.års ler	7	7	4	7	6	27	43
vårbyg sandjord	-	7	3	1	7	17	33
vårbyg lerjord	-	6	6	1	7	19	30
vinterbyg sand	7	11	0	3	3	22	32
vinterbyg ler	7	10	0	3	3	21	28
vinterrug	3	4	3	1	2	12	28
ærter	-	2	9	5	7	21	26
vinterraps	-	2	5	0	0	7	26
vårraps	-	2	17	0	5	23	48
sukkerroer	-	2	12	0	0	14	22
foderroer	-	2	12	0	0	14	22
kløverfrø	-	0	50	0	50	75	100
frøgræs	-	1	0	?	50	50	100
kartofler	-	38	4	0	0	42	100
helsæd	-	3	2	1	8	13	16
græs	-	0	0	0?	?	3	4
havre	-	5	3	1	8	16	25
majs	-	0	0	5?	8	13	16

Tabel 3 viser de samlede vægtede kornudbytter i Danmark udfra de fastsatte tab i tabel 2. For korn som helhed er der vurderet en nedgang på ca. 23%.

Tabel 3. Udbytte i nuværende og 0-pesticid scenariet. Vægtet gns. af alle bedrifter. Grain yield to day and in a possible 0-pesticide scenario. Estimated across all cropping systems.

Kornafgrøde hkg/ha Cereal crop	**Nuværende** Yield today	**0-scenarium** 0-scenario	**Procent tab** % loss
Vinterhvede på sandjord, wheat on sand	63	47	25
Vinterhvede på lerjord, wheat on clay	75	57	25
Vårsæd på lerjord, spring cereal on clay	53	44	17
Vårsæd på sandjord, spring cereal on sand	44	37	16
Korn til modenhed i alt, cereal for grain total	58	45	23

Fra nuværende produktion til 0-pesticid scenarium

For at kunne vurdere effekterne af en udfasning af pesticider i landbruget, er der udarbejdet en relativt detaljeret beskrivelse af den nuværende dyrkning i landbruget, således at det vil være muligt at bedømme effekterne af pesticid afvikling for forskellige bedriftstyper på henholdsvis ler- og sandjord. En kvantitativ sammenstilling af sådanne relevante bedriftstyper var ikke tilgængelig ved arbejdets igangsættelse men er opbygget på baggrund af driftsregnskabsdata fra Landskontorerne for Driftsøkonomi i 1995 og 1996, der dækker 13.000 brug. Det har været muligt at opstille 12 bedriftstyper (tabel 4). I tabellen er angivet både tal for det totale areal på bedriftstyperne, såvel som arealet som indgår i sædskiftet. Forskellen på de to tal skyldes brak, varigt græs og non-food afgrøder. Disse arealer er ikke vurderet, da de er forudsat at være konstante.

For hver af de 12 bedriftstyper er der opstillet et sædskifte med den aktuelle afgrødefordeling, der svarer til eksisterende praksis i landbruget. Driftsregnskaberne indeholder ingen informationer om fordelingen af de forskellige kornafgrøder på de forskellige bedriftstyper. Denne opdeling er foretaget, så de harmonerer med de samlede tal fra Danmarks Statistik på henholdsvis sand- og lerjord. Principperne anvendt for denne fordeling er beskrevet nærmere af Mikkelsen *et al.*, (1998).

I tabel 5 er vist 10 ud af de 12 bedriftstyper på sand- og lerjord. Bortset fra kvægbrugsbedrifterne er der i de fleste sædskifter en dominerende produktion af korn. Vintersædsandelen ligger typisk på ca. 60% af det samlede sædskifteareal. Der er repræsenteret tre typiske forfrugter til kornafgrøderne (raps, ærter, sukkerroer). Der er i 3 sædskifter inddraget planteproduktion med specialproduktion af sukkerroer, frøgræs eller kartofler.

Tabel 4. Behandlingshyppighed (BI), areal, antal dyreenheder og relative kornudbytter fra de 12 bedriftstyper, som er uddraget af bedriftsregnskaberne fra Landskontorerne for Driftsøkonomi. (Sædskifte=areal der indgår i omdrift; i alt = total areal i sædskiftet, inkl. brak og vedvarende græs). Behandlingshyppigheden(=BI) er fastsat udfra gennemsnitlige tal fra 1994. BI er excl. brak. Treatment frequency (TFI) for 1994, cropped area in total and in rotation, no of animal units and relative yields in 12 different cropping systems based on 13.000 farming accounts from the Farmers Advisory Centre. Relative grain yields compared to national average.

Bedriftstyper Cropping systems	**BI** TFI	**Ha 1000**		**Dyreenhed. 1000** Animals 1000		**Rel. korn ud-bytte** Rel. grain yield
		i alt total	**sædskifte** rotation area	**svin** pigs	**kvæg** cows	
Lerjord 1.100.000 ha						
1. Kvægbrug (alle brug med mælkeprod.)	1,8	142	118	7	196	94
2. Svinebrug	2,4	220	184	239	25	101
3. Planteproduktion med frøavl (min.10%)	2,6	162	141	47	6	108
4. Planteproduktion med sukkerroer (min 10%)	3,1	168	151	53	5	111
5. Planteproduktion uden frø og sukkerroer	2,6	218	180	19	10	97
6. Øvrige (under 20 ha)	2,5	156	140	38	25	93
I alt		1.063	914	400	264	100
Sandjord 1.600.000 ha						
1. Kvægbrug under 1.4 DE malkekvæg/ha	1,3	333	268	7	345	92
2. Kvægbrug med over 1.4 DE malkekvæg/ha	1,2	212	174	12	378	94
3. Svinebrug	2,0	450	358	418	138	104
4. Planteproduktion med kartofler (min 10%)	3,4	135	116	41	11	96
5. Planteproduktion uden kartofler	2,3	279	231	24	26	108
6. Øvrige (under 20 ha)	1,8	148	116	41	71	87
I alt		1.556	1.262	541	969	100

Med basis i den nuværende produktion er der opstillet bedrifter i et 0-scenarium, hvor der er foretaget en justering af afgrødevalget for at afbøde de største problemer med skadegørere. I disse agronomiske scenarier er der fastholdt en produktion af specialafgrøder, selvom det kan forudses, at dette vil skabe problemer med bl.a. ukrudt i sukkerroer, urenheder af ukrudtsfrø i frøgræs og kartoffelskimmel i kartofler. De foreslåede sædskifter har et generelt lavere udbytteniveau, hvor bl.a. de gennemsnitlige kornudbytter er reduceret med 23%. Følgende elementer er inddraget i sædskifterne for i nogen grad at afbøde udbyttetabene:

- Sædskifterne indeholder færre vintersædsmarker, max. 40%

- Der dyrkes mere rug og triticale, som konkurrerer godt med ukrudt, og angribes mindre af sygdomme
- Vinterhvede og vinterbyg sås senere end i dag for at mindske ukrudtstrykket
- Der indgår efterafgrøder for at overholde kravene til 65% grønne marker
- Der vælges sygdomsresistente sorter, hvis de er til rådighed, eventuelt sortsblandinger
- Sædskiftet veksler mellem vinter- og vårafgrøder for at reducere ukrudtsproblemerne

Ud over de agronomisk opstillede sædskifter i 0-scenariet er der opstillet økonomisk optimerede sædskifter for 0-scenariet (Ørum, 1998). Der er i disse sædskifter opstillet en række agronomiske restriktioner, men det er i høj grad økonomien, der er bestemmende for afgrødesammensætningen. Der indgår en række substitutioner i beregningerne, hvor f.eks. kemisk ukrudtsbekæmpelse er erstattet med mekanisk bekæmpelse. I modsætning til de sædskifter, der er foreslået ud fra rent agronomiske principper, hvor det blev valgt at bibeholde de nuværende specialafgrødeproduktioner, er der i de optimerede sædskifter med de nuværende prisrelationer sket en næsten total udfasning af sukkerroer, frøgræs og kartofler. Også raps og ærter vil næsten forsvinde ud af sædskifterne, mens vårsædsarealet vil vinde frem. På grund af de betydelige tab i mange afgrøder, forringes økonomien i en grad, så brak bliver en fordelagtig afgrøde på grund af de nuværende tilskudsordninger fra EU. Andelen af brak vil på rene planteavlsbrug, hvor der ikke er problemer med harmonikrav, stige til 30%. Raps og ærter erstattes i stort omfang af etårig sædskiftebrak som forfrugt for korn. I tabel 2 er nederst vist dækningsbidrag 2 pr. ha i gennemsnit af bedriftstyperne.

Afgrødeudbytter i den nuværende produktion

Salgsafgrødernes udbytter er fastsat ud fra DK-statistik i årene 1993-96. I den pågældende periode var der problemer med overvintring og ukrudt i vinterraps, og rapsudbytterne var derfor relativt lave. Rapsudbytterne er derfor fastsat ud fra årene 1989-96. Udbytter i de enkelte amter fra Landbrugsstatistikken (DK-statistik) (Anon, 1993-1996b) er anvendt til fastsættelse af kerneudbytterne på sandjord (N. Jylland, Ringkøbing og Ribe) og lerjord (Storstrøms, V. Sjælland, Bornholm, Fyn, Århus, Vejle). Viborg, Nordsjælland, Hovedstadsregionen og S. Jylland er udeladt på grund af varierende jordtype. Til lerjord er medtaget jb nr. 5, 6 og 7, til sandjord er medtaget jb. nr. 1, 2, 3, og 4.

For de beskrevne bedriftstyper i tabel 5 er kerneudbytterne korrigeret til bedriftstype ved at gange kerneudbytter med de i tabel 4 viste relative kerneudbytter fra bedriftsregnskaberne i 1995 og 1996. Dette gør det muligt at afspejle effekterne af et 0-scenarium på forskellige udbytteniveauer, som findes på de forskellige bedriftstyper. Tal for 10 af bedrifterne er vist i tabel 5.

Tabel 5. Der er udvalgt 10 bedriftstyper fra ler- og sand jord, som er beskrevet i nudrift, i et foreslået agronomisk 0-scenarium, hvor der er taget hensyn til, hvordan problemer med skadegørere kan reduceres, ligesom der er lavet økonomisk optimerede sædskifter for 0-scenariet, +-scenariet og ++scenariet. 10 cropping systems on sandy and clay soils as they are today. There are suggestions for a cropping system in a 0-scenarium planned to minimize problems with pest, diseases and diseases. As well as a 0-scenarium planned from a economical optimizing. DBII=The farm´s net return in DKK/ha.

Planteavl/lerjord u. svin; Sædskifte ved nudrift Cropping systems today				**0-pesticid-scenarium (agronomisk optimeret)** Cropping in 0-scenarium (agronomical optimized)				**0-pesticid-scenarium, (økonomisk optimeret)** 0-scenarium, (economical optimized)	
Afgrøde Crop	**BH** TFI	**Udbytte hkg/ha** Yield	% of area	**Afgrøde** Crop	**%tab** % loss	**Udbytte Hkg/ha** yield	% of area	**Afgrøde** Crop	% of area
Vinterraps	2.5	28	5	Vinterraps og/eller	7	26	9	Raps/ærter	0
Vinterhvede 1.års	3.2	78	14	Ærter	21	30	9	Vårsæd	41
Vinterhvede 2.års	3.2	68	20	Havre	16	43	17	Vintersæd	29
Vårsæd	2.0	51	21	Vinterhvede	29	55	17	Specialafgrøder	0
Vinterbyg	1.9	58	13	Vårbyg (efterafg.)	19	42	13	Foderafgrøder	1
Vinterrug	1.4	53	4	Vinterbyg	18	48	9	Brak	28
Brak	-		13	Triticale/rug	12	47	9		
Diverse	2.9	-	10	Brak	-	-	13		
				Diverse			4		
Gns. DB 2 kr./ha (gns. BI)		3.231(2.2)	100			1.704	100		2.439

Planteavl m.svin/lerjord, Sædskifte ved nudrift				0-pesticid-scenarium (agronomisk optimeret)				0-pesticid-scenarium, (økonomisk optimeret)	
Afgrøde	BH	Udbytte hkg/ha	% andel	Afgrøde	%tab	Udbytte Hkg/ha	% an-del	Afgrøde	% andel
Vinterraps	2.5	9	5	Vinterraps og/eller	7	27	9	Raps/ærter	16
Vinterhvede 1.års	3.2	81	14	Ærter	21	31	9	Vårsæd	33
Vinterhvede 2.års	3.2	71	20	Havre	16	45	18	Vintersæd	39
Vårsæd	2.0	54	20	Vinterhvede	29	57	18	Foderafgrøder	2
Vinterbyg	1.9	61	13	Vårbyg (efterafg.)	19	43	13	Brak	10
Vinterrug	1.4	56	4	Vinterbyg	18	48	9		
Brak	-	-	11	Triticale	12	47	9		
Diverse	1.5		13	Brak	-	-	11		
				Diverse			4		
Gns. DB 2 kr./ha(gns. BI)		2.781(2.1)	100			1.991	100		2.204

Planteavl m. sukkerroer/lerjord; Sædskifte ved nudrift				0-pesticid-scenarium (agronomisk optimeret)				0-pesticid-scenarium, (økonomisk optimeret)	
Afgrøde	BH	Udbytte hkg/ha	% an-del	Afgrøde	%tab	Udbytte Hkg/ha	% an-del	Afgrøde	%andel
Sukkerroer	4.3	480	23	Sukkerroer	14	413	23	Sukkerroer	0
Vinterhvede 1.års	3.2	88	8	Vårbyg	19	48	39	Vårsæd	72
Vinterhvede 2.års	3.2	78	34	Vinterhvede1.års	29	63	6	Vintersæd	0
Vårsæd	2.0	59	22	Vinterhvede2.års	27	57	21	Græs	2
Brak	-		9	Brak			9	Græsfrø	0
Diverse	1.8		4	Diverse			2	Brak	26
Gns. DB 2 kr./ha(gns. BI)		4.184(2.8)	100			302	100		2.801

Planteavl med frøgræs på lerjord; Sædskifte ved nudrift				0-pesticid-scenarium (agronomisk optimeret)				0-pesticid-scenarium, (økonomisk optimeret)	
Afgrøde	BH	Udbytte hkg/ha	% an-del	Afgrøde	%tab	Udbytte Hkg/ha	% andel	Afgrøde	%andel
Frøgræs	1.5	9.5	19	Frøgræs	50	4,8	22	Sukkerroer	0
Sukkerroer	4.3	480	6	Sukkerroer	14	413	6	Frøgræs	4
Vinterhvede 1.års	3.2	86	22	Vinterhvede	29	61	22	Vårsæd	39
Vinterhvede 2.års	3.2	76	20	Triticale	12	52	13	Vintersæd	34
Vårsæd. m. udlæg	2.0	57	11	Vårbyg m udlæg.	19	46	25	Foderafgrøder	0
Brak	-		10	Brak			10	Brak	23
Diverse	2.2		12	Diverse			2		
Gns.DB 2 kr./ha (gns. BI)		3.928(2.3)	100			1.967	100		2.822

Kvægbruger på lerjord; Sædskifte ved nudrift				0-pesticid-scenarium (agronomisk optimeret)				0-pesticid-scenarium (økonomisk optimeret)	
Afgrøde	BH	Udbytte hkg/ha	% andel	Afgrøde	%tab	Udbytte Hkg/ha	% andel	Afgrøde	% andel
Vinterhvede 1.års	3.2	75	13	Vinterhvede	29	54	17	Roer/majs	0
Vinterhvede 2.års	3.2	66	8	Vårbyg(efteraf)	19	40	17	Raps/ærter	10
Vårsæd	2.0	50	17	Helsæd	14	55	17	Vårsæd	19
Helsæd	1.0	64	17	Græs	3	66	40	Vintersæd	10
græs	0.08	68	21	Brak			6	Helsæd	27
Foderroer	4.0	120	6	Diverse			3	Brak	9
Majs	1.3	66	5					Græs	25
Brak	-		6						
Diverse	2.8		7						
Gns. DB 2 kr./ha (gns. BI)		2.217(1.7)	100			1.684	100		1.846

Planteavl på sandjord; Sædskifte ved nudrift				0-pesticid-scenarium (agronomisk optimeret)				0-pesticid-scenarium, (økonomisk optimeret)	
Afgrøde	BH	Udbytte hkg/ha	% an-del	Afgrøde	%tab	Udbytte Hkg/ha	% andel	Afgrøde	% andel
Vårraps eller	2.0	20	3	Vinterraps eller	7	22	8	Græsfrø	9
Vinterraps eller	2.5	24	4	Ærter	21	32	8	Raps/ærter	0
Ærter eller	3.3	40	5	Frøgræs	50	4	4	Vårsæd	39
Frøgræs	1.5	8	4	Vinterhvede	27	52	17	Vintersæd	20
Vinterhvede 1.år	3.6	71	16	Vårbyg	17	40	24	Foderafgrøder	3
Vinterhvede2. års	3.6	56	9	Vinterbyg eller	19	44	8	Brak	29
Rug	1.4	54	8	Vinterrug	12	48	8		
Vårsæd	1.5	49	20	Brak	-	-	13		
Vinterbyg	1.9	54	8	Diverse			10		
Brak	-		13						
Diverse	2.0	-	10						
Gns. DB 2 kr./ha (gns. BI)		2.254(2.0)	100			1.565	100		1.847

Svinebruger på sandjord; Sædskifte ved nudrift				0-pesticid-scenarium (agronomisk optimeret)				0-pesticid-scenarium, (økonomisk optimeret)	
Afgrøde	BH	Udbytte hkg/ha	% an-del	Afgrøde	%tab	Udbytte Hkg/ha	% andel	Afgrøde	% andel
Vårraps eller	2.0	19	3	Vinterraps eller	7	22	8	Specialafgrøder	5
Vinterraps eller	2.5	23	2	Ærter	21	30	9	Raps/ærter	11
Ærter eller	3.3	39	4	Græs	50	62	6	Vårsæd	45
Græs	0.08	64	5	Vinterhvede	27	50	17	Vintersæd	22
Vinterhvede 1.år	3.6	68	16	Vårbyg	17	39	21	Foderafgrøder	6
Vinterhvede2. års	3.6	53	6	Vinterbyg eller	19	41	8	Brak	11
Rug	1.4	52	6	Vinterrug	12	46	8		
Vårsæd	1.3	47	21	Brak	-	-	12		
Vinterbyg	1.9	52	12	Diverse			11		
Brak	-	-	12						
Diverse	1.0		13						
Gns. DB 2 kr./ha (gns. BI)		2.106(1.8)	100			1.646	100		1.835

Planteavler med kartofler/sandjord Sædskifte ved nudrift				0-pesticid-scenarium (agronomisk optimeret)				0pesticid-scenarium, (økonomisk optimeret)	
Afgrøde	BH	Udbytte hkg/ha	% an-del	Afgrøde	%tab	Udbytte Hkg/ha	% andel	Afgrøde	% andel
Kartofler	6.9	367	24	Kartofler	42	219	24	Kartofler	3
Ærter	3.3	35	6	Triticale/Rug	12	42	21	Vårsæd	41
Vinterhvede	3.6	63	18	Vårbyg efterafg.	17	36	40	Vintersæd	23
Vårsæd	1.3	43	31	Brak			11	Brak	32
Brak	-		11	Diverse		-	4	Diverse	1
Diverse	1.3		10						
Gns. DB 2 kr./ha (gns. BI)		3.778(3.0)	100			1.282	100		2.035

Kvægbruger/sandjord <1.4 d.e.malkekvæg pr. ha; Sædskifte ved nudrift				0-pesticid-scenarium (agronomisk optimeret)				0-pesticid-scenarium, (økonomisk optimeret)	
Afgrøde	BH	Udbytte hkg/ha	% an-del	Afgrøde	%tab	Udbytte Hkg/ha	% andel	Afgrøde	%andel
Vinterhvede 1.års	3.6	61	10	Vårbyg m.udlæg.	17	34	23	Helsæd	14
Vårsæd	1.3	41	21	Helsæd (majs)	14	51	18	Raps/ærter	8
Helsæd/majs	1.0	59	18	Græs	3	62	41	Vårsæd	32
græs	0.08	64	31	Vinterhvede	27	45	9	Vintersæd	0
Foderroer	4.1	100	6	Brak			8	Foderafgrøde	37
Brak	-		8	Diverse			1	Brak	8
Diverse	1.9		6					Diverse	1
Gns.DB 2 kr./ha (gns. BI)		2.012(1.2)	100			1.859	100		1.942

Kvægbruger/sandjord >1.4 d.e. malkekvæg pr. ha; Sædskifte ved nudrift				0-pesticid-scenarium (agronomisk optimeret)				0-pesticid-scenarium (økonomisk optimeret)	
Afgrøde	BH	Udbytte hkg/ha	% an-del	Afgrøde	%tab	Udbytte Hkg/ha	% andel	Afgrøde	%andel
Vinterhvede 1.års	3.6	62	8	Vårbyg m.udl.	17	34	12	Vårsæd	1
Vårsæd	1.3	42	11	Helsæd	14	51	28	Vintersæd	5
Helsæd/majs	1.0	60	26	Græs	3	62	56	Græs	65
græs	0.08	64	39	Brak			3	Helsæd	25
Foderroer	4.1	100	7	Diverse			1	Majs	0
Majs	1.5	62	3					Brak	4
Brak	-		3						
Diverse	3.2		3						
Gns. DB 2 kr./ha (gns. BI)		1.986(1.2)	100			1.913	100		2.257

Vårsæd der inkluderer vårbyg, vårhvede og havre er fastlagt til samme udbytte, og næsten lig udbyttet i vårbyg. Rug/triticale indgår i 0 pesticidscenarierne med en højere arealandel end den nuværende dyrkning. Det medfører, at rugen også vil blive dyrket på

"bedre" jordtyper, som har højere udbytteforudsætning end den nuværende rugdyrkning, hvor rugen ofte dyrkes på meget ringe kornjord. Det valgte rugudbytte er derfor ansat 4-5 hkg højere end i Danmarks Statistik.

For en nærmere vurdering af hvordan grovfoderproduktionen er tilvejebragt og afvejet i både nudrift og 0-scenarierne henvises til Mikkelsen *et al.* (1998).

Diskussion

I 0-pesticid-scenariet er herbicidbehandling i vid udstrækning erstattes med mekanisk ukrudtsbekæmpelse. Dette skønnes sammen med forebyggende elementer at kunne kontrollere ukrudtet acceptabelt. Det lægger dog meget strenge bånd på, hvad der kan dyrkes i de forskellige sædskifter. Bekæmpelsesniveauet vil ikke generelt kunne nå det tilsvarende niveau, som er kendt for kemisk bekæmpelse. Ukrudtsmængden i mange marker forudsiges derfor at stige, hvilket vil bidrage til afgrødetab og øgede høst- og tørringsomkostninger. Det skønnes, at ikke mindst vejret med jævne mellemrum vil give begrænsninger i forhold til, hvor godt bekæmpelsen vil lykkes, hvilket kan betyde, at visse marker og afgrøder må opgives. Den langsigtede opformering af ukrudt er heller ikke kendt i de foreslåede sædskifter. Især på visse jordtyper bl.a. lavbundsjord forudsiges der at kunne opstå væsentlige problemer. Kapaciteten af de mekaniske metoder er generelt lavere end for den kemiske bekæmpelse, hvilket også kan få betydning for bedrifts-og ejendomsstrukturen.

I scenariet uden pesticider får dyrkningen af resistente sorter stigende betydning. Selv ved valg af de mest resistente sorter vil det dog ikke være muligt at undgå angreb af sygdomme, da der ikke i det eksisterende udvalg findes sorter med god resistens over for samtlige potentielle sygdomme i f.eks. korn og kartofler. De langsigtede effekter og tab, som følge af et større smittetryk, når bekæmpelse undlades, er det ikke muligt at fastlægge ud fra de eksisterende parcelforsøg.

Tabene som følge af udsædsbårne sygdomme kan blive meget store, og for stinkbrand i hvede være helt ødelæggende for produktionen. Der findes flere beskrevne alternative metoder under udvikling til erstatning af de kemiske bejdsemidler (Nielsen *et al.,* 1998). Ingen af metoderne er dog p.t. tilstrækkeligt udviklet til at kunne erstatte de kemiske metoder. Usikkerhederne omkring tabene som følge af udsædsbårne sygdomme er baggrunden for, at man har indlagt en forudsætning om, at bekæmpelse af udsædsbårne sygdomme i de første generationer af fremavl skal sikres tilstrækkeligt ved fornødne dispensationsordninger til at tabene minimeres.

Der findes med vores nuværende viden kun meget få muligheder for at reducere angreb af skadedyr ved alternative metoder. Angreb vil med jævne mellemrum betyde væsentlige tab for afgrøden og bidrage til formindskelse af dyrkningssikkerheden. Hvert 15-20. år vil der kunne forventes meget kraftige skadedyrsangreb, som vil være signifikante i flere afgrøder, som det f.eks. var tilfældet i 1976, hvor både knoporme, bladlus m.m. gav økonomisk betydningsfulde angreb.

Dyrkning uden vækstreguleringsmidler praktiseres i vid udstrækning i dag ved valg af korte og stråstive sorter. Hvis der vælges høje og bedre konkurrerende sorter, vil der samtidig være en øget risiko for lejesæd, hvis ikke der samtidig sker en sænkning i N-niveauet (med ca. 30 kg N). En sænkning på 30 kg N vil betyde et generelt lavere udbyttepotentiale.

Der kan forudsiges betydelige årsudsving i de tab, som kan opstå, hvilket vil mindske den eksisterende dyrkningssikkerhed. Ligeledes vil der være tale om betydelige svingninger mellem de enkelte bedrifter, bl.a. afhængig af jordtype og eksisterende ukrudtsflora. Succesen af de enkelte afgrøder og sædskifter afhænger i stor udstrækning af, hvor godt den enkelte driftsleder vil kunne takle problemer med skadegørere, hvor ukrudt vurderes, som det vanskeligste problem.

Det vurderes, at de skitserede sædskifter agronomisk er mulige, om end der hersker stor usikkerhed om deres forløb. Succes betinger dog en mere langsigtet planlægning af produktionen, hvor sædskiftet i samspil med forebyggende indirekte behandlinger og direkte indsats i langt højere grad end hidtil "bekæmper" skadegørere. Driftsledelse beslutningerne vil derfor nødvendigvis være baseret på at kontrollere skadegørere frem for alene at optimere ud fra traditionelle kortsigtede økonomiske overvejelser. En omstilling der vil kræve en betydelig indsats på uddannelse og efteruddannelse.

Dyrkningssikkerheden vil i et 0-scenarium i betydelig grad afhænge af, hvor forudseende den enkelte driftsleder er, da løsningen uden pesticider beror på kulturtekniske elementer, som ofte ligger forud for problemerkendelsen. Den nuværende dyrkningssikkerhed beror i høj grad på, at pesticider kan sættes ind for at minimere skader.

Nedgangen i dækningsbidrag 2 for de agronomiske 0-scenarier svinger bedriftstyperne imellem fra 4% til 93%. Størst er nedgangen for sukkerroeavlerne, mens den er mindst for kvægbrugerne på sandjord. For planteavlere er nedgangen på 48% og 31% for henholdsvis ler- og sandjord. For de økonomisk optimerede sædskifter svinger nedgangen mellem 3% og 46%, størst for kartoffelproducenterne og mindst for kvægavlerne på sandjord. For planteavlere er nedgangen på 25% og 18% for henholdsvis ler- og sandjord.

Forsøg med 0-pesticid scenarium

Der findes kun et meget begrænset omfang af forsøg, der viser effekten af et 0-pesticid-scenarium i forhold til konventionel dyrkning under forhold, hvor der samtidig tages højde for at inddrage alternative bekæmpelsesmetoder.

I 1998 blev der opstartet 2 forsøg på 2 lokaliteter med sammenligning af sædskifter med ingen brug af pesticider vurderet i forhold til et sædskifte med anvendelse af et lavinput-niveau af pesticider (Anonym, 1998). Sædskiftet inddrager ærter, hvede (1.års), hvede (2.års) og vårbyg på lerjord, mens det på sandjord består af ærter, hvede, rug og rug. Forsøgene vil være flerårige og inddrager kulturtekniske forhold i 0-scenariet i den udstrækning, det er muligt (mekanisk ukrudtsbekæmpelse, resistente sorter, udsat såning, lavere N-niveau etc.). Ukrudtstrykket på de valgte arealer er forholdsvis begrænset.

Resultaterne fra første forsøgsår viste i gennemsnit af alle afgrøder et lavere udbytteniveau på 23 hkg/ha, hvilket efter inddragelse af variable omkostninger og afgrødeindtægter giver en mindreindtægt på i gennemsnit 1.420 kr. pr. ha. Udbyttetabene i forsøgsåret var store på grund af betydelige angreb af septoria og bladlus i hvede, bygrust i vårbyg, trips i rug og bladrandbiller og ærtevikler i ærter. Ukrudtsproblemerne vurderes ikke som specielt store i forsøgsåret. Dette 1. års forsøg siger ikke noget om hvilken opformeringsgrad, der kan forventes i forsøgene. Udbyttetabene i 1998 vurderes at ligge over et gennemsnitsår men kan være en meget god indikator for realistiske tab i et år med betydelige angreb af skadegørere. I forhold til de opstillede tab for det agronomisk opstillede 0-scenarium, hvor det samlede tab for korn ligger på i gennemsnit 23%, ligger niveauet fra Køge-Ringsted på over 30%.

DJF har i perioden 1992-96 udført 24 forsøg med pesticidfri maltbygdyrkning. I forsøgene har der ikke været foretaget justeringer i dyrkningspraksis bortset fra indførelse af mekanisk ukrudtsbekæmpelse i stedet for kemisk-bekæmpelse. Udbyttetabet i forhold til konventionel dyrkning har i gennemsnit været 11%. Hvor der har været dyrket en mere resistent sort, har udbyttenedgangen kunnet reduceres til ca. det halve (Rasmussen, 1998). Forsøgene har ikke været placeret i sædskifter med vedvarende pesticidfri dyrkning. Det kan således ikke udfra disse forsøg vurderes, om der vil være tale om en opformering af ukrudt over årene, der kan give anledning til større tab. Tabene i disse forsøg ligger 5-7% under niveauet fastsat i dette arbejde.

Konklusion

Der hersker en betydelig usikkerhed med hensyn til at fastsætte tab og realistiske sædskifter i et 0-scenarium, da der ikke findes et forsøgsmæssigt grundlag, som umiddelbart kan bruges som baggrund for en sådan vurdering. De foreslåede sædskifter og tabsstørrelser bygger derfor i vid udstrækning på skønsmæssige vurderinger og erfaringer fra forsøg med pesticider.

De opstillede sædskifter vil typisk give udbyttetab imellem 10 og 25% afhængig af afgrødesammensætningen. Der er givet et bud på, hvordan et 0-scenarium kunne være for 12 forskellige bedriftstyper på henholdsvis ler- og sandjord. Desuden er der beskrevet et økonomisk optimeret 0-scenareium, som er fastlagt udfra agronomiske restriktioner og økonomisk optimering. En forudsætning for, at et 0-pesticid-scenarium vil kunne lade sig gøre, er, at der sker en væsentlig omlægning af bedrifternes sædskifter i forhold til de eksisterende. Det er bl.a. nødvendigt med sædskifter med væsentligt mindre andel af vintersæd (max. 40% af sædskiftet) for at mindske græsukrudtsproblemerne. For at opretholde kravene til 65% grønne afgrøder, er der indlagt efterafgrøder i forbindelse med dyrkning af vårsæd. Der er desuden inddraget en lang række kulturtekniske foranstaltninger, der vil være nødvendige for at minimere problemer med skadegørere.

Der er estimeret tabsprocenter for alle afgrøder, som konsekvens af en dyrkning uden pesticider. Tabsprocenter er for de enkelte afgrøder opdelt på forskellige skadegørere. De samlede gennemsnitlige produktionsmæssige tab for forskellige afgrøder varierer mellem 7%

og 50%. I kartofler er tabene som følge af sygdomme på 38%, mens frøgræs på grund af ukrudtsproblemer og problemer med frarensning af ukrudtsfrø er vurderet til at få sit udbytte halveret. I hvede er de samlede tab estimeret til 27-29%. De mindste tab er estimeret i græs og vinterraps, som kun vil berøres meget minimalt Der kan forudsiges betydelige årssvingninger i de tab, som kan opstå, hvilket vil mindske den eksisterende dyrkningssikkerhed. Generelt hersker der betydelig usikkerheder ved estimering af tabsprocenterne i et 0-pesticidscenarium som følge af væsentlig anderledes epidemiologi og populations dynamik for skadegørerne.

Ved en eventuel udfasning af pesticider vurderes det, at der vil kunne opstå problemer med udsædsbårne sygdomme. Disse forhold er ikke behandlet i denne artikel, men er beskrevet af Nielsen *et al.* (1998).

For kvægbrugsbedrifter vil en omlægning være relativt nem og kun skabe begrænsede tab og nedgang i dækningsbidraget, mens der vil være størst tab i forbindelse med specialiserede planteavlsbedrifter, der har betydelig produktion af f.eks. frø, spisekartofler og sukkerroer. Flere af disse specialproduktioner vurderes det ikke realistisk at opretholde, hvis pesticider totalt forbydes. Forskellen i problemer med omlægning til et 0-pesticid-scenarium stemmer godt overens med, at der også p.t. er den største økologiske produktion inden for kvægbrug, mens der er færre planteavlere med specialafgrøder, der har lagt om.

Succesen af et 0-pesticid-scenarium afhænger i høj grad af, om man fortsat kan overholde gældende kvalitetskrav til f.eks. frø, læggekartofler, kartofler, o.l. For rækkeafgrøder vil det, indtil nye metoder er udviklet, være nødvendigt at foretage manuel lugning. Hvorvidt der er muligt at skaffe tilstrækkelig arbejdskraft til et sådant meget sæsonbetonet arbejde er et andet uafklaret spørgsmål. De lavere udbytter og i visse tilfælde større meromkostninger til f.eks. lugning og tørring skal vurderes i forhold til, om det vil være muligt at opnå en merpris for afgrøder, der ikke er pesticidbehandlet.

Det vurderes, at der er flere uudnyttede alternativer til kemiske bekæmpelsesmetoder, som kan forbedre dyrkningsbetingelserne i et 0-pesticid-scenarium. Større udbredelse og udvikling af mekaniske bekæmpelsesmetoder er sammen med bedre udnyttelse af sygdomsresistens blandt de mest oplagte. Sædskiftemæssige justeringer vil have stor indflydelse, når forebyggelse af skadegørere bliver vigtigere end direkte bekæmpelse. Det vurderes, at efterspørgslen efter alternative metoder i et eventuelt 0-scenarium i sig selv vil kunne virke fremmende og stimulerende for udviklingen af alternative metoder.

De samlede økonomiske konsekvenser i et 0-scenariet er vurderet af økonomi- og beskæftigelsesudvalget. Tal for de driftsøkonomiske konsekvenser er beskrevet af Ørum (1998), mens de samlede samfundsmæssige beregninger er beskrevet af Jakobsen & Frandsen (1998).

Litteratur

Anonym, 1988-96a. Regnskabsstatistik. Landbrug. 1988-96. Landboforeningernes Landsudvalg for Driftsøkonomi.

Anonym, 1993-96b. Landbrugsstatistik 1993-96. Danmark Statistik.

Anonym 1998. Pesticidfri dyrkning. Planteavlsberetning fra Køge-Ringsted Landboforening. 1998

Jakobsen, L. & Frandsen, S. 1998. Analyse af de sektor- og samfundsøkonomiske konsekvenser af en fuldstændig eller delvis afvikling af forbruget af pesticider i dansk landbrug. Rapport udarbejdet til pesticidudvalget.

Jørgensen, L. N., Hansen, L. M. & Kudsk, P. 1997. Pesticidanvendelsen i dansk landbrug 1987-1996. SP rapport nr. 11, 93-99.

Hovmøller, M.S., Eriksen, B., Østergård, H., Munk, L. & Birger Pedersen, J. 1998. Sammenskrivning af eksisterende viden om muligheder for at forebygge sygdomsangreb i landbrugsafgrøder ved brug af resistente planter. Rapport udarbejdet til Pesticidudvalget.

Kjærsgaard, J. 1996. Såtidsforsøg, Planteavls beretning. Køge-Ringsted Landboforening. 157-184.

Miljøstyrelsen 1995, 1997. Bekæmpelsesmiddelstatistik 1994. Rapport nr. 8 fra Miljøstyrelsen.

Mikkelsen, G., Sillebak-Kristensen, I., Holm, S., Jensen, P.K. & Jørgensen, L.N. 1998. Sædskiftemodeller som skal danne baggrund for vurdering af produktion og økonomi ved nuværende og ingen anvendelse af pesticider. Rapport udarbejdet til Pesticidudvalget.

Nielsen, B.J., Borgen, A., Scheel, C. & Nielsen, G.C. 1998. Vurdering af de samlede konsekvenser af en afvikling af pesticidanvendelsen: Sammenskrivning af eksisterende viden om muligheder for at forebygge og regulere problemer med frøbårne sygdomme. Rapport udarbejdet til Pesticidudvalget.

Rasmussen, K., Holst, N., & Kristensen, I.S. 1998 Ukrudt på otte økologiske kvægbrug – betydende faktorer for ukrudtets udvikling 1989-1996 15. Danske Planteværnskonference – ukrudt DJF rapport nr. 2, 203-217.

Rasmussen, I. 1998. Pesticidanvendelse betaler sig ikke altid. Jord og viden 143 (22), 4-5.

Pedersen J.B., Kristensen, H., Nielsen, G.C. & Petersen, P.H. 1998 Vintersædsafsnittet. Oversigt over Landsforsøgene. s. 84.

Thonke, K.E., Jakobsen, J. & Jørgensen, L.N. 1986. Nettomerudbytte ved pesticidanvendelse. Statens Planteavlsforsøg. Beretning S.1820.

Ørum, J.E. 1998. Driftsøkonomiske konsekvenser af en pesticidudfasning. Rapport udarbejdet til Pesticidudvalget.

Hvad skal de nye afgifter på pesticider bruges til?

What is the new pesticide tax going to be used for?

Inge Vibeke Hansen
Miljøstyrelsen
Bekæmpelsesmiddelkontoret
Strandgade 29
DK-1401 København K

Summary

During the summer of 1998 an increase in pesticide tax became reality. In the period from 1998-2003, an amount of 270 million DDK has been earmarked for projects/initiatives within the two main groups: "Promotion and maintenance of reorganisation towards organic farming" and "Intensified efforts for the aquatic environment". Approximately 50% of the money will be used to subsidise projects concerning organic farming. The rest will be shared among various projects that altogether will improve our knowledge and understanding of organic farming, problems concerning pesticides and ground water, as well as problems concerning pesticides and surface water. Furthermore, the "National Monitoring Programme" will be improved.

Indledning

I forbindelse med forhandlingerne om finansloven for 1998 indgik regeringen en aftale med SF og Enhedslisten om forhøjelse af pesticidafgiften til brug for en styrket indsats for fremme og opretholdelse af økologisk omlægning og for vandmiljøet (pesticidaftalen). Forhøjelsen svarede til en fordobling af den eksisterende afgift, og aftalen omfatter perioden 1998-2003. Formelt blev *Lov om ændring af lov om afgift af bekæmpelsesmidler* og *Lov om ændring af forskellige punktafgiftslove* (Afgiftsloven) vedtaget af Folketinget den 23. juni 1998, hvorefter den nye afgift var en realitet.

I finansloven for 1998 blev der afsat 70,0 mio. kr. til forskellige projekter og initiativer. I hvert af årene 1999 og 2000 afsættes 50,0 mio. kr. og i år 2002 og 2003 afsættes 25 mio. kr. årligt.

De enkelte initiativer

Allerede i pesticidaftalen blev både overskrifterne til de enkelte projekter og initiativer, og fordelingen af midler mellem initiativerne lagt fast. Indsatsen er delt i to hovedgrupper,

"Fremme og opretholdelse af økologisk omlægning" som hovedsageligt dækker tilskud til forskellige økologiske tiltag, og "Styrket indsats for vandmiljøet" som hovedsageligt udgøres af en række forsknings- og udviklingsprojekter. Indenfor hvert hovedområde er der en række projekter og initiativer, hvor overskrifterne er angivet med kursiv nedenfor. Der er desuden angivet en meget kort beskrivelse af, hvad projektet eller initiativet omfatter, efterfulgt af en kort status og en angivelse af hvilken institution, som er ansvarlig for projektet/initiativet. Fordelingen af penge mellem projekterne kan ses i tabellen.

Fremme og opretholdelse af økologisk omlægning

Opdatering af nuværende arealtilskud, tilskud til arealer uden for omdrift og indførelse af tilskud til frugt- og bæravl

På grundlag af undersøgelser af jordbrugernes indkomsttab ved omlægning til økologisk drift gennemføres en opdatering af de nuværende arealtilskud. Der tages bl.a. hensyn til ændringer i hektarstøtteprovenu på grund af ændret sædskifte ved omlægning til økologisk drift, så dette i højere grad kan indgå i fastlæggelsen af økologiske arealtilskud.

Med henblik på at skabe et yderligere miljøforbedrende bidrag bl.a. øget kvælstoftilbage-holdelse, indføres tilskud til vedvarende græsarealer under økologitilskudsordningen.

Begge disse tiltag er allerede sat i værk af Strukturdirektoratet, med virkning fra 1. januar 1999.

Der ydes desuden tilskud på projektbasis med henblik på at afklare mulighederne for at fremme økologisk frugt- og bærproduktion. Strukturdirektoratet forventer, at dette træder i kraft i løbet af 1999.

Initiativer, som øger og fastholder økologisk omlægning

Der ydes tilskud til initiativer, der skal medvirke til at øge og fastholde økologisk omlægning, herunder tilskud til etablering af et Økologiens Hus og til konkrete projektaktiviteter vedrørende huset. Bevillingerne administreres af Strukturdirektoratet.

Økologisk såsæd

Der iværksættes et forsknings- og udviklingsprogram om frembringelse af nye økologiske sorter, samt en undersøgelse af behovet for at etablere en statslig forsøgsstation. Programmet administreres af Plantedirektoratet.

Fremme af økologisk planteværn baseret på naturens egne forsvarsmekanismer

Der iværksættes et forskningsprogram til fremme af naturens egne forsvarsmekanismer med fokus på at udnytte planternes og afgrødernes naturlige egenskaber. Disse egenskaber udvikles gennem forædling, og der udvikles driftsmetoder, som fremmer de naturlige forsvarsmekanismer uden anvendelse af genetisk modificering. Programmet administreres af Plantedirektoratet.

Scenarier vedrørende økologi

Miljø- og energiministeren nedsatte i 1997 "Udvalget til vurdering af de samlede konsekvenser ved en afvikling af pesticidanvendelsen" (Bichel-udvalget). Udvalget arbejder med forskellige scenarier for afvikling af pesticidforbruget. Der iværksættes yderligere et scenarium, hvor de samlede konsekvenser af en total omlægning til økologisk jordbrug vurderes. Projektet administreres af Miljøstyrelsen og nærmer sig sin afslutning.

Styrket indsats for vandmiljøet

Konsekvensvurdering af pesticidforurening for vandværkerne

Der foretages en udredning af forhold, der kan belyse og fremskrive eventuelle problemer med allerede nedsivende pesticider og nedbrydningsprodukter. Den opnåede viden anvendes til at yde kvalificeret rådgivning til små og mindre vandforsyninger om, hvor længe problemerne vil forekomme, og om hvordan eventuelle forsyningsproblemer afhjælpes. Projektet administreres af Miljøstyrelsen og udbydes i EU-licitation i starten af 1999.

Viden om udenlandske fund af pesticider i grundvandet

Der foretages en styrkelse af arbejdet med at følge op på udenlandske rapporteringer af pesticidfund.

Projektet forestås af GEUS og er allerede i gang.

Monitering af overfladevand, regnvand og luft

Projektområdet dækker over en række forskellige aktiviteter, som udgør forarbejdet til, at man ved næste revision af Det Nationale Overvågningsprogram (NOVA) kan vurdere om - og i givet fald hvordan monitering af overfladevand, regnvand og luft for pesticider skal medtages i programmet.

Aktiviteterne omfatter bl.a. udvikling af analysemetoder og præstationsprøvninger for de pesticider, hvor dette endnu ikke er på plads. Projektet er blevet planlagt, og de praktiske prøvninger starter i foråret 1999.

Der indgår desuden målinger og beskrivelser af forskellige spredningsruter og målinger af effekter af pesticider. Disse målinger foretages i tæt samarbejde med et andet projekt, som er iværksat under Miljøstyrelsens Bekæmpelsesmiddelforskningsprogram. Projekterne supplerer hinanden, så der ved hjælp af resultaterne fra alle delprojekterne kan udvikles en computerbaseret model til beskrivelse og kvantificering af spredningen af pesticider til overfladevand. Danmarks Miljøundersøgelser koordinerer projektet. Der er foretaget en detaljeret planlægning af de forskellige projekter, og prøvetagning og analyser starter i foråret 1999.

Overvågning af vandmiljøet for hjælpestoffer

Grundvandsovervågningsprogrammet (GRUMO) udvides til også at omfatte hjælpestoffer. Der er behov for udvikling og afprøvning af analysemetoder og for at kortlægge forekomsten

af hjælpestoffer. Danmarks Miljøundersøgelser koordinerer projektet, som af praktiske årsager er blevet slået sammen med projektet ovenfor. Det gælder således også for dette projekt, at planerne er færdige, og de praktiske prøvninger startes op i foråret 1999.

Varslingssystem for udvaskning til grundvandet

Der etableres et varslingssystem, der undersøger og moniterer ungt grundvand udtaget under rodzonen, og som vil gøre det muligt hurtigt at kunne vurdere og eventuelt fjerne godkendte pesticider, som ved regelret brug under danske forhold viser sig at kunne udvaskes til grundvandet. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelser (GEUS) koordinerer projektet.

Planlægningen er færdig, og den praktiske del af projektet startes i foråret 1999.

Tabel 1. Den årlige fordeling af midler mellem de forskellige projekter. Tallene er angivet i mio. kr. Distribution of money among the projects. Numbers are in millions of DKK.

A. Fremme og opretholdelse af økologisk omlægning excl. administration "Promotion and maintenance of reorganisation towards organic farming"	**1998**	**1999**	**2000**	**2001**	**2002**	**2003**
Opdatering af tilskud, tilskud til arealer uden for omdrift og indførelse af tilskud til frugt- og bæravl	23,8	23,8	23,8	23,8	23,8	23,8
Initiativer som øger og fastholder økologisk omlægning	9,0	2,0	2,0	2,0	-	-
Økologisk såsæd	0,9	-	-	-	-	-
Fremme af økologisk planteværn	5,8	4,0	4,0	4,0	-	-
Scenarier vedrørende økologi	1,7	-	-	-	-	-
B. Styrket indsats for vandmiljøet excl. administration "Intensified efforts for the aquatic environment"						
Konsekvensvurderinger, vandværker	1,9	1,5	0,5	0,5	-	-
Udenlandske fund af pesticider	2,0	1,0	1,0	1,0	-	-
Monitering af overfladevand m.v.	6,5	4,6	5,5	5,4	-	-
Overvågning, hjælpestoffer	0,8	0,8	0,8	0,8	-	-
Varslingssystem for udvaskning	13,6	9,5	9,6	9,5	-	-
C. Administrative merudgifter Administration						
Strukturdirektoratet	1,5	1,7	1,7	1,7	1,2	1,2
Plantedirektoratet	1,0	-	-	-	-	-
Miljøstyrelsen	1,5	1,1	1,1	1,3	-	-
I alt	**70,0**	**50,0**	**50,0**	**50,0**	**25,0**	**25,0**

Hvad får vi for pengene?

Som det fremgår af ovenstående tabel, er det udelukkende tilskudsordningerne og administrationen af dem, som strækker sig over hele den seksårige periode. Tilskudsordningerne udgør godt halvdelen af det samlede budget og vejer således tungt i regnskabet. De øvrige økologiske tiltag er forsknings- eller udredningsopgaver, hvor det må forventes, at brugbare resultater først forligger ved afslutningen af projekterne.

Alle projekterne i aftalens anden halvdel, som er rettet mod en styrket indsats for vandmiljøet, er af forsknings- eller udviklingsmæssig karakter. Når projekterne er afsluttede, vil vi have en betydelig større viden om nedsivning af pesticider og nedbrydningsprodukter til ungt grundvand. Den opnåede viden vil være rettet direkte mod at afhjælpe problemerne i praksis. Dels som praktisk rådgivning til vandværkerne, og dels som supplement til den eksisterende godkendelsesordning for pesticiderne.

Det Nationale Overvågningsprogram vil også være styrket. De manglende præstationsprøvninger, analysemetoder og prøvetagningsmetoder vil være på plads, både for grundvand og for overfladevand. Hvis det viser sig muligt og relevant at inddrage monitering af regnvand og luft i overvågningsprogrammet, vil der ligge forslag til, hvordan det skal gøres.

Derudover vil vi vide mere om forskellige spredningsvejes betydning for forekomst af pesticider i overfladevand, og om effekterne heraf. Denne viden skal anvendes i forbindelse med godkendelsesordningen for pesticider.

Sammendrag

I sommeren 1998 blev det en realitet, at pesticidafgiften blev forhøjet. I årene 1998-2003 er der således afsat 270 mio. kr. til projekter/initiativer indenfor de to hovedområder: "Fremme og opretholdelse af økologisk omlægning" og "Styrket indsats for vandmiljøet". Godt halvdelen af pengene anvendes til økologitilskud. De resterende penge er fordelt på en række forsknings- og udredningsprojekter, som sammenlagt skal styrke den eksisterende viden indenfor økologisk dyrkning, problematikken om pesticider og grundvand og problematikken om pesticider og overfladevand. Desuden bliver Det Nationale Overvågningsprogram styrket.

Pesticidpunktkilder og spredning af pesticider fra en nedlagt vaske/fyldeplads

Pesticide point sources and dispersion of pesticides from a site previously used for handling of pesticides

Niels Henrik Spliid og Arne Helweg
Danmarks JordbrugsForskning
Afdeling for Plantebeskyttelse
Forskningscenter Flakkebjerg
DK-4200 Slagelse

Walter Brüsch og Ole Stig Jacobsen
Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse
Thoravej 8
DK-2400 København NV

Steve Ulf Hansen
Carl Bro A/S
Vesterballevej 4-6
DK-7000 Fredericia

Summary

The purpose of the project was to elucidate the previous ways of removal of pesticides and to identify a pesticide point source and to determine the spreading from this.

Previous ways of removal was elucidated by a questionnaire to 5 groups of farmers and 2 groups of fruit-growers after their participation in a talk about fate of pesticides in the environment. 276 questionnaires were distributed and 185 were filled in.

Most important pesticide remnants came from "small residues in cans, cleaning in pesticide stocks, residues after deal in real estate and changed crop growth". Disposal of pesticides has previously been done by burying, deposition in marl pits and waste disposal sites. Most of the participants had only disposed of empty cans and bags, but about 25% had disposed of 1 to 10 kg of pesticides. The questionnaire thus supported that there is a need to dispose of pesticide residues, and that this disposal of pesticides previously has been done by burying or by delivery on waste disposal sites. It is estimated, that in Denmark about 750 machine pools and 45 000 farmers have sprayers in 1998.

To elucidate the spreading of pesticides from a point source, a site used for filling and

washing of sprayers at a machine pool from 1950 to 1981 was selected.

The filling site is situated on a plain area with marine sediments and 3 to 4 meters below surface sediments from the quaternary period. Calcareous deposits 20 to 50 m below surface. Direction of water flow is NW in deep groundwater layers but more complicated near soil surface.

High concentrations were found for dichlorprop, mecoprop, diuron, bentazone, chloridazon, atrazine and 2-hydroxyatrazine.

The distribution of pesticides from the point source tends to go both towards north and south up to 60 meter from the source towards the two creeks that drain the area, while eastern and western distribution was minimal. Largest transport seems to be found for mecoprop and dichlorprop which were found both south and north of the source. Also chloridazon and bentazon, which seem to come from the point source were found in wells south of the point source. Phenoxyherbicides were also found in a sampling well about 145 meter south of the point source, which may be the origin.

Indledning

Indtil 1970erne var det almindelig anerkendt praksis, at rester af sprøjtemidler, der ikke kunne udsprøjtes, måtte bortskaffes ved nedgravning. Det daværende Landbrugsministeriets Giftnævn anbefalede, at større mængder af bekæmpelsesmiddelrester blev nedgravet på losseplads efter indhentet tilladelse hos embedslægen, mens rester op til 1 kg kunne nedgraves i 3 fulde spadestiks dybde (1/2 m), hvor det ikke kunne tænkes, at andre ville komme og grave "i den nærmeste fremtid." (Landbrugsministeriets Giftnævn, 1966). I starten af 1970'erne blev mulighederne for bortskaffelse forbedret ved etablering af kontrollerede lossepladser og ved oprettelsen af bortskaffelsesvirksomheden "Kommunekemi". Samtidig blev kravene til bortskaffelse ændret, så de nye bortskaffelsesmuligheder skulle benyttes, mens det ikke længere var tilladt at skaffe sig af med bekæmpelsesmiddelrester og -emballage ved nedgravning.

Omkring 1990 startede en systematisk overvågning af det danske grundvand, hvor der blandt andet blev iværksat et analyseprogram for pesticider. Da resultaterne af disse analyser viste, at der var pesticider i en række boringer (Brüsch, 1998), hvoraf en mindre del overskred grænseværdien på 0,1 µg/L væsentligt, blev tidligere tiders måde at skaffe sig af med pesticider på revurderet, og der blev fremsat hypoteser om, at nogle af de fund af pesticider i grundvand, der blev gjort, kunne stamme fra nedgravet pesticidaffald.

En anden omgang med pesticider, der har vakt stigende bekymring, er det spild, der har fundet sted i forbindelse med fyldning, tømning og vask af sprøjtemateriel. Rapporter har beskrevet, at der under vaskepladser kan forekomme endog meget høje koncentrationer af pesticider i jord og grundvand (Jørgensen *et al.* subm.).

Denne artikel refererer et punktkildeprojekt, der ved mindre spørgeskemaundersøgelser har forsøgt at belyse, i hvilket omfang nedgravning af pesticidaffald har fundet sted, og hvordan man i øvrigt tidligere har skaffet sig af med tom emballage og sprøjtemiddelrester.

Desuden er forureningsfanens udbredelse fra en tidligere fyldeplads blevet undersøgt. Hele undersøgelsen er beskrevet detaljeret i rapporten Helweg *et al.*, 1999.

Metodebeskrivelse

Spørgeskemaundersøgelsen

Der blev udarbejdet et spørgeskema til at afklare i hvilken udstrækning, brugerne af pesticider tidligere har bortskaffet rester og tom emballage ved nedgravning eller deponering på losseplads. For at sikre, at udfyldelsen skete under de samme vilkår, skulle alle spørgeskemaer udleveres og besvares efter, at brugere havde fået forklaret, hvad hele problemet drejede sig om, og hvad resultaterne skulle bruges til. Alle spørgeskemaer er derfor udleveret og udfyldt i forbindelse med foredrag afholdt af Arne Helweg i 1996 og 1997.

Undersøgelsen er ikke så omfattende, at den kan give et statistisk sikkert billede af problemet. Kun 276 skemaer er udleveret, og 185 er returneret i udfyldt stand. Det blev imidlertid vægtet højt, at alle, der besvarede skemaerne, havde de samme grundlæggende informationer gennem et foredrag. Resultaterne skal derfor ses som en strømpil, der kan illustrere, hvordan der kan opstå rester af pesticider, og hvordan et udsnit af landmænd og gartnere mener, at man gennem tiden har skaffet sig af med disse rester.

Forureningsundersøgelsen

Udvælgelse af egnet punktkilde

Ud fra en gennemgang af kendte pesticidpunktkilder blev det besluttet at undersøge forureningens udbredelse fra en punktkilde i Allingåbro, da der her var kendskab til geologi og hydrologi i området. Forudgående undersøgelser havde givet et vist kendskab til forureningskilden. Der var tale om et iltfrit (anaerobt) magasin, og forureningerne var velegnede til videre undersøgelser.

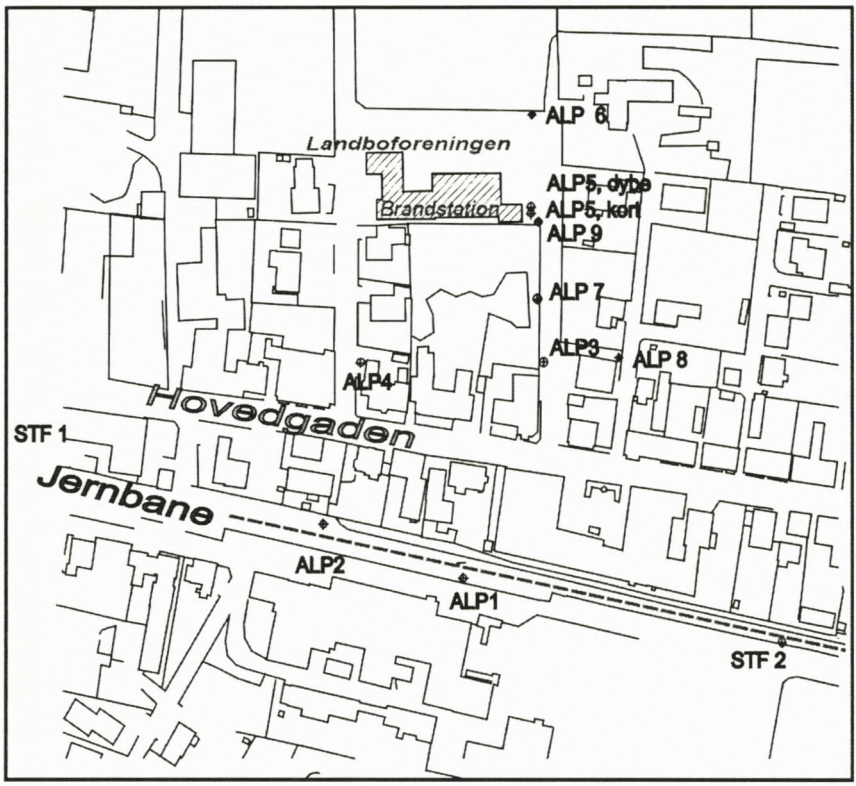
Beskrivelse af områdets anvendelse

Punktkildens beliggenhed i Allingåbro ses på figur 1.

Området har fra 1950 til ca. 1980 været anvendt dels til maskinstation med sprøjtevirksomhed, dels som udleveringssted for pesticider (A/S Samfundsteknik, 1996).

Kronologisk gennemgang af området: 1950: Start af sprøjtevirksomhed, samt opbevaring og udlevering af kemikalier. Mindre forbrug af sprøjtemidler. 1960: Maksimalt forbrug af sprøjtemidler. 1967 – 1969: Opførelse af maskinhal og garage. 1972: Brug af sprøjtemidler aftager, fordi foderstofforretningerne starter salg af midlerne. 1978: På grund af gener i forbindelse med nedsivning af kemikalier ved rengøring af sprøjtebeholdere opføres en vaskehal med cementeret bund. I vaskehallen etableres en brønd med automatisk sugepumpe, hvor der transporteres spildevand i 3 x 1200 l kemikaliefaste lagertanke, der placeres inde i hallen. 1980/-82 Sprøjtevirksomheden nedlægges. 1994: Undersøgelse for at vurdere jordforurening på vaskepladsen. Prøver udtaget i 0,5 til 0,7 m's dybde. Jordprøverne analyseret for de 8 GRUMO-stoffer. Der blev kun påvist spor af dinoseb i en af prøverne,

ingen andre pesticider påvist i jordprøverne. 1995: Vandprøve fra 10 meter dyb boring (DGU nr. 69.520) analyseret for de 8 pesticider, atrazin 3 µg/L, dichlorprop 40 µg/L, mechlorprop 12 µg/L og simazin 1 µg/L blev påvist.



Figur 1. Allingåbro med placering af boringer i forhold til Landboforeningen. Punktkilden ligger ved ALP 5 og 9. Location of investigation wells in Allingåbro. Point source at ALP 5 and 9.

De potentielle kilder til forureningen er: spild under påfyldning, udtømning af mindre rester opblandet sprøjtevæske, afvaskning af sprøjter og traktorer og indvendig skylning af sprøjter. En del af rengøringen foregik dog i marken eller hos de landmænd, som kørte med sprøjterne.

Aktiviteterne på pladsen har omfattet håndtering af diverse pesticider anvendt i jordbruget til behandling af afgrøder, plantager og gårdspladser i denne periode.

Afstand fra kilden til boring ALP 7, 3, 8, 6, 4 og 1 er henholdsvis ca. 30, 60, 70, 40, 90 og 145 m.

Topografi

Allingåbro er beliggende ca. 15 km øst for Randers. Randers Fjord når - i form af Grund Fjord - næsten ind til Allingåbro fra vest. Landskabet omkring Allingåbro er kendetegnet ved et kuperet istidslandskab omgivet af den flade stenalderhavbund. Medens stenalderfladen når højder på op til ca. 5 meter, så har de omkringliggende bakker stedvist højder på 60-80 meter over havet (ved Lundby, 2,5 km syd for Allingåbro). Området afvandes af Hejbækken nord for Allingåbro samt Alling Å og Tøjstrup Bæk syd for Allingåbro.

Allingåbros vestlige halvdel er beliggende på stenalderfladen omkring kote 1-2, mens terrænet østover stiger til omkring kote 15-20 i byens østlige udkant. Grænsen mellem istidslandskabet og stenalderhavets flade danner i byens sydlige halvdel en markant skrænt, som nordover bliver mindre markeret. Der er ingen vandløb i bakkedraget og heller ingen erosionsdale, som kunne tyde på tidligere vandløbserosion.

Analysemetoder

Den anvendte analysemetode til bestemmelse af pesticider er beskrevet i Spliid *et al.*, 1998.

Resultater og diskussion

Spørgeskemaundersøgelsen

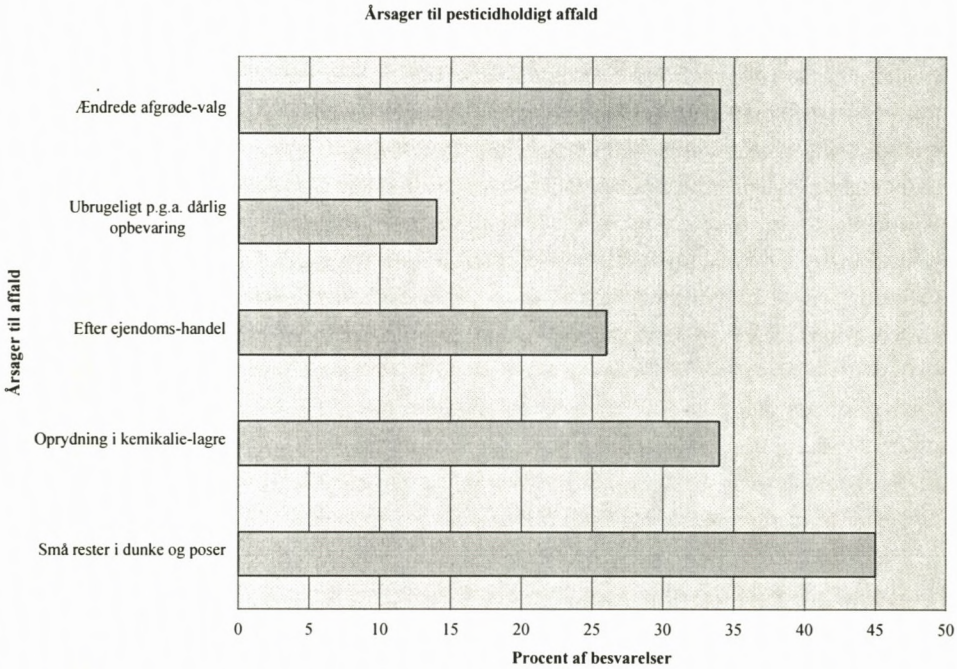
Spørgeskemaet blev benyttet 7 forskellige steder i Danmark og for forskellige faggrupper inden for jordbruget; landmænd, frøavlere og frugtavlere. Ved de pågældende 7 møder er der i alt uddelt 276 spørgeskemaer. Der var generelt en positiv holdning til skemaerne, når der ses bort fra enkelte, som følte sig provokerede af spørgsmålene. Når der er en del deltagere, som ikke har afleveret skemaet, så kan det være f.eks. elever, eller andre som ikke vurderede, at de havde oplysninger, som kunne bruges.

Hvordan opstår der rester af pesticider

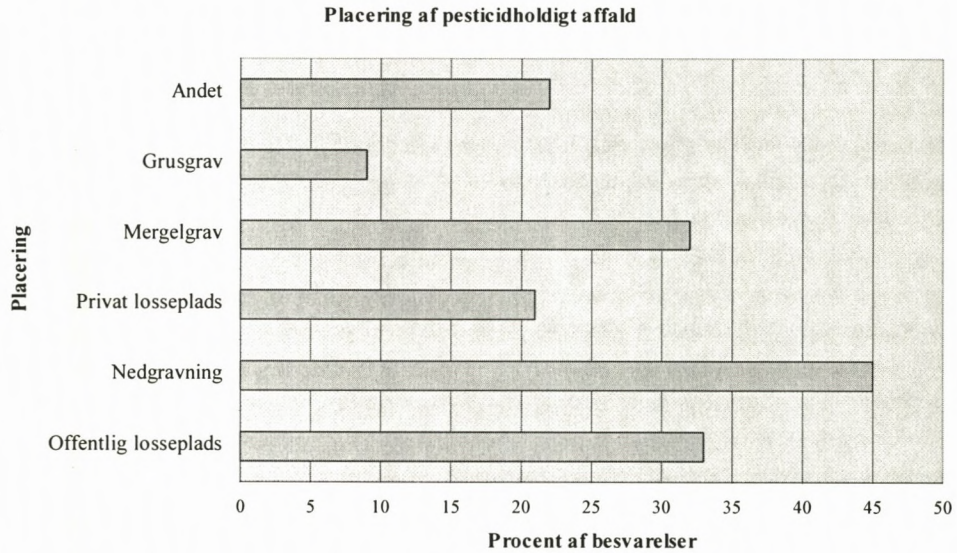
Oplysninger om hvordan, der kan opstå rester af pesticider, er søgt belyst i figur 2. Generelt synes der oftest at være tale om, at beholderne med pesticider ikke bliver helt tømte, markeret ved "små rester i dunke og poser". Dette vil typisk være materiale, som i dag bliver destrueret ved afbrænding på Kommunekemi, men som tidligere blev bragt på losseplads eller gravet ned. Der synes dog også at være problemer med pesticidrester efter oprydning i kemikalielagre og efter ejendomshandler. Yderligere kan ændring af afgrødevalg medføre, at der bliver pesticidrester til overs. Det synes at være et mindre problem, at pesticider bliver ødelagt som følge af dårlige opbevaringsforhold.

Hvordan skaffede man sig tidligere af med rester af pesticider?

For at danne sig et billede af, hvordan man tidligere har skaffet sig af med de rester af pesticider, som tilsyneladende opstår ved anvendelsen, ønskede vi at få defineret de tidligere benyttede metoder til at bortskaffe pesticider mere præcist



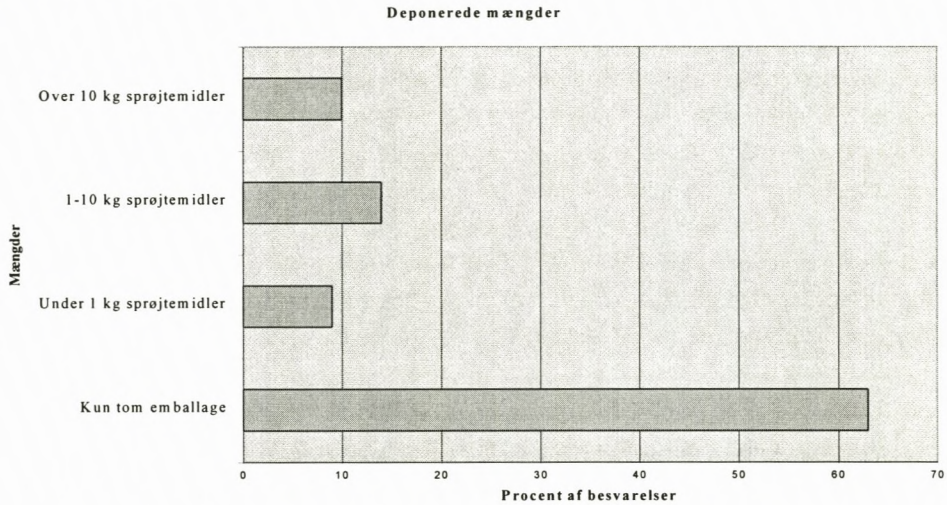
Figur 2. Hvordan opstår der rester af pesticider? What is the main reason for pesticide residues to arise?



Figur 3. Hvordan skaffede man sig før 1974 af med rester af pesticider? How did farmers dispose of pesticide residues before 1974?

Figur 3 viser, hvordan spørgeskemaundersøgelsen faldt ud. Det ser ud til, at der har været en omfattende bortskaffelse af pesticidrester ved nedgravning og ved deponering i mergelgrave.

Disse to bortskaffelsesmetoder kan eventuelt spille en rolle som kilder til forurening af overfladevand og grundvand. De offentlige og private lossepladser menes dog også benyttet, og i en vis udstrækning er grusgrave, som vel kan sidestilles med private lossepladser, benyttet. Andet dækker f.eks. afbrænding.



Figur 4. Hvor store mængder pesticid har de, som bruger pesticider, skaffet sig af med? How much pesticide have the users disposed of?

Bortskaffelse af eget pesticidaffald

Billedet af, hvor meget pesticidaffald den enkelte landmand selv har bortskaffet, kan give et indtryk af potentialet for forurening fra punktkilder med pesticider. Den måde spørgeskemaet er udformet på afslører ikke, hvordan den enkelte landmand har bortskaffet sit affald. Oplysningerne i denne tabel skal altså blot bruges til at få et overblik over affaldsproblemets omfang.

Figur 4 viser, at de fleste har svaret, at de kun har bortskaffet tom emballage. Der er dog over 10%, der har bortskaffet over 1 kg sprøjtemiddel, og andre over 10% har bortskaffet over 10 kg sprøjtemiddel. Bortskaffelsen kan være sket enten ved nedgravning, deponering på losseplads eller ved aflevering til Kommunekemi.

Forureningsfanens udbredelse fra punktkilden

Der indgår i alt 10 boringer i undersøgelsen. Boringerne er benævnt ALP 1-9 (ALP=Allingåbro Punktkilde) samt SFT 2 (SFT=Samfundsteknik) med filtersætninger i flere dybder og kan rubriceres i tre kategorier: Boring ALP 5 og ALP 9 er placeret direkte, hvor det er oplyst, at håndtering af pesticidkemikalierne har fundet sted, og hvor de største

koncentrationer i vandet må forventes. Boring ALP 1 og ALP 2 samt SFT 2 er placeret ved jernbanen. De øvrige boringer er placeret rundt om punktkilden: Boring ALP 6 40 meter nord for kilden, boring ALP 7 30 meter syd for kilden, boring 3 60 meter syd for kilden, boring ALP 8 70 meter sydøst for kilden og boring ALP 4 90 meter sydvest for kilden. Boringernes placering i byen er vist i figur 1.

Der blev udtaget vandprøver til pesticidanalyse i tre omgange. I første runde blev der udtaget 6 prøver i marts 1997. Anden udtagning omfattede 15 prøver, der blev udtaget i august 1997. Sidste prøvetagning blev foretaget i december 1997 og omfattede i alt 23 prøver.

Pesticidanalyserne er foretaget med DMU's multimetode for 44 pesticider og nedbrydningsprodukter. Der blev i alt påvist 17 pesticider og nedbrydningsprodukter. Udover disse fund har der været sporadiske fund af andre komponenter. Disse enkeltstående forekomster har imidlertid ikke betydning for belysning af formålet med denne undersøgelse og er ikke medtaget i vurderingen.

I nedenstående skema er det for de væsentlige pesticider, der er påvist, gennemgået, hvornår stoffet blev introduceret i Danmark, den mængdemæssige anvendelse af stoffet indtil 1993, hvilket nummer det har på listen over mest anvendte pesticider, og endelig hvilken anvendelse stoffet har haft. Nogle stoffer; benazolin, bentazon, chloridazon og isoproturon har udelukkende haft landbrugsmæssig anvendelse. Andre stoffer; mechlorprop og dichlorprop har primært haft landbrugsmæssig anvendelse men har også været brugt i private haver, på sportspladser og andre steder i bymæssige områder. Atrazin, simazin, terbuthylazin, der alle tilhører triazin-gruppen samt diuron og hexazinon har været anvendt i landbrug, frugtavl og skovbrug, men også som ukrudtsmiddel på pladser, fortove og ikke mindst på jernbanestrækninger.

Tabel 1. Påviste pesticiders anvendelse. Use of detected pesticides.

Pesticid	Første anvendelse	Antal tons indtil 1993	Nr.	Anvendelse
Benazolin	1969	181	80	I kombination med andre midler bekæmpelse af ukrudt i vintersæd og raps.
Bentazon	1974	673	41	Alene eller i kombination med andre midler bekæmpelse af ukrudt i korn, ærter og frøafgrøder.
Chloridazon	1964	1.219	27	Bekæmpelse af ukrudt i bederoer og rødbeder.
Isoproturon	1976	1.336	24	Bekæmpelse af ukrudt i vårbyg og vintersæd.
Mechlorprop	1959	8.145	6	Bekæmpelse af ukrudt i vårsæd og vintersæd og i græsplæner.
Dichlorprop	1963	28.843	1	Bekæmpelse af ukrudt i vårsæd og i græsplæner
Atrazin	1960	1.312	25	Bekæmpelse af ukrudt i majs, i skovbruget samt på udyrkede arealer.
Simazin	1957	957	34	Bekæmpelse af ukrudt i frugtplantager, i skovbruget samt på udyrkede arealer.
Terbuthylazin	1973	157	86	Bekæmpelse af ukrudt i majs, i frugtplantager, i skovbruget samt på udyrkede arealer.
Diuron	1959	350	59	Bekæmpelse af ukrudt under frugttræer og buske, i planteskoler og under nåletræer samt på udyrkede arealer.
Hexazinon	1978	135	90	Bekæmpelse af ukrudt i skove og på udyrkede arealer.

Selve punktkilden

Både boring ALP 5 og ALP 9 ligger lige ved punktkilden (se figur 1). De stoffer, der er fundet i boringerne (se tabel 2), er såvel landbrugskemikalier, f.eks. bentazon og isoproturon som stoffer, der både bruges i landbruget og som totalukrudtsmidler.

I boring ALP 5 er der påvist atrazin, 2-hydroxyatrazin, chloridazon, diuron, 2-hydroxyterbuthylazin, bentazon, dichlorprop og mechlorprop i koncentrationer over 1 µg/L.

Det øverste filter, der ligger 4 meter under terræn er mest belastet, men filter 5.2, der ligger 9 meter under terræn, indeholder 2-hydroxyatrazin og chloridazon over 1 µg/L, mens 5 andre komponenter er til stede i koncentrationer over 0,1 µg/L. Filter 5.3, der er sat 12 meter under terræn i ler, indeholder kun 2-hydroxyatrazin i en målt koncentration på 0,04 µg/L.

Tabel 2. Pesticidforekomst i filtre under kilden. Pesticide occurrence in screens below the point source.

	Dato #)	ALP 5.1	ALP 5.2	ALP 5.3	ALP 9.1	ALP 9.2	ALP 9.3	ALP 9.4	ALP 9.5	ALP 9.6	ALP 9.8
Meter under terræn		3.99	9.13	12.21	1.81	2.41	3.02	3.80	4.20	4.79	5.84
Atrazin	2)	1,5		n.d							
	3)	>2!	0,61	n.d	n.d	1,4!	n.d	>2!	>2!	0,1	0,19!
2-hydroxy-atrazin	2)	4,5		n.d							
	3)	>2!	>2!	0,043	n.d	>2!	n.d	>2!	>2!	>2!	1,1!
Desethylatrazin	2)	0,036		n.d							
	3)	n.d.	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Desisopropyl-atrazin	2)	0,031		n.d							
	3)	n.d.	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Chloridazon	2)	2,1		n.d							
	3)	>2!	>2!	n.d	n.d	7,4!	1,3!	>2!	>2!	0,8!	0,15!
Diuron	2)	3,6		n.d							0,015
	3)	>2!	0,236	n.d	n.d	1,4!	n.d	0,24!	>2!	0,74!	7
Isoproturon	2)	0,32		n.d							
	3)	n.d.	n.d	n.d	0,163	0,15	0,212	0,18!	0,12!	0,11	n.d
Simazin	2)	0,5		n.d							
	3)	0,14!	0,112	n.d	n.d	n.d	n.d	1!	0,76!	0,38!	0,107
Desethyl-terbuthylazin	2)	0,016	n.d	n.d							
	3)	n.d.	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
2-hydroxy-terbuthylazin	2)	2,9		n.d							
	3)	n.d.	0,291	n.d	>2!	n.d	n.d	1,4!	1,1!	0,8!	0,13!
Terbuthylazin	2)	0,36		n.d							
	3)	0,25!	0,025	n.d	n.d	0,46!	n.d	0,3!	0,23!	0,19!	0,2!
Triadimenol	2)	0,2		n.d							
	3)	n.d.	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Benazolin	2)	0,62		n.d							
	3)	n.d.	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Bentazon	2)	0,47		n.d							
	3)	>2!	0,102	n.d	0,229	0,2	0,32!	0,23!	0,23!	0,23!	0,105
Dichlorprop	2)	7,3		n.d							
	3)	>2!	n.d	n.d	n.d	>2!	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Mechlorprop	2)	7,9		n.d							
	3)	>2!	n.d	n.d	>2!	>2!	>2!	>2!	>2!	n.d	>2!

Alle resultater i µg/L. !: Usikkerheden på bestemmelsen større end normalt (Spliid *et al.*, 1998). *): Tallet henviser til prøveudtagningsdatoen, 2): 21.08.97, 3): 8-9.12.97.

I boring ALP 9 er der målt på 7 filtre fra 1,8 til 5,8 meter under terræn. Det øverste filter er mindst forurenet, hvilket kan skyldes, at stofferne i den lange årrække, der er gået siden de blev tilført, er blevet nedvasket og desuden omsat i de øverste jordlag. De øvrige filtre er alle belastede, idet der dog for flere af stofferne kan ses et aftagende indhold med dybden. Det er overraskende, at hydroxyatrazin og hydroxyterbuthylazin er til stede i langt højere koncentrationer end de øvrige triazin-nedbrydningsprodukter. Det adskiller sig fra det billede, der ses i andre undersøgelser af pesticidforekomst i grundvand.

Pesticider omkring punktkilden

Tabel 3 viser, at i boring ALP 6, der ligger 40 meter nord for punktkilden, er der små koncentrationer af phenoxysyrer i det øverste filter (6.1), mens det dybestliggende filter er stærkt belastet med phenoxysyrer samt spor af 2-hydroxyatrazin. Det må tolkes, at dichlorprop og mechlorprop er trængt ned ved kilden og ud i magasinet og har nået boring ALP 6.

Boring ALP 8.1, der ligger 70 meter sydøst for kilden, indeholder kun lave koncentrationer af atrazin, 2-hydroxyatrazin, simazin samt dichlorprop. Disse stoffer har været almindeligt benyttet i bymæssige områder og kan ikke direkte henføres til punktkilden. Den højeste koncentration af dichlorprop i boringen er påvist i det dybest liggende filter. Der kan være tale om påvirkning fra punktkilden. Andre pesticider er ikke påvist i det nederste filter.

Boring ALP 7 er sat med 3 filtre og ligger 30 meter syd for punktkilden. Mechlorprop og dichlorprop forekommer i alle tre filtre i høje koncentrationer. Benazolin forekommer ligeledes i alle tre filtre, mens bentazon og chloridazon er til stede i de to øverste filtre, i filter 7.2 i højeste koncentrationer. Triadimenol, der ikke vurderes at være særligt mobilt, er fundet i filter 7.1. 2-hydroxyatrazin er til stede i alle tre filterdybder, mens atrazin forekommer i 7.1 og 7.2. Desethyl- og desisopropylatrazin er ikke påvist i disse filtre. Simazin er til stede i høj koncentration (0,5 µg/L) i 7.1, men ikke påvist i de dybereliggende filtre. Endelig er der fundet små indhold af terbuthylazin i filter 7.1 og 2-hydroxyterbuthylazin i filter 7.1 og 7.2.

Boring ALP 3 ligger 60 meter syd for punktkilden i dobbelt afstand til punktkilden i forhold til boring 7. Det dybestliggende filter indeholder kun små indhold af diuron og mechlorprop. Mechlorprop og dichlorprop forekommer i både filter 3.1 og 3.2 i høje koncentrationer, filter 3.2 synes dog at være mest belastet. Chloridazon og bentazon forekommer i begge filtre, hvor filter 3.1 er mest belastet. Filter 3.1 indeholder høje indhold af diuron, 3.2 kun lave koncentrationer. Der er spor af atrazin i 3.1, højere indhold af hydroxyatrazin i begge filtre og desisopropylatrazin i 3.1, men ikke i 3.2. Desethylatrazin er ikke detekteret, hvilket er overraskende, da dette nedbrydningsprodukt i andre sammenhænge ses, når der forekommer desisopropylatrazin. Der er 0,2 µg/L simazin i 3.1, og stoffet er ikke detekteret i 3.2. Endelig er der målt spor af 2-hydroxyterbuthylazin i boring 3.1, mens de øvrige terbuthylazin-forbindelser ikke er detekteret, hvilket er naturligt, da hydroxyterbuthylazin også i de mere belastede filtre forekommer i højeste koncentrationer.

Tabel 3. Forekomst af pesticider i boringer rundt om punktkilden. Occurrence of pesticides in screens around the point source.

	Dato *)	ALP 6.1	ALP 6.2	ALP 7.1	ALP 7.2	ALP 7.3	ALP 3.1	ALP 3.2	ALP 3.3	ALP 4.1	ALP 4.2	ALP 4.3	ALP 8.1	ALP 8.2
Meter under terræn		2.13	7.90	2.28	3.62	5.08	2.82	5.9	11.00	2.77	8.25	11.15	2.45	4.22
Atrazin	1)						n.d.		n.d.			n.d.		
	2)						n.d.	n.d	n.d.	0,006	n.d.	n.d.		
	3)	n.d.	n.d.	0,201	0,109	n.d.	0,007	n.d..					0.011	n.d.
2-hydroxy-atrazin	1)						n.d.		n.d.			n.d.		
	2)						0,055	0,006	n.d.	0,12	n.d.	n.d.		
	3)	n.d.	n.d.	0,073	0,24!	0,009	0,074	n.d.					0,007	n.d.
Desethylatrazin	1)						n.d.		n.d.			n.d.		
	2)						n.d.	n.d	n.d.	0,009	n.d.	n.d.		
	3)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d..					n.d.	n.d.
Desisopropyl-atrazin	1)						n.d.		n.d.			n.d.		
	2)						0,093	n.d	n.d.	0,012	n.d.	n.d.		
	3)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d..					n.d.	n.d.
Chloridazon	1)						n.d.		n.d.			n.d.		
	2)						n.d.	0,114	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
	3)	n.d.	n.d.	0,08	0,18!	n.d.	0,197	n.d.					n.d.	n.d.
Diuron	1)						0,126		0,009			n.d.		
	2)						0,6	0,03	0,009	n.d.	n.d.	n.d.		
	3)	n.d.	n.d.	0,4!	0,55!	n.d.	0,15!	n.d.					n.d.	n.d.
Simazin	1)						n.d.		n.d.			n.d.		
	2)						0,2	n.d.	n.d.	0,006	n.d.	n.d.		
	3)	n.d.	n.d.	0,5!	n.d.	n.d.	0,193	n.d.					0.016	n.d.
2-hydroxy-terbuthylazin	1)						n.d.		n.d.			n.d.		
	2)						0,008	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
	3)	n.d.	0,006	0,014	0,004	n.d.	0,005	n.d.					n.d.	n.d.
Terbuthylazin	1)						n.d.		n.d.			n.d.		
	2)						n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
	3)	n.d.	n.d.	0,036	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.					n.d.	n.d.
Triadimenol	1)						n.d.		n.d.			n.d.		
	2)						n.d.	n.d	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
	3)	n.d.	n.d.	0,047	n.d.	n.d.	n.d.	n.d..					n.d.	n.d.
Benazolin	1)						n.d.		n.d.			n.d.		
	2)						n.d.	n.d	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
	3)	n.d.	n.d.	0,06	0,108	0,059	n.d.	n.d..					n.d.	n.d.
Bentazon	1)						0,024		n.d.			n.d.		
	2)						n.d.	0,006	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
	3)	n.d.	n.d.	0,031	0,342	n.d.	n.d.	n.d.					n.d.	n.d.
Dichlorprop	1)						2,704		n.d.			n.d.		
	2)						0,027	6,0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
	3)	0,006	>2!	0,79!	n.d.	>2!	0,41!	0,3!					0,003	0,032
Mechlorprop	1)						0,892		n.d			n.d.		
	2)						0,014	1,5	0,012	0,01	n.d.	n.d.		
	3)	0,02	>2!	0,23!	>2!	0,165	0,31!	0,174					n.d.	n.d.

Alle resultater i µg/L. !: Usikkerheden på bestemmelsen større end normalt (Spliid *et al.*, 1998). *): Tallet henviser til prøveudtagningsdatoen, 1): 19.03.97, 2): 21.08.97, 3): 8-9.12.97.

Boring ALP 4 ligger 90 meter sydvest for punktkilden i den dobbelte afstand i forhold til boring 3. Filter 4.2 og 4.3 er helt upåvirkede af pesticider. Det øverst liggende filter 4.1 indeholder 0,01 µg/L mechlorprop. Desuden indeholder filteret 0,12 µg/L 2-hydroxyatrazin samt små indhold af atrazin, desisopropylatrazin og simazin. Disse stoffer kan have været brugt omkring boringen og stammer ikke nødvendigvis fra punktkilden.

Jernbanestrækningen

Boringerne ALP 1 og ALP 2 samt SFT 2 ligger på jernbanestrækningen (se figur 1). Boring ALP 1 og ALP 2 er hver filtersat i tre niveauer, se tabel 4. I boring ALP 2 indeholder det dybestliggende filter 2.3 ikke pesticider. I filter 2.2 er der kun et fund af 0,01 µg/L mechlorprop, der kan stamme fra punktkilden eller fra anvendelse i området.

Tabel 4. Pesticid fund i boringer beliggende på jernbaneterrænet. Pesticide findings on the railroad.

	Dato *)	SFT 2	ALP 1.1	ALP 1.2	ALP 1.3	ALP 2.1	ALP 2.2	ALP 2.3
Meter under terræn		5.15	3.30	9.00	12.20	5.23	7.90	12.10
Atrazin	1)				n.d		n.d	n.d
	2)		0,057	n.d.	n.d.	0,29	n.d	n.d
	3)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
2-hydroxyatrazin	1)				n.d		n.d	n.d
	2)		0,48	n.d.	n.d.	0,26	n.d	n.d
	3)	0,259	0,006	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Desethylatrazin	1)				n.d.		n.d.	n.d.
	2)		n.d.	n.d.	n.d.	0,18	n.d	n.d.
	3)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Desisopropyl-atrazin	1)				n.d.		n.d	n.d
	2)		n.d.	n.d.	n.d.	0,036	n.d.	n.d.
	3)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Diuron	1)				n.d		n.d	n.d
	2)		0,27	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	3)	0,153	0,225	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Hexazinon	1)				n.d		n.d	n.d.
	2)		n.d.	n.d.	n.d.	0,009	n.d.	n.d.
	3)	0,032	0,103	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Simazin	1)				n.d		n.d	n.d
	2)		n.d.	n.d.	n.d.	0,009	n.d.	n.d.
	3)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
2-hydroxy-terbuthylazin	1)				n.d		n.d	n.d
	2)		0,024	n.d.	n.d.	n.d	n.d.	n.d.
	3)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Terbuthylazin	1)				n.d		n.d.	n.d.
	2)		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	3)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Mechlorprop	1)				n.d		0,01	n.d.
	2)		0,113	0,01	0,023	0,007	n.d.	n.d.
	3)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Dichlorprop	1)				n.d		n.d.	n.d.
	2)		0,119	n.d.	0,005	n.d	n.d.	n.d.
	3)	n.d.	0.004	0,012	0,014	n.d.	n.d.	n.d.

Alle resultater i µg/L. !: Usikkerheden på bestemmelsen større end normalt (Spliid *et al.*, 1998).*): Tallet henviser til prøveudtagningsdatoen, 1): 19.03.97, 2): 21.08.97, 3): 8-9.12.97.

De stoffer, der i øvrigt er fundet på banestrækningen er typisk midler, der har været anvendt til bekæmpelse af ukrudt mellem jernbanesporene: Atrazin samt 2-hydroxyatrazin og diuron.

Der er kun et enkelt fund af simazin og 2-hydroxyterbuthylazin, mens hexazinon, der også har været benyttet til total friholdelse af plantevækst er fundet i filter SFT 2, ALP 1.1 og 2.1.

Mechlorprop er fundet i filter 1.1, 1.2 og 1.3, 2.1 og 2.2, men ikke i 2.3 og SFT 2. Dichlorprop forekommer kun i boring 1.

Forureningsfanen kan muligvis have nået boring 1, der ligger 145 meter fra punktkilden, og være årsag til den forøgede forekomst her, da de øvrige boringer SFT 2 og boring 2 kun i mindre grad er påvirket af pesticider.

Sammendrag

Formålet med denne undersøgelse var dels at fremskaffe viden om, hvordan man tidligere bortskaffede affald af pesticider, dels at finde en lokalitet, hvor der var en pesticidpunktkilde, og derefter beskrive denne og undersøge en eventuel spredning fra kilden.

Bortskaffelsen af pesticidaffald er undersøgt via en spørgeskemaundersøgelse hos 5 grupper af landmænd og 2 grupper frugtavlere (mellem 20 og 60 deltagere pr. gruppe) i forbindelse med, at alle grupper havde overværet foredrag på 1-2 timer vedrørende pesticider i miljøet. Der blev udleveret 276 skemaer og returneret 185.

De vigtigste årsager til, at der opstår pesticidrester, er dels: "Små rester i poser og dunke", dels: "oprydning i kemikalielagre, rester efter ejendomshandler og ændrede afgrødevalg". Bortskaffelsen er tidligere sket ved nedgravning, deponering i mergelgrave og på offentlige og private lossepladser. Hovedparten af de adspurgte har kun bortskaffet tom emballage, men ca. 25% har bortskaffet pesticidmængder fra 1 kg til over 10 kg.

Undersøgelsen bekræfter altså formodningen om, at der er behov for at bortskaffe rester af uforbrugte pesticider i forbindelse med sprøjtearbejdet, og at der tidligere er sket bortskaffelse ved nedgravning eller ved deponering på lossepladser, i mergelgrave eller ved nedgravning.

For at undersøge pesticiders spredning blev der udvalgt en punktkilde beliggende i Allingåbro på Djursland. Det var en tidligere fylde- og vaskeplads i forbindelse med maskinstationsvirksomhed i en lokal landboforening. Pladsen var anvendt fra 1950 til ca. 1981, og der var i en undersøgelse fra Århus Amt påvist relativt høje indhold af nogle af GRUMO-pesticiderne. I nærværende undersøgelse er der påvist høje indhold af dichlorprop, mechlorprop, diuron, bentazon, chloridazon samt atrazin og hydroxyatrazin. Der skønnes i dag at være 750 maskinstationer og ca. 45.000 landmænd med sprøjter. Altså et potentiale for fylde- vaskepladser i Danmark på 46.000.

Den tidligere fyldeplads i Allingåbro findes på et fladt landskab med marint sand og gytje, og i 3 – 4 meters dybde findes kvartære sedimenter. Grundvandsstrømningen er i det nederste magasin mod NV, men er mere kompleks i det øverste magasin.

Spredningen af pesticider fra punktkilden synes væsentligst at gå mod syd, men i de dybestliggende filtre i en boring sat nord for punktkilden er der også påvist høje pesticidindhold. Forureningen har bredt sig op til 60 meter mod de to vandløb som afdræner området. Vandprøver taget i boringer sat sydvest og sydøst for kilden viser kun små indhold af pesticider. Forureningsfanen er derfor ret smal. Den største spredning synes at ske med mechlorprop og dichlorprop, som findes i boringer både nord og op til 145 meter syd for

punktkilden. I boringer syd for kilden er der dog også fundet chloridazon og bentazon, som menes at stamme fra punktkilden.

Erkendtlighed

Projektet er medfinansieret af Miljøstyrelsens Bekæmpelsesmiddelforskningsprogram. Alle pesticidanalyser er udført af Danmarks Miljøundersøgelser, Afdeling for Miljøkemi

Litteratur

Brüsch, W. 1998. Pesticider og nedbrydningsprodukter i Grundvandsovervågning, 1998, 41-60, Ed. J. Stockmarr, GEUS

Helweg, A., Brüsch, W., Jacobsen, O. S., Spliid, N. H. og Hansen S. U. Pesticider i punktkilder. Punktkildernes oprindelse og spredning i jord og grundvand. Bekæmpelsesmiddelforskning fra Miljøstyrelsen. Fremsendt for publicering. 1999.

Landbrugsministeriets Giftnævn 1966. Giftnævnets vejledning til gartnere, landmænd og maskinstationer vedrørende Bortskaffelse af tom emballage og rester af bekæmpelsesmidler.

Jørgensen, P. R.., Spliid, N. H., Hansen, M., Lindgreen, H., Outzen, S. og Brehmer, A.. Point and Non-Point Source Leaching of Pesticides in a Till Groundwater Catchment. Bekæmpelsesmiddelforskning fra Miljøstyrelsen. Fremsendt for publicering.

A/S Samfundsteknik 1996. Miljøteknisk rapport til Århus Amt, Teknik og Miljø, 20. maj, 1996

Spliid, N.H., Køppen, B., Frausig, A.H., Plesner, V., Sommer, N.A. og Mathiassen, K. 1997. Kortlægning af visse pesticider i grundvand - 2. Bekæmpelsesmiddelforskning fra Miljøstyrelsen. Nr. 42. 97 s.

Udvaskning af pesticider fra vaskepladser og biobedes rensningsevne

Leaching of pesticides from washing-sites and capacity of biobeds to retain pesticides

Vibeke Vestrup Henriksen, Alice Binder & Arne Helweg
Danmarks JordbrugsForskning
Afdeling for Plantebeskyttelse
Forskningscenter Flakkebjerg
DK-4200 Slagelse

Lars Stenvang Hansen
Landskontoret for Planteavl
Skejby
DK-8200 Aarhus N

Summary

Biobeds have shown ability to adsorb and degrade pesticide spillage on filling and washing sites. To elucidate the effectiveness of biobeds, the adsorption, the rate of degradation of ^{14}C-labelled isoproturon and mecoprop at concentrations from 0.0005 to 25000 mg/kg and the leaching of the two herbicides from model biobeds of 2 m^2 have been determined.

The biobed material had an enhanced ability to degrade the two pesticides. For isoproturon between 55 and 7% ^{14}C was evolved as CO_2 during 120 days. The degradation of IPU in biobed material proceeds faster compared with soil from the plough layer. For MCPP 35 to 55% ^{14}C was evolved as CO_2 during 30 to 80 days at concentrations up to 5 000 mg/kg. Compared to plough layer soil, there was no obvious difference between the extent of degradation at the lower concentrations, but degradation takes place at concentrations as high as 5 000 mg/kg in biobed soil but not in soil from plough layer. K_d was found to 5,2 L/kg for IPU and 1,6 L/kg for MCPP in biobed material, which is higher than in plough layer soil.

Leaching of MCPP and IPU was determined from two model biobeds and one box with clay each of 2 m^2 during a two year period with two simulations of pesticide spillage, each of 8000 mg per pesticide. Leaching was highest in clay soil where 1947 mg IPU leached out during one year in clay soil compared to 32 mg in biobeds. Compared to the amount of water leached out, average concentrations during one year were 4.42 mg/L from clay compared to 0,083 mg/l from the biobed soil. For mecoprop the values were 574 and 174 mg leached out respectively from clay and from biobed soil, resulting in mean yearly concentrations of 1.3 and 0.45 mg/L, respectively. Pesticide spillage in spring caused no leaching compared to the high leaching from spillage in autumn. Leaching was completely avoided if the biobed was covered during the winter. To avoid pesticide leaching completely, a biobed which is closed

in the bottom and covered during winter seems to be the best solution, though strongly adsorbed pesticides are expected to be better adsorbed in the biobeds.

Indledning

Påfyldning eller afvaskning af sprøjteudstyr på gårdspladsen og i nærheden af drikkevandsboringer kan give anledning til spild af pesticider og dermed svære punktkilder i et meget sårbart område (Helweg & Hansen, 1997a), idet gårdspladsen ofte er dækket med småsten eller grus. Denne overflade giver meget dårlige vilkår for de mikroorganismer, der skal nedbryde pesticiderne og dårlig binding til jordpartikler og dermed større risiko for nedsivning til dræn eller grundvandsmagasiner, eller direkte til brønde eller boringer.

En måde at hindre spredning fra punktkilder i forbindelse med påfyldning og afvaskning af sprøjteudstyr er ved at etablere en biologisk vaskeplads, et såkaldt biobed, som kan opsamle og nedbryde eventuelle spild (Torstensson *et al.*, 1994).

Biobedet består af en udgravning fyldt op med biologisk aktivt materiale, hvorpå sprøjteudstyret kan holde på dertil indrettede køreramper, mens der påfyldes og afvaskes. Biobedet er ca. 1 m dybt og foret i bunden med ler, hvis jorden ikke har et naturligt lerlag. Biobedet fyldes op med en blanding af 50% halm, 25% sphagnum og 25% lerfattig og humusrig muldjord. Halmen virker som substrat, for ligninnedbrydende mikroorganismer, der kan nedbryde de anvendte pesticider, og muldjorden leverer bindingskapacitet og mikroorganismer. Sphagnum fraktionen sikrer en god vandkapacitet og sørger for et højt indhold af organisk stof (Torstensson & Castillo, 1997; Torstensson *et al.*, 1994; Helweg & Hansen, 1997b; Asplund, 1997). Efterhånden som halmen bliver nedbrudt, efterfyldes biobedet med mere biobedsblanding (Torstensson & Castillo, 1995). Ifølge de svenske undersøgelser anslås holdbarheden af et biobed til 6-8 år. Der er i enkelte bede påvist pesticidindhold op til 100 mg/kg i biobedsjorden, men ved tømning er pesticidindholdet i bedene oftest på linie med indholdet i markjord (1-2 mg/kg). Specielt stoffer som pyrethroiderne synes at have nogen stabilitet i biobedsjorden, men henlægges biobedsmaterialet i en mile i et år, skulle det derefter kunne spredes ud på marken (Torstensson, pers. medd.).

Formålet med denne undersøgelse er at belyse årsager til pesticidforureninger på gårdområder samt belyse effektiviteten af et biobed til at nedbryde og tilbageholde pesticider.

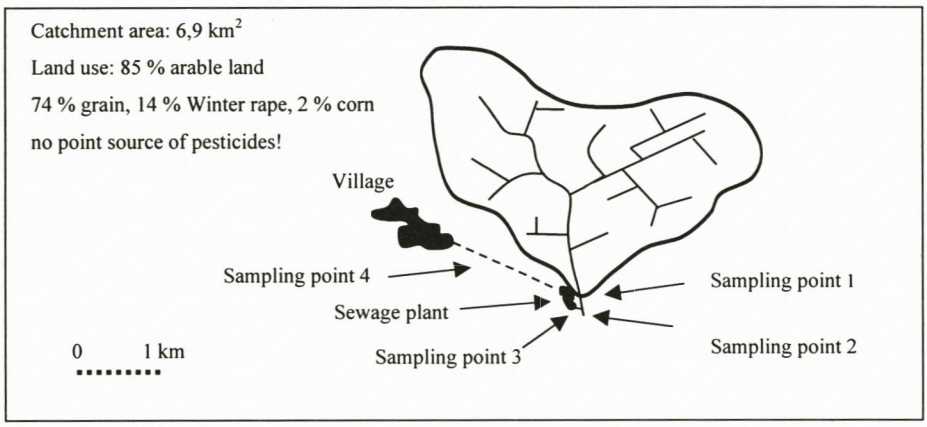
Forureningsundersøgelser fra vaskepladser i Tyskland

Undersøgelser i Danmark og udlandet de senere år har vist, at pesticider kan forekomme i høje koncentrationer i vandløb i landbrugsområder. De største koncentrationer og hyppigste fund er målt i sprøjtesæsonen. Traditionelt har pesticiders tilstedeværelse i overfladevand været forklaret med vinddrift, erosion af markarealer, overfladeafstrømning, nedbør og markdræning.

En række tyske undersøgelser (Frede *et al.*, 1998) har imidlertid vist, at punktkilder på landbrugsejendomme kan være den overvejende kilde til forureningen. Samme undersøgelser viste også, at information og vejledning til landbrugerne kunne reducere vandløbenes pesticidindhold meget væsentligt.

De tyske undersøgelser

Figur 1 viser, hvor man har udtaget prøver fra vandløb og spildevand i et landbrugsområde for at kunne kortlægge bidraget af pesticider fra henholdsvis punktkilder på gårdene og pesticider fra markerne. Prøver blev udtaget i et vandløb dels før (*point 1") og efter (*point 2") et spildevandsudløb, dels i spildevandet før (*point 4") og efter (*point 3") et rensningsanlæg.



Figur 1. Udtagning af vandprøver for at afklare pesticidforurening i et tysk vandløb. Contamination with herbicides in flowing waters (Frede *et al.*, 1998).

Det specielle ved de tyske forhold er, at 40 gårde er anlagt under landsbylignende forhold (*village*), og at der er fælleskloakeret fra disse. Overfladevand fra gårdområderne afledes også med spildevandet.

Undersøgelserne viser, at 93 - 100% af de pesticider, der var målt i vandløbet, stammede direkte fra gårdområderne. De viser også, at det er betydelige mængder pesticider, der udledes. Disse forureninger kan skyldes uhensigtsmæssig håndtering af pesticiderne, bortskaffelse af sprøjterester, rengøring af udstyret og anvendelse af pesticider på gårdspladser mm. Nogle af resultaterne fra undersøgelsen er opsummeret i tabel 1.

Tabel 1. Pesticidforureninger af tyske vandløb, ved afløb fra gårdområder (punktkilder). Pesticide contamination of flowing waters from point sources (Frede *et al.*, 1998).

Pesticid	**%-andel fra punktkilder** % from pointsources	**G**
Isoproturon	93	418
Diuron	100	127
Mechlorprop/dichlorprop	98	115
Chlortoluron	100	13
Atrazin	100	28
Simazin	100	2

Ved at informere landmændene om typerne og niveauerne for disse forureninger og give vejledning til, hvordan de undgås, opnåede man en betydelig reduktion i pesticid-udledningerne. F.eks. blev udledningen af isoproturon fra punktkilderne reduceret med hele 80%.

Danske forhold

Man kan ikke direkte sammenligne de tyske undersøgelser med de pesticidfund, der gøres i danske vandløb. Det skyldes nogle helt andre forhold omkring disponering af spildevand og overfladevand på danske bedrifter. Derfor vil der normalt under danske forhold være en mindre direkte transportvej mellem gårdene og vandløbet end under de tyske forhold. Der er dog ingen tvivl om, at sammenlignelige forhold til danske bedrifter er tilstede - i en eller anden størrelsesorden - når det gælder håndtering, disponering af restsprøjtevæske og anvendelse på gårdområderne.

Undersøgelser vedrørende punktkilder på gårdene under danske forhold, er sparsomme. Der har imidlertid de senere år været en del interesse for dette problemområde. Undersøgelser har vist, at drænvand kan være en væsentlig kilde til pesticider i vandløb, og der er en vis sandsynlighed for, at noget af dette kan have oprindelse fra gårdspladsarealer. Såfremt punktforureninger fra landbrugsejendomme sætter spor i drænvand og vandløb, vil der tilsvarende være en risiko for, at også grundvandet og vandet i lokale boringer og brønde kan påvirkes herfra. Der er derfor ingen tvivl om, at større opmærksomhed og information umiddelbart kan bidrage til at nedsætte påvirkning af vandløb, grundvand og brøndvand. Det er væsentligt at pointere, at denne indsats kan gøres simpelt og med få omkostninger - god sprøjteadfærd eller eventuelt indretning af særlige vaskepladser er tilstrækkelig.

Hvis de tyske forhold - selv i noget mindre målestok - er sammenlignelige med danske, betyder det, at de traditionelle kilder til pesticider i vandløb, som har fået opmærksomheden, kan være overvurderet. Det frikender ikke, at kilder fra dyrkningsområderne kan have betydning, men punktkilderne kan under nogle forhold give et væsentligt bidrag, som sandsynligvis kan reduceres kraftigt enten ved anvendelse af biobede eller andre foranstaltninger.

Materialer og metoder

Jordtypen

Biobedsjord til nedbrydningsforsøget er blandet i juni 1996. Jordprøver er udtaget henholdsvis i slutningen af december 1997 (MCPP) og 23. marts 1998 (IPU). Jorden er tørret til et vandindhold på 20 - 30% ved stuetemperatur og sigtet med en 5 mm sigte før start.
Jordens vandholdende evne (WHC) er bestemt til 54%. Tabel 2 viser sammensætningen af biobedsjorden, som er benyttet i nedbrydnings- og adsorptionsforsøgene. C-indholdet svarer til en række målinger af svenske biobede (Asplund, 1997).

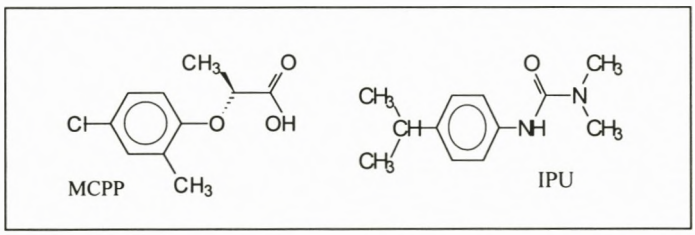
Tabel 2. Indhold af organisk C, pH og teksturanalyse (% af tørret prøve) for biobedsjord optaget i december 1997. Data from texture analysis of the biobedmaterial (% of dried sample).

Total kulstof	pH ($CaCl_2$)	pH (H_2O)	Organisk kulstof
4,6	7,2	7,55	4,6

Ler	Silt	Grovsilt	Sand	Grovsand	Grovsand	Grovsand	Grovsand	Humus
< 2 µm	2-20 µm	20-50 µm	50-63 µm	63-125 µm	125-200 µm	200-500 µm	500-2000 µm	
11,6	11,9	11,7	9,8	19,6	8,7	14,6	4,3	7,8

Pesticider

De anvendte pesticider er henholdsvis mechlorprop, ±2-(2-methyl-4-chlorophenoxy)-propionsyre kaldet MCPP og isoproturon, 3-(4-isopropylphenyl)-1,1-dimethylurea, kaldet IPU.

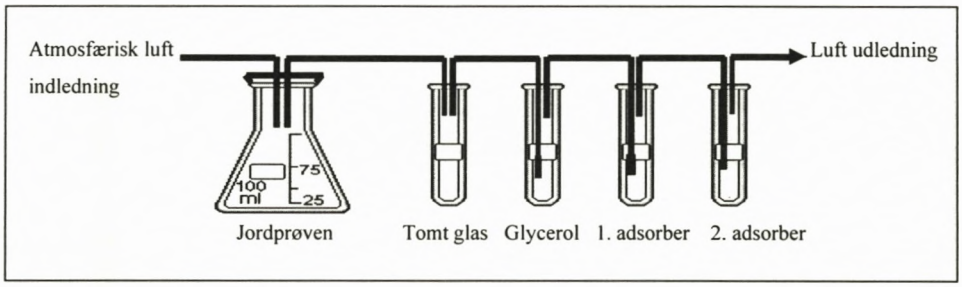


Figur 2. Strukturformler for henholdsvis MCPP og IPU. Chemical structures for MCPP and IPU.

Til nedbrydningsforsøgene er anvendt ^{14}C-ringmærket MCPP og IPU. Ved de høje koncentrationer blandes de radioaktive pesticider med umærket IPU og MCPP i form af pesticidformuleringerne Tolkan (500 g IPU/L) og Duplosan (600 g MCPP/L) for at opnå acceptabel blandbarhed med vand. Pesticiderne, som er sat til modelbiobedene for at simulere et spild, er også de formulerede produkter. I normal markjord har mechlorprop ifølge litteraturen en halveringstid fra få dage til 4 uger og en K_d-værdi på 0,3-0,6 L/kg (let nedbrydeligt og svag binding), medens de tilsvarende værdier for Isoproturon er $T_{½}$ 4-6 uger og K_d 1-3 L/kg i normale overfladejorde.

Nedbrydningsforsøg

Nedbrydningen af begge pesticider er målt i koncentrationerne 0,0005, 0,05, 0,5, 5, 50, 500, 5.000 og 25.000 mg/kg. Jordprøver á 50 g tør jord inkuberes ved 20°C i mørke, vand er tilsat til 50-60% af jordens vandholdende evne. Prøverne gennemblæses med atmosfærisk luft ved et flow på 10-12 ml/min. Den mængde $^{14}CO_2$, der dannes ved nedbrydningen af pesticiderne eller deres metabolitter, opsamles i 1 M KOH (figur 3). Tre gentagelser af hver koncentration.



Figur 3. Forsøgsopstilling til nedbrydningsforsøgene. Experimental design for the degradation studies.

$^{14}CO_2$-udskillelsen følges ved jævnlige skift af KOH absorberne og tælling af aktivitet på LKB scintillationstæller. Efter forsøgenes afslutning ekstraheres MCPP med vandig base og IPU med acetonitril. Mængden af aktivitet i ekstrakten måles. Er denne mængde over detektionsgrænsen opkoncentreres ekstrakterne og analyseres ved hjælp af HPLC.

Adsorptionsforsøg

Biobedsjord til adsorptionsforsøget er strålingssteriliseret (jordoptag dec. 97) for at reducere mikrobiel nedbrydning under forsøget. Bestemmelsen af de to pesticiders adsorption er målt ved tre forskellige koncentrationer, henholdsvis 0,0005, 5,0 og 5.000 mg/L (trippelbestemmelse). Der afvejes 5 g tør jord, som bringes i ligevægt ved omrystning 24 timer med ca. 20 ml vandig $CaCl_2$ (0,01 M), hvorefter teststof tilsættes i yderligere 5 ml $CaCl_2$, efterfulgt af 24 timers omrystning. K_d angiver forholdet mellem pesticidkoncentrationen i jorden og koncentrationen i vandfasen. (Delvis efter OECD TG 106).

Modelbiobede

Mobilitetsforsøg med MCPP og IPU udføres i nedgravede kasser på 2 m^2 (figur 4). Kasse 1 er fyldt op med almindelig lerjord, mens 2 og 3 består af biobedsmateriale. Opbygningen af 2 og 3 er øverst en græstørv efterfulgt af ca. 50 cm biobedsjord, 10 cm lermembran og et ca. 10 cm gruslag med drænrør, som afdræner vandet til et reservoir, hvorfra vandet suges op. Bedet er lukket i bunden med en membran af bentonit med plastmembran underst.

Tilførsel af pesticider til de tre bede er sket af to omgange, som vist i tabel 3, med 8 g (8.000 mg) af hvert pesticid pr. gang. Ganzelmeier (1998) anfører, at ved en indvendig og udvendig rengøring af sprøjter for en række pesticider, så kan der opsamles 1-9 g af hvert pesticid fra indvendig vask, og udvendig kan afvaskes mellem 0,1 og 1,2 g af hvert.

Tabel 3. Dato for fyldning af biobede og for tilførsel af pesticider til modelbiobede. Filling of beds and application dates for the pesticides to biobeds.

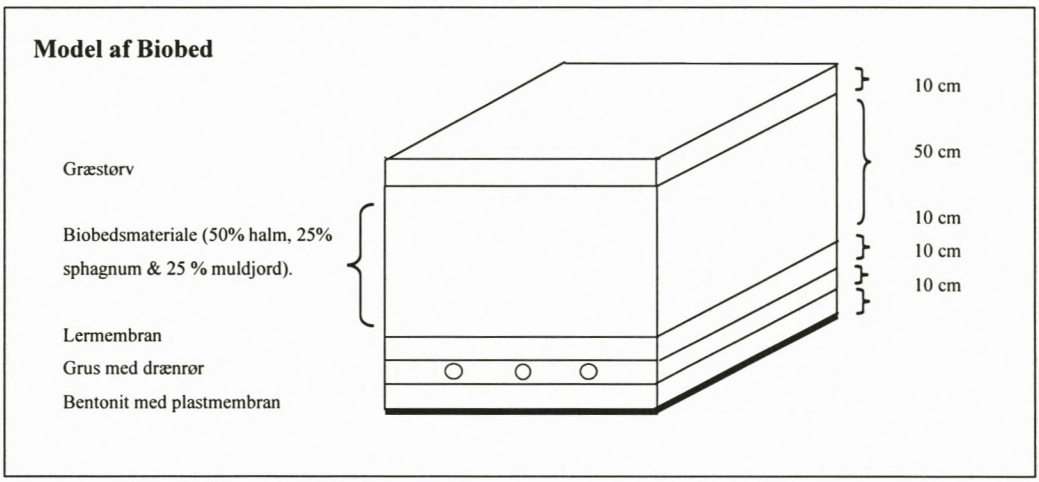
	Etableringsdato	1. tilsætning *	2. tilsætning *
1 Lerjord	28-8-1996	26-5-1997	8-12-1997
2 Biobed	28-8-1996	26-5-1997	8-12-1997
3 Biobed	14-6-1996	20-11-1996	14-11-1997

* Både for MCPP og IPU var pesticidmængden hver gang 8.000 mg. Pesticiderne tilsættes som 4 liter vand indeholdende 8.000 mg MCPP + 40 g KBr (Tracer) og 4 L vand indeholdende 8.000 mg IPU.

Efter tilførslen af pesticiderne blev der ved efterårsbehandlingerne eftervandet med 80 mm vand, og ved forårsbehandlingerne med 90 mm vand over en periode på 3 uger (10 mm svarer til 20 liter på 2 m^2). Nedbøren registreres løbende, og bedene tilføres i alt ca. 800 mm pr. år (nedbør + vanding, se tabel 8 og 9) undtagen biobed 3, som overdækkes i vinterperioden. Drænvand opsuges i portioner á 40-50 L (20-25 mm).

Analysering for pesticider

Koncentrationer af MCPP og IPU i udvaskningsvandet er målt ved analyse på GCMS for MCPP og ved LCMS for IPU´s vedkommende, dog er prøverne fra d. 26-11-96 til d. 19-2-97 analyseret for IPU ved ELISA-teknik (immunoassay). MCPP ekstraheres fra 1 L vand med dichlormethan og derivatiseres med pentafluorbenzylbromid. Ekstrakten indblæses og opløses i 1-1,5 mL isooctan før analyse på GCMS. Ved IPU-analyse på LCMS og ELISA analyseres direkte på de opsamlede vandprøver eventuelt efter fortynding.



Figur 4. Tegning af de opbyggede modelbiobede med afsatte mål. Overfladen er 2 x 1 m.
Drawing of the model biobeds with measures shown. Surface area is 2 x 1 m.

Resultater og diskussion

Adsorption af MCPP og IPU i biobedsjord

Tabel 4 viser, at K_d-værdierne for de to stoffer i biobedsjord i gennemsnit er henholdsvis 1,6 og 5,2 for MCPP og IPU.

Tabel 4. K_d værdier for MCPP og IPU i jord fra biobed. K_d values for MCPP and IPU in soil from biobed.

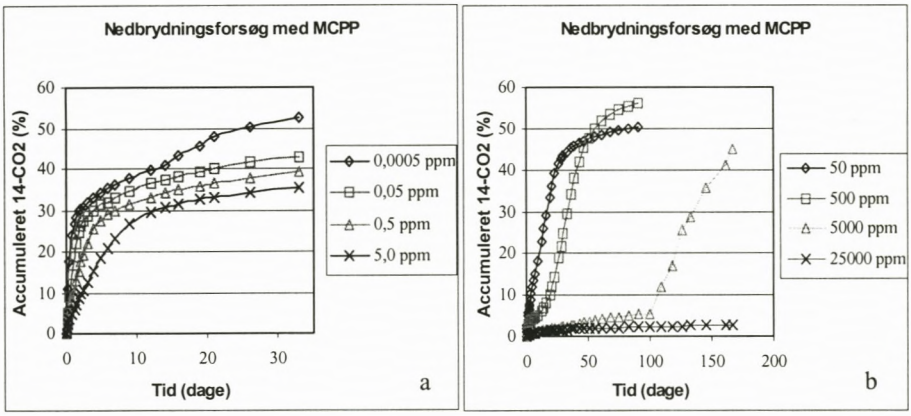
Pesticid	$K_{d\text{-}0,0005\ ppm}$ (L/kg)	$K_{d\text{-}5,0\ ppm}$ (L/kg)	$K_{d\text{-}5000\ ppm}$ (L/kg)	K_d (L/kg)
MCPP	1,84	1,49	1,48	1,6
IPU	6,27	3,99	5,46	5,2

Værdierne i biobedsjord er større end sorptionen i de fleste andre jorde. Således er K_d for MCPP i en sandet lerjord fra Langvad bestemt til 0,56 L/kg (Felding, 1996). K_d for både IPU og MCPP er fundet i pløjelaget i lerjord i England (60% ler og 4,6% organisk stof) til 2,9 L/kg for IPU og 0,6 L/kg for MCPP (Nicholls *et al.*, 1993). For IPU er K_d i en jord/halm blanding (0,034 g hvedehalm/ 1,966 g < 2 mm lerjord) fra England fundet til 4,6 ± 0,4 L/kg (Beck & Jones, 1996). Juul Pedersen *et al.* (1995) har undersøgt bindingsevnen for IPU i 4 forskellige danske markjorde med indhold af organisk C fra 0,6 til 2,3% og fandt K_d-værdier mellem 0,5 og 1,5 L/kg.

Nedbrydning af MCPP og IPU i biobedsjord

Mængden af udskilt $^{14}CO_2$ fra de ^{14}C–mærkede pesticider giver et mål for en total nedbrydning (mineralisering) af pesticiderne. Figur 5a og 5b viser nedbrydningen af ^{14}C-MCPP ved akkumuleret $^{14}CO_2$ udskillelse. Nedbrydningen af MCPP-koncentrationerne 0,0005 til 5 mg/kg (figur 5a), viser en hurtig nedbrydning for alle koncentrationer med over 30% ^{14}C udskilt efter 2 uger. Nedbrydningen af koncentrationer fra 50 til 25.000 mg/kg (figur 5b) viser, at 50 og 500 mg/kg nedbrydes hurtigt, medens 5.000 mg/kg starter efter ca. 3 måneder, og 25.000 mg/kg stadig er meget langsom efter ca. 170 dage. Biobedsjorden kan altså nedbryde relativt høje MCPP-koncentrationer, men ved 25.000 mg/kg er der tilsyneladende en langvarig toksisk virkning. Prøverne ved 5.000 mg/kg havde mistet noget vand efter 100 dage og kunne muligvis være startet tidligere. Tabel 5 viser, at ved forsøgets afslutning efter mellem 91 og 170 dage, kunne der kun genfindes MCPP ved koncentrationerne 500, 5.000 og 25.000 mg/kg (henholdsvis 7, 5 og 38% af tilsatte koncentrationer).

Tidligere nedbrydningsforsøg med MCPP ved forskellige koncentrationer i jord fra pløjelaget er udført af Reffstrup *et al.* (1998). Sammenlignet med resultaterne fra biobedsjorden viser, se tabel 5, at der efter 30 dage kun er lille forskel på nedbrydningen ved de lavere koncentrationer. Specielt ved 5.000 mg/kg er biobedsjorden efter 80 dages inkubering bedst til at nedbryde MCPP.



Figur 5. Akkumuleret udskillelse af ^{14}C fra ^{14}C-mærket MCPP i biobedsjord. a) 0,0005, 0,05, 0,5 og 5 mg/kg, b) 50, 500, 5.000 og 25.000 mg/kg. Accumulated evolution of ^{14}C from ^{14}C-labelled MCPP in soil from biobed.
a) 0,0005, 0,05, 0,5 and 5 mg/kg, b) 50, 500, 5 000 and 25 000 mg/kg.

Tabel 5. Total % ^{14}C udskilt i $^{14}CO_2$ ved nedbrydning af ^{14}C-mærket MCPP. I jord fra pløjelag og fra biobede. Accumulated $^{14}CO_2$ from degradation of ^{14}C-MCPP in plough layer soil and in biobed soil.

	Accumuleret mængde 14-CO_2 (%)							
	Efter 30 dage og efter 80 dage							
Koncentration (mg/kg)	0,0005	0,05	0,5	5	50	500	5000	25000
Pløjelag	48 %	52 %	45 %	61 %	70 %	69 %	2 %	< 1%
Biobedsjord	52,5 %	43 %	39 %	35 %	50 %	55 %	45 %	3 %
Genfundet MCPP i biobedsjorden (%)**	nd.*	nd.*	nd.*	nd.*	nd.*	7	5	38

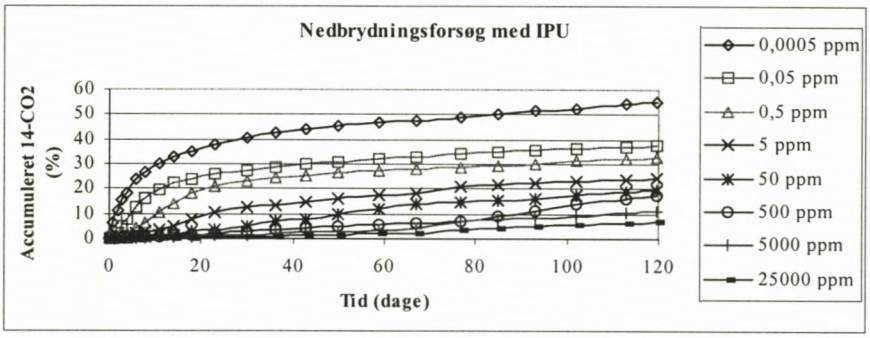
* Under detektionsgrænsen på 5% af startaktivitet.

** ved forsøgets afslutning efter henholdsvis 33 dage (0,0005 til 5 mg/kg), 91 dage (50 og 500 mg/kg) og 170 dage (5.000 og 25.000 mg/kg).

Mængden af MCPP er halveret, når den akkumulerede mængde $^{14}CO_2$ når op på ca. 12% (Helweg, 1993). Sammenlignes halveringstiderne ($T_{½}$) for MCPP viser de også, at biobedsjorden ved alle koncentrationer er hurtigere til at omsætte MCPP end pløjelagsjorden (tabel 6). Temperaturen er 20°C i forsøget med biobedsjord mod 15°C i pløjelagsjord, hvilket kan være en del af forklaringen, men det vil næppe give så store forskelle.

Tabel 6. Anslåede halveringstider for MCPP i jord fra pløjelaget og i biobedsjord. Estimated halflives for MCPP in soil from plough layer and biobeds.

	Tidspunkt hvor 12% af den oprindeligt tilsatte aktivitet er opsamlet som $^{14}CO_2$ (dage)							
Koncentration (mg/kg)	0,0005	0,05	0,5	5	50	500	5000	25000
Pløjelag	1	1	2	7	14	50-56	-	-
Biobedsjord	0,333	0,625	1,5	3	5	21	ca. 100	-



Figur 6. Akkumuleret udskillelse af ^{14}C fra ^{14}C-mærket IPUi biobedsjord (0,0005, 0,05, 0,5, 5, 50, 500, 5.000 og 25.000 mg/kg). Accumulated evolution of ^{14}C from ^{14}C-labelled IPU in soil from biobed (0.0005, 0.05, 0.5, 5, 50, 500, 5000 and 25000 mg/kg).

Nedbrydningen af IPU ved koncentrationer fra 0,0005 til 25.000 mg/kg fremgår af figur 6. Der er nedbrydning ved alle koncentrationer, og dermed tilsyneladende ingen tydelig toksisk virkning på mikroorganismerne. Udskillelsen af ^{14}C er dog tydeligt aftagende, jo højere koncentrationen er. De meget store koncentrationsforskelle betyder dog, at der er nedbrudt langt større mængder ved de høje koncentrationer end ved de lave, fordi ^{14}C-udskillelsen blot er et mål for, hvor mange % af den totale mængde, der er nedbrudt. Da IPU's nedbrydningsforløb sandsynligvis er cometabolisk, og der derfor næppe sker vækst af de nedbrydende mikroorganismer, så viser den lave ^{14}C-udskillelse ved de høje koncentrationer, at kapaciteten for at nedbryde IPU i biobedsjorden tilsyneladende er begrænset. Tabel 7 viser, at der ved forsøgets afslutning efter 120 dage kun kan påvises IPU ved koncentrationerne 500 5.000 og 25.000 mg/kg henholdsvis 10, 24 og 51% af de tilsatte koncentrationer kan genfindes på dette tidspunkt.

Nedbrydning af forskellige koncentrationer af IPU i biobedsjord er sammenlignet med jord fra pløjelaget fra Helweg *et al.* (1998). Tabel 7 viser en relativ stor forskel mellem de to jordes nedbrydningsevne. Efter ca. 120 dage for begge forsøg er der fra biobedsjorden udskilt

væsentligt mere $^{14}CO_2$ ved alle koncentrationer. Forskellen i temperatur skal dog tages i betragtning, henholdsvis 15 og 20°C.

Tabel 7. Total % ^{14}C udskilt i $^{14}CO_2$ ved nedbrydning af ^{14}C-mærket IPU i jord fra pløjelag og fra biobede. Accumulated $^{14}CO_2$ from degradation of ^{14}C-IPU in plough layer soil and in soil from biobeds.

	Accumuleret mængde 14-CO_2 (%) efter 120 dage							
Koncentration (mg/kg)	0,001	0,05	0,5	5	50	500	5000	25000
Pløjelag	19,42	19,28	18,28	17,24	13,44	10,86	8,45	4,49
Koncentration (mg/kg)	0,0005	0,05	0,5	5	50	500	5000	25000
Biobedsjord	55,1	37,5	32,7	24,7	19,8	17,2	11,1	6,8
Genfundet IPU*** i biobedsjorden (%)**	nd.*	nd.*	nd.*	nd.*	nd.*	10	24	51

* Under detektionsgrænsen på 5% af startaktivitet.

** Ved forsøgets afslutning efter ca.120 dage.

*** IPU + metabolitter.

Udvaskning i lerjord og i biobede

Udvaskning af bromid

Figur 7, 8 og 9 viser det opsamlede drænvand og de udvaskede pesticidmængder.

Bromid traceren anvendes som mål for, hvornår pesticiderne ville trænge igennem biobedet, hvis de ikke blev tilbageholdt eller nedbrudt undervejs i nedsivningsforløbet.

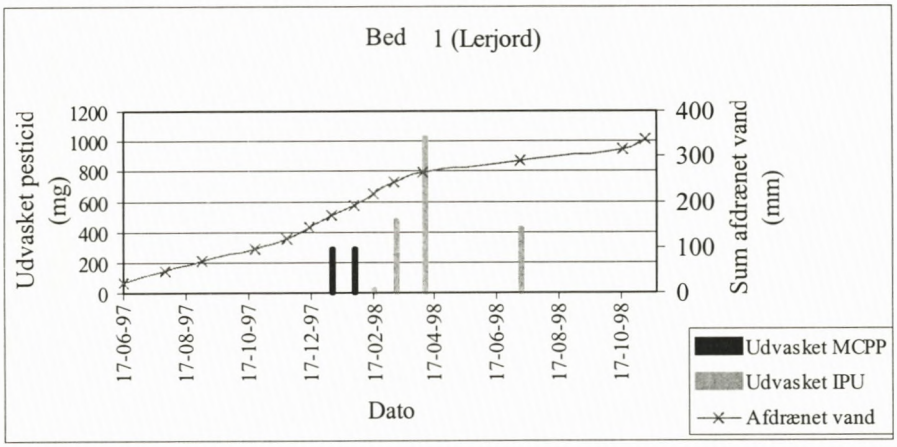
Gennembruddet af bromid i bed 1 (lerjord) sker henholdsvis d. 28-7-97 og d. 6-1-98 efter de to tilførsler henholdsvis d. 26-5-97 og d. 8-12-97. For biobed 2 topper bromidkoncentrationen d. 24-11-97 og d. 9-3-98 efter de samtidige behandlinger, altså forsinkes bromidudvaskningen i biobedsjord sammenlignet med lerjorden, som udtryk for den større vandholdende evne i biobedsjorden.

I biobed 3 er udvaskningen af bromid ikke så klar. Efter 1. tilsætning d. 20-11-96 kommer bromid igennem af to omgange henholdsvis med top d. 16-12-96 og d. 24-3-97. Efter 2. tilsætning d. 14-11-97 kommer en top igennem omkring d. 19-10-98, men ved sidste udtagning af drænvand er kun 24% af den samlede mængde tilsat bromid vasket igennem, så det er ikke klart, om det er den største top af bromid, der er kommet igennem på nuværende tidspunkt. Biobed 3 er overdækket i vinterperioden, hvilket tydeligt har forsinket bromidudvaskningen.

Udvaskning af pesticider

I figur 7 viser kurven den totale vandmængde, som er opsamlet under lerjorden, og søjlerne viser de pesticidkoncentrationer, som er påvist i drænvandet. Der er tilført 8.000 mg af MCPP og IPU d. 26-5-1997 og d. 8-12-1997. Figuren viser, at de første MCPP-mængder i alt 574 mg

MCPP (3,6%) blive vasket ud i bedet med lerjord i januar måned 1998.

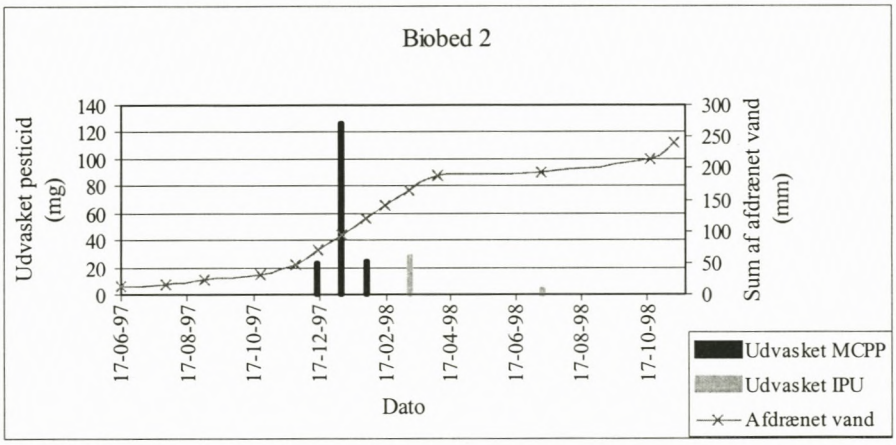


Figur 7. Udvaskning af drænvand (kurven) og pesticider (søjler) i bed 1 (lerjord). Bedet er i alt tilført ca. 800 mm vand pr. år og 8.000 mg af MCPP og IPU d. 26-5-97 og d. 8-12-97. Leaching of water and pesticides in bed 1 (clay). The soil was applied about 800 mm of precipitation per year and 8000 mg MCPP and IPU 26-5-97 and 8-12-97.

Isoproturon, som bindes lidt bedre, selv i lerjorden, findes først i drænvandet fra februar, og de største mængder udvaskes i marts - april og helt frem til juli 1998. I alt udvaskes 1947 mg IPU (12,2%) fra bedet med lerjord. De udvaskede pesticidmængder fra 8-12-97 til 10-11-98, altså over ca. 1 år, fremgår af tabel 8 og 9. De udvaskede 574 mg MCPP og 1947 mg IPU er udvasket med 440 liter vand, svarende til en gennemsnitlig koncentration i drænvandet i denne periode på henholdsvis 1,3 og 4,4 mg/L. De højeste koncentrationer af MCPP (6 mg/L) blev påvist 29-1-98, og den højeste IPU koncentration var 20,9 mg/L påvist d. 9-3-98. Koncentrationerne ville nær en boring eller brønd kunne skabe forurening af mange m^3 vand op til grænseværdien på 0,1 µ/L. Det er sandsynligvis pesticidtilførslen i det sene efterår, som er årsag til udvaskningen, medens det meste af det, der er tilført i maj, sandsynligvis er nedbrudt.

Figur 8 viser udvaskningen i biobedsjord tilført 8.000 mg af MCPP og IPU d. 26-5-1997 og d. 8-12-1997. I dette tilfælde udvaskes der MCPP på nogenlunde samme tidspunkt som i lerjorden (december - januar), men mængderne er noget lavere, 174 mg MCPP (1,1%) udvaskes (tabel 8) mod 574 mg i lerjorden. Mest markant er forskellen for isoproturon (tabel 9), hvor udvaskningen finder sted i marts og lidt i juli, men hvor kun i alt 32 mg IPU (0,2%) udvaskes, mod 1947 mg i lerjorden. Der er altså i biobedet fjernet eller tilbageholdt 98,9% af det "spildte" MCPP og 99,8% af IPU. Den udvaskede vandmængde fra 8-12-97 til 10-11-98 er 386 L, og det giver en gennemsnitlig koncentration af MCPP og IPU på henholdsvis 0,45 og 0,083 mg/L. Sammenlignet med udvaskningen i lerjorden, er der altså i biobedet sket en væsentlig større reduktion i den udvaskede mængde. Et let opløseligt pesticid som MCPP kan

dog, hvis det tilføres om efteråret, i nogen grad udvaskes af biobedet. De udvaskede mængder stammer sandsynligvis fra den sene efterårsanvendelse (8-12-97), idet rester fra forårsanvendelsen må forventes at være nedbrudt. Den højeste koncentration af MCPP (2,6 mg/L) blev fundet i udtagningen 6-1-98 og den højeste koncentration af IPU (0,6 mg/L) i udtagningen d. 16-2-98.

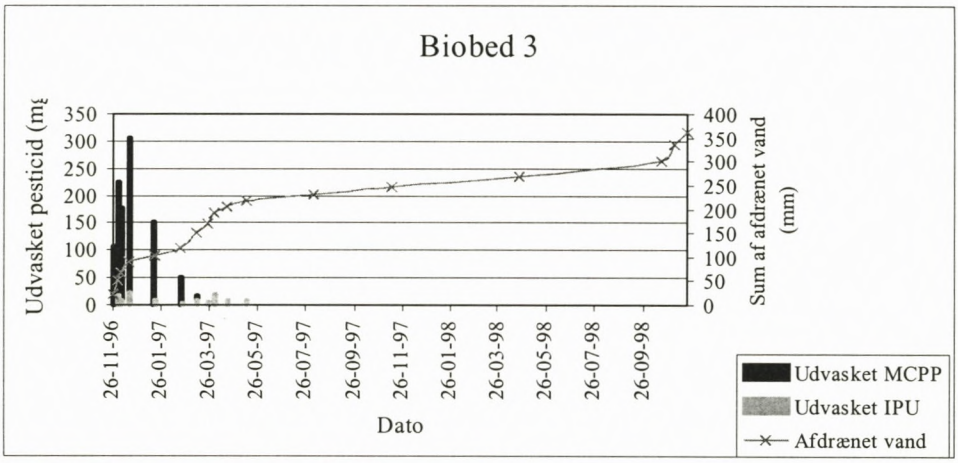


Figur 8. Udvaskning af drænvand (kurven) og pesticider (søjler) i bed 2 (biobed). Bedet er i alt tilført ca. 800 mm vand pr. år og 8000 mg af MCPP og IPU d. 26-5-97 og d. 8-12-97. Leaching of water and pesticides in bed 2 (biobed). The soil was applied about 800 mm of precipitation per year and 8000 mg MCPP and IPU 26-5-97 and 8-12-97.

Forsøget i biobed 3 skal afdække udvaskningen fra et relativt nystartet biobed ved en "worst case " behandling (efterår). Desuden ønskede vi at undersøge, om man ved overdækning af bedet om vinteren kan reducere eller helt fjerne vandgennemstrømningen og dermed risikoen for pesticidudvaskning. Biobed 3 er fyldt med biobedsmateriale d. 14-6-96, og den første pesticidtilførsel med 8000 mg MCPP og IPU er sket 20-11-96. På dette tidspunkt var der ikke nogen etableret græstørv, idet udsået græs var spiret meget dårligt.

Figur 9 viser, at der sker en relativ kraftig udvaskning af MCPP i det unge bed. I alt er 1032 mg MCPP udvasket i den efterfølgende vinterperiode (tabel 8) mod 108 mg IPU udvasket i den samme periode (tabel 9). De gennemsnitlige koncentrationer af MCPP og IPU over et år i de opsamlede 493 L drænvand er henholdsvis 2,1 og 0,2 mg/L. Den højeste koncentration af MCPP var 6,5 mg/L og den højeste IPU-koncentration 0,5 mg/L, begge opsamlet d. 16-12-96.

Anden tilførsel af pesticider er sket d. 14-11-97, og biobedet er overdækket i den kommende vinterperiode (fra d. 14-11-97 til d. 21-4-98). Figur 9 og tabel 8 og 9 viser, at mængden af drænvand i det følgende år er reduceret til 232 L (en halvering), og der er ikke i denne periode konstateret udvaskning af hverken MCPP eller IPU.



Figur 9. Udvaskning af drænvand (kurven) og pesticider (søjler) i biobed 3. Bedet er i alt tilført ca. 780 mm vand første år og 450 mm andet år (overdækket fra 14-11-97 til 21-4-98). Der er tilført 8000 mg MCPP og IPU 20-11-96 og 14-11-97. Leaching of water and pesticides in biobed 3. The biobed was applied about 780 mm of precipitation first year and 450 mm second year (covered from 14-11-97 to 21-4-98). 8000 mg MCPP and IPU was applied 20-11-96 and 14-11-97.

Overdækning i vinterperioden (14-11-97 til 21-4-98) fjerner altså en stor del af overskudsvandet. Den nedadgående vandtransport er reduceret så meget, at der ikke følger pesticider med ud. Sandsynligvis kan dette lille overskud fjernes ved fordampning fra det græsdækkede biobed i sommerperioden. Det skulle altså være muligt at arbejde med et biobed, som er lukket med en membran i bunden. Dette kræver dog, at man ikke tilfører biobedet store vandmængder under vask og skylning, men skyller sprøjten ved rentvandstank i marken.

Periodernes sammenlagte koncentration af pesticider i drænvandet (tabel 8 og 9) overstiger i perioder langt grænseværdien for pesticider i drikkevand (0,0001 mg/L) undtagen i den periode, hvor biobedet overdækkes. Adsorptionsmålingerne og resultaterne fra biobedene svarer i princippet til resultater fra tidligere søjleforsøg (Helweg & Hansen, 1997b). Isoproturon tilbageholdes i langt højere grad af biobedsjord i forhold til lerjord. Dette skyldes isoproturons binding til den organiske fraktion i jorden. Mechlorprop bindes også bedre i biobedsjord end i lerjord, men ikke lige så effektivt som isoproturon.

Tabel 8. Drænvand og MCPP opsamlet under de tre modelbede (bed 1 (lerjord), biobed 2 og 3). Water and MCPP leached out from the beds (1 clay, 2 and 3 biobeds).

	Periode	Nedbør + vanding (mm)	Drænvand (L)	Sum af MCPP (mg)	Koncentration MCPP (mg/l)	Total MCPP udvasket (%)
Bed 1	26-05-97 til 24-11-97	754,3	237,39	n.d.*	-	
Lerjord	08-12-97 til 10-11-98	850,7	440,16	574,07	1,30	3,6
Biobed 2	26-05-97 til 24-11-97	773,9	92,84	0,4	0,0043	
	08-12-97 til 10-11-98	850,7	385,82	174,02	0,45	1,1
Biobed 3	20-11-96 til 12-11-97	776,4	493,47	1031,6	2,09	12,9
	14-11-97 til 19-11-98	451,1	232,47	n.d.*	-	

* n.d. Koncentrationer af MCPP under 0,62 µg/L for bed 1 og 13 µg/L for biobed 3 er ikke kvantificeret.

Tabel 9. Drænvand og IPU opsamlet under de tre modelbede (bed 1 (lerjord), biobed 2 og 3). Water and IPU leached out from the beds (1 clay, 2 and 3 biobeds).

	Periode	Nedbør + vanding (mm)	Drænvand (L)	Sum af IPU (mg)	Koncentration IPU (mg/l)	Total IPU udvasket (%)
Bed 1	26-05-97 til 24-11-97	754,3	237,39	0,13	0,00055	
(Lerjord)	08-12-97 til 10-11-98	850,7	440,16	1947,63	4,42	12,2
Biobed 2	26-05-97 til 24-11-97	773,9	92,84	0,24	0,0026	
	08-12-97 til 10-11-98	850,7	385,82	31,84	0,083	0,2
Biobed 3	20-11-96 til 12-11-97	776,4	493,47	108,34	0,22	1,4
	14-11-97 til 19-11-98	451,1	232,47	n.d.*	-	

*n.d. Koncentrationer af IPU under 0,05 µg/L på ELISA og 1 µg/l på LCMS er ikke kvantificeret.

Konklusion

- Jord fra biobede adsorberer og nedbryder MCPP og IPU bedre end jord fra pløjelaget
- I biobedsmodellerne reduceres udvaskningen af MCPP og IPU betydeligt i forhold til lerjord
- Ved spild om efteråret blev der i den kommende vinter udvasket relativt store pesticidmængder
- Ved overdækning af biobedet i vinterperioden blev mængden af overskudsvand reduceret så meget, at der ikke kunne måles udvaskning af MCPP og IPU.
- Det sikreste system er et biobed med lukket bund, som overdækkes i vinterperioden. Det skal kombineres med anvendelse af rentvandstank på sprøjten til udvendig og indvendig rengøring af sprøjte og traktor i marken.

Sammendrag

Biobede har vist sig at kunne adsorbere og nedbryde spild af pesticider på vaskepladser. Binding af ^{14}C-mærket mechlorprop (MCPP) og isoproturon (IPU) og nedbrydning ved koncentrationer fra 0,0005 til 25.000 mg/kg, samt udvaskningen af de to pesticider fra model biobede på 2 m^2 er undersøgt.

Mellem 55 og 7% ^{14}C blev udskilt som CO_2 fra IPU efter 120 dage, mindst ved de højeste koncentrationer i biobedsmateriale. Nedbrydningen er hurtigere sammenlignet med jord fra pløjelaget. For MCPP blev mellem 35 og 55% ^{14}C udskilt som CO_2 i løbet af 30 til 80 dage ved koncentrationer op til 5.000 mg/kg. Sammenlignet med jord fra pløjelaget var der kun lille forskel i nedbrydning ved lave koncentrationer, men nedbrydning i biobedsjord finder sted ved koncentrationer helt op til 5.000 mg/kg, hvilket ikke var tilfældet i jord fra pløjelaget. K_d i biobedsjord var 5,2 L/kg for IPU og 1,6 L/kg for MCPP.

Udvaskning af MCPP og IPU fra to biobede og fra en kasse med lerjord på hver 2 m^2 er blevet undersøgt over 2 år med to simuleringer af pesticidspild (8.000 mg pesticid pr. gang). Udvaskningen var størst i lerjorden med 1.947 mg IPU udvasket i løbet af et år, sammenlignet med 32 mg i biobedsjorden. Sammenholdt med mængden af vand, der er vasket igennem bedene, var middelkoncentrationerne i løbet af 1 år 4,42 mg/L for lerjorden sammenlignet med 0,083 mg/L for biobedsjorden. For mechlorprop blev der udvasket 574 mg og 174 mg fra henholdsvis lerjord og biobedsjord, hvilket i det opsamlede drænvand giver gennemsnitskoncentrationer i et år på henholdsvis 1,3 og 0,45 mg/L. Spild af pesticid i foråret forårsagede ingen målelig udsivning i forhold til en stor udvaskning fra spild af pesticid om efteråret. Udvaskning kan muligvis helt undgås, hvis biobedet overdækkes i vinterperioden, fordi vandbevægelsen reduceres kraftigt. Et biobed som er lukket i bunden, og som overdækkes i vinterperioden, synes at være den bedste løsning, kombineret med rentvandstank på sprøjten. Pesticider som bindes stærkere vil dog sandsynligvis udvaskes mindre end IPU og MCPP.

Erkendtlighed

Projektet er støttet af jordbrugserhvervet via "Anvendelsesorienteret planteavlsforskning" og af Statens Jordbrugs- og Veterinærvidenskabelige Forskningsråd. Laboratorieoverassistenter Marianne Nielsen og Bente Laursen og seniorforskere Niels Henrik Spliid og Gitte Felding takkes for deres hjælp ved forsøgenes gennemførelse.

Litteratur

Asplund, J. 1997. Biobede i praksis - Et studie af 12 biobedes konstruktion og funktion. Eksamensarbejde 1997:4, Sveriges Landbrugsuniversitet.

Beck, A.J. & Jones, K.C, 1996. The effect of particle size, organic matter content, crop residues and dissolved organic matter on the sorption kinetics of atrazine and isoproturon by clay soil. Chemosphere, 32-12, s. 2345-2358.

Felding, G., Sørensen, J.B. & Hansen, B. 1996. Surface run-off of mecoprop. Intern. J. Environmental Chem., 65, s. 215-222.

Frede, H.G., Fischer, P. & Bach, M. 1998. Reduction of herbicide contamination in flowing waters. Z. Pflanzenernähr. Bodenk., 161, s. 395-400.

Ganzelmeir, H. (1998). Proper cleaning of sprayers in 1998. BCPS Symposium Proceedings No. 70, Managing Pesticide Waste Packaging, s. 91-98.

Helweg, A. 1993. Degradation and adsorption of 14C-mecoprop (MCPP) in surface soils and in subsoil. Influence of temperature, moisture content, sterilization and concentration on degradation. The Science of the Total Environment, 132, s. 229-241.

Helweg, A., Fomsgaard, I.S., Reffstrup, T.K. & Sørensen, H. 1997. Degradation of mecoprop and isoproturon in soil Influence of initial concentration. Intern. J. Anal. Chem., Vol 70(1-4), s. 133-148.

Helweg, A. & Hansen, L.S. 1997a. Fremtidens fyldeplads. Landsbladet Mark, 4, s. 4-6.

Helweg, A. & Hansen, L.S. 1997b. Biobede: En mulighed for at reducere udvaskningen fra pesticidfyldepladser. SP rapport nr. 7, s. 51-61.

Juul Pedersen, H., Kudsk, P. & Helweg, A. (1995). Adsorption and ED_{50} values of five soil-applied herbicides. Pesticide Science, 44, s. 131-136.

Nicholls, P.H. et al., 1993. Persistence and leaching of isoproturon and mecoprop in the Brimstone farm plots. Brighton Crop protection Conference , Weeds, s. 849-854

Reffstrup, T.K., Sørensen, H. & Helweg, A. 1998. Degradation of Mecoprop at different concentrations in surface and sub-surface soil. Pesticide science, 52, s. 126-132.

Torstenson, L. & Castillo, M.d.P. 1995. Fortsatte studier av biobäddar. 36 Svenske Planteværnskonference, s. 273-279.

Torstenson, L. & Castillo, M.d.P. 1997. Use of biobeds in Sweden to minimize environmental spillages from agricultural spraying equipment. Pesticide Outlook, 8-3, s. 24-27

Torstenson, L., Olsson, G., Norup, S. & Stenberg, B. 1994. Biobäddar minskar miljörisker vid fyllning av lantbrukssprutor. 35te Svenska Växtskyddskonferencen, 26-27 januar 1994, Uppsala 223-233.

Regulering og kontrol af pesticidrester i planteprodukter

Regulation and control of pesticide residues in plant products

Arne Büchert
Veterinær- og Fødevaredirektoratet
Institut for Fødevareundersøgelser og Ernæring
Mørkhøj Bygade 19
DK-2860 Søborg

Summary

The aim of the Danish Authorities as regards pesticides is to avoid any unnecessary residues in food used for consumption. The concerted efforts include establishment of maximum residue limits for pesticide residues in plant products at as low a level as possible. An extended nationwide monitoring programme for the control of the current residue levels in food is an important part of the activities. This paper deals with the organization of the monitoring programme. Furthermore, it summarizes the results of the 97-programme and discusses the health significance for consumers.

Indledning

Der har gennem de senere år været stigende opmærksomhed omkring anvendelsen af pesticider ved produktionen af vore fødevarer. Medens der er forskellige opfattelser af værdien og behovet for anvendelsen af stofferne i produktionen, er der udpræget enighed om, at restindhold i fødevarer er uønsket og skal holdes så lavt som muligt. Dette er målet for de ansvarlige myndigheders arbejder, og det er senest udtrykt i regeringens oplæg til "Danmark som Foregangsland", hvor det i relation til fødevaresikkerheden fastslås, *"at grænseværdierne for pesticidrester skal fastsættes under hensyn til forsigtighedsprincippet og så lavt som overhovedet muligt."*

Godkendelse og fastsættelse af grænseværdier

Forudsætningen for anvendelsen af pesticider er bl.a., at den ikke må føre til et restindhold i de høstede afgrøder, der kan udgøre en sundhedsmæssig risiko for forbrugerne. Derfor kan anvendelsen først finde sted efter en omfattende godkendelsesprocedure, hvor der som et vigtigt led fastsættes grænseværdier for et eventuelt restindhold af stoffet og dets nedbrydningsprodukter.

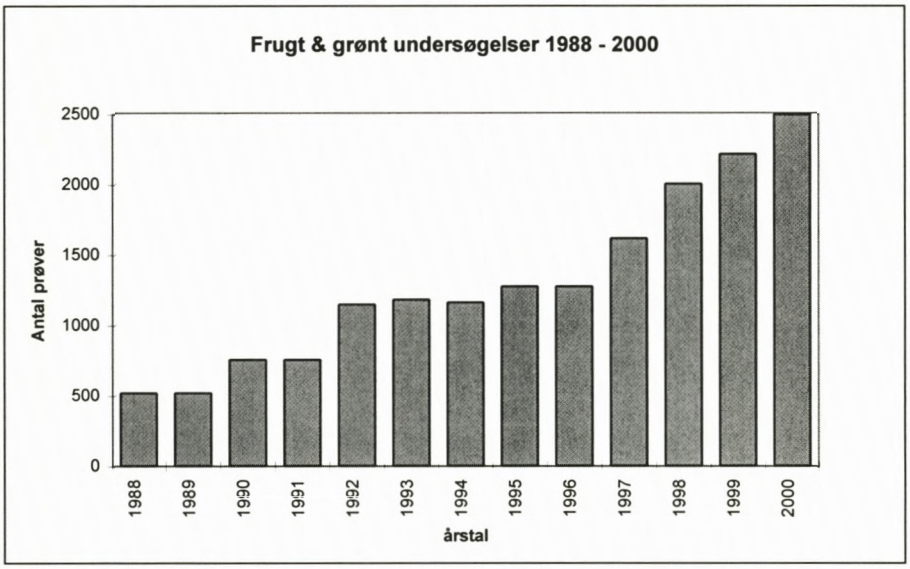
Grænseværdierne for acceptabelt restindhold fastsættes herhjemme af Veterinær- og Fødevaredirektoratet, der også deltager som dansk repræsentant i arbejdet med fastsættelsen

af internationalt gældende grænseværdier. Fastsættelsen sker på baggrund af en omhyggelig gennemgang og vurdering af et meget stort undersøgelses- og datamateriale, idet myndighederne stiller krav om en lang række undersøgelser til vurdering af bl.a. stoffernes fysisk-kemiske og miljømæssige egenskaber. Der skal ligeledes foretages feltforsøg til vurdering af behandlingseffektiviteten og af restindholdene i de behandlede afgrøder, og der stilles store krav til vurderingen af stoffernes toksikologiske egenskaber, herunder deres eventuelle reproduktionsskadende virkninger.

Pesticiderne er blandt de bedst undersøgte kemiske stoffer, og grænseværdierne fastsættes som beskrevet med en stor sikkerhedsmargen og ikke højere end nødvendigt ud fra anvendelsesmæssige overvejelser. Det skal fortsat understreges, at restindhold af pesticider i vore fødevarer generelt set er uønsket ud fra kvalitetsmæssige overvejelser, men med den omfattende godkendelsesprocedure kan det på et solidt grundlag ligeledes understreges, at restindhold, der overholder de fastsatte grænseværdier, ikke giver anledning til sundhedsmæssige bekymringer.

Kontrol af restindhold

Veterinær- og Fødevaredirektoratet har gennem mange år foretaget landsdækkende kontrol- og overvågningsundersøgelser af restindholdet af pesticider i fødevarer på det danske marked.



Figur 1. Udvikling i prøvetal i perioden 1988 – 2000. Number of samples per year of fruit and vegetables taken (or planed) in the years 1988 – 2000.

Undersøgelserne omfatter både danske og udenlandske fødevarer, herunder fra andre EU-medlemslande og fra udviklingslandene, og resultaterne offentliggøres i årlige rapporter fra direktoratet. Der er gennem de senere år foretaget en modernisering og intensivering af undersøgelserne i form af udvikling af mere følsomme analysemetoder og en forøgelse af det årlige prøveantal.

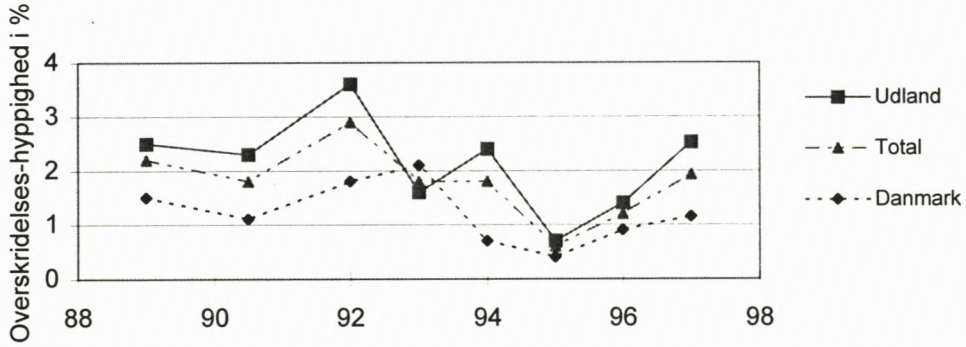
Undersøgelserne gennemføres som en stikprøvekontrol af frugt og grønt, korn m.v. til konsum og til industriel forarbejdning, og den nærmere planlægning sker under hensyntagen til resultaterne fra tidligere undersøgelser og til konsumet af de enkelte afgrøder. Prøveudtagelsen fordeles geografisk over hele landet og over hele året, og den omfatter primært frugt og grønt, hvor der erfaringsmæssigt er størst risiko for restindhold. Desuden udtages prøver af korn og klid samt af kød.

Det gennemgående resultat af undersøgelserne er, at restindholdet af pesticider i fødevarer på det danske marked generelt overholder de fastsatte grænseværdier. Dette fremgår af tabel 1, der som typiske værdier sammenfatter resultaterne af 1997-undersøgelserne af frugt og grønt. Som det fremgår af tabellen, er der fundet pesticidrester i ca. 1/3 af alle prøverne, medens 2/3 af prøverne ikke havde påviseligt indhold af pesticider. Mere end 75% af de påviste indhold er lavere end halvdelen af grænseværdien.

Tabel 1. Pesticidrester påvist i frugt og grøntsager 1997 for alle prøver af danske (694) og udenlandske (919) produkter og for alle prøver (1613). Residues found 1997 in fruit and vegetables for domestic and foreign products and for the total number of samples.

Indhold	Danske	Udenlandske	Alle prøver
Over grænseværdi	1%	3%	2%
Under grænseværdi	17%	42%	32%
Intet påvist	82%	55%	66%

Som det ligeledes fremgår af tabellen er der påvist restindhold i en højere procentdel af de udenlandske prøver end af de danske. Dette afspejler en tendens til, at der for sammenlignelige afgrøder er færrest påvisninger i danske produkter end i udenlandske. Denne tendens er mest udtalt for afgrøder som f.eks. tomater, agurker og peberfrugter, der er væksthusafgrøder i Danmark og dyrkes på friland i udlandet. Tendensen gælder dog ikke for alle afgrøder. Der er også eksempler, f.eks. visse bærsorter, hvor der er flere påvisninger i danske end i udenlandske afgrøder.



Figur 2. Hyppighed af overskridelser som procent af antallet af dansk, udenlandsk og det totale antal prøver af frugt og grøntsager udtaget i mistanke- og stikprøvekontrol i perioden 1989-1997. Frequency of exceedings as percentage of domestic and foreign products and of the total number of samples of fruit and vegetables in the years 1988 to 1997.

Andelen af prøver med indhold, der overskrider grænseværdien, har ligeledes været på samme niveau gennem de senere år. Der er mindre - ikke signifikante - forskelle mellem de enkelte år, hvor der, som vist i figur 1, er fundet overskridelser i 1 til 3% af det årlige prøvetal. Også her med en tendens til procentvis flere overskridelser i udenlandske end i danske prøver. Det skal tilføjes, at de enkelte overskridelser er klart uacceptable, men at de isoleret set har været sundhedsmæssigt uproblematiske, fordi grænseværdierne er fastsat med stor sikkerhedsmargen.

Undersøgelserne viser også en tendens til relativt flere påvisninger af restindhold i frugt, herunder bl.a. citrusfrugter og vindruer, end i grøntsager som f.eks. kål og kartofler. En nærmere sammenligning mellem de enkelte afgrøder og deres betydning for indtagelsen af pesticider er af flere grunde vanskelig, bl.a. fordi restindholdene af de enkelte pesticider ikke har sammenlignelige toksikologiske egenskaber. Hertil kommer, at hovedparten af restindholdet ofte fjernes ved skrælning af frugten. Det gælder bl.a. kiwi-frugter, hvor omkring 90% af restindholdet sidder uden på skrællen og normalt ikke indtages ved konsum af frugterne. Det skal understreges, at grænseværdien er fastsat for hele frugten inklusiv skrællen, hvorfor en fjernelse af denne er ensbetydende med en forøgelse af den sikkerhedsmargen, der er knyttet til grænseværdien.

Der har i de senere år været interesse for betydningen af forekomsten af flere pesticidrester i samme afgrøde. Der er derfor foretaget en særlig registrering og sundhedsmæssig vurdering af prøver, hvor der er påvist mere end en pesticidrest. Pesticiderne er dels vurderet isoleret, dels samlet ud fra forekomsten i alle fødevarer og sat i forhold til de sundhedsmæssige grænser. Yderligere er der foretaget en vurdering af den samlede eksponering med phosphorholdige pesticider. De konkrete fund har ikke givet anledning til sundhedsmæssige bekymrin-

ger, men der syntes at være en stor andel af specielt frugt, som indholder flere pesticider, og udviklingen vil blive nøje fulgt fremover.

Pesticidindtag via maden

Beregninger over befolkningens belastning med pesticider gennem maden viser, at den samlede gennemsnitlige indtagelse for en voksen person er under 0,2 mg om dagen. Disse beregninger er foretaget ud fra målinger af restindholdet i råvarer. Da indholdet typisk reduceres under transport, lagring og tilberedning vil den reelle belastning efter al sandsynlighed være lavere. Beregningerne viser ligeledes, at indtagelsen af de enkelte pesticider er af størrelsesorden 1% eller mindre af de sundhedsmæssige sikkerhedsgrænser, der i sig selv er fastlagt med stor sikkerhedsmæssig margen.

Spis mere frugt og grønt

Sammenfattende kan det fastslås, at anvendelsen af pesticider i landbrug og gartnerierhverv medfører restindhold i en del af de høstede afgrøder. Disse restindhold er klart uønskede af kvalitetsmæssige grunde og bør reduceres mest muligt, men det må samtidig konstateres, at indholdene generelt overholder gældende grænseværdier og er på så lavt niveau, at de ikke giver anledning til sundhedsmæssige bekymringer. Ingen kan naturligvis give en 100% garanti for sikkerhed, men det må understreges, at den sundhedsmæssige risiko ved restindhold i traditionelt dyrket frugt og grønt er væsentligt mindre end risikoen ved at undlade at følge rådet om: **Seks om dagen - spis mere frugt og grønt**.

Litteratur

Veterinær- og Fødevaredirektoratet. 1998. Pesticidrester i danske levnedsmidler 1997.

16. Danske Planteværnskonference 1999
Pesticider og miljø

Belastning af landjorden med pesticider via nedbør

Wet deposition of pesticides in Denmark: preliminary studies

Gitte Felding
Danmarks JordbrugsForskning
Nuværende adresse:
Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS)
Geokemisk afdeling
Thoravej 8
DK-2400 København NV

Willem A.H. Asman
Danmarks Miljøundersøgelser
Afdeling for Atmosfærisk Miljø
Frederiksborgvej 399
DK-4000 Roskilde

Niels Henrik Spliid
Danmarks JordbrugsForskning
Afdeling for Plantebeskyttelse
Forskningscenter Flakkebjerg
DK-4200 Slagelse

Summary

The concentrations of pesticides in precipitation were investigated during the period May 1996 - December 1998 at three sites on Zealand in Denmark (Gadevang, Gisselfeld and Loprup). These sites had not been directly affected by local emissions. They were analysed for isoproturon and the phenoxyalkanoic acid herbicides MCPA, mecoprop, and dichlorprop. This project was part of a larger project, whose purpose was to study the effects of pesticides in precipitation on plants and plant ecosystems. The highest measured concentrations were 0.9 µg/l for isoproturon and 0.6 µg/l for phenoxyalkanoic acid herbicides. In most cases the concentrations in precipitation were found at times when the pesticides were known to be applied to crops. Combined samples for these three sites for the period September 1996 - November 1997 were analysed for 44 compounds. Concentrations over the detection limit were only found for isoproturon, metamitron, DNOC (2-methyl-4,6-dinitrophenol), mecoprop, methabenzthiazuron, 2-hydroxyterbuthylazine, terbuthylazine and 2,4-D. Unexpectedly high concentrations of DNOC (0,38 - 4,5µg/l) were found during the whole

sampling period. Although DNOC has not been applied in Denmark since 1986, but is also found in the top layers of the ground water and in streams. Current literature indicates that DNOC is likely to be formed by photochemical reactions of toluene and nitrogen oxides in the atmosphere. The atmospheric deposition of DNOC, mecoprop and isoproturon is respectively 7.5-, 0.3- and 0.3 g/ha/year.

Pesticides will in general be transported over distances of more than several hundred kilometres before they are deposited, unless they are (photochemically) degraded in the atmosphere at a high rate.

Indledning og baggrund

Pesticider kommer i atmosfæren ved fordampning efter sprøjtning eller ved, at jordstøv hvirvles op. Den første kilde er langt den vigtigste. Hvor stor en procentdel af den anvendte mængde, der kommer op i atmosfæren, afhænger blandt andet af sprøjteudstyret og -metoden, pesticidernes kemiske- og fysiske egenskaber, tilstedeværelsen af tilsætningsstoffer i sprøjtevæsken, afgrødens bladareal og de meteorologiske forhold. Det er især Henry's lov konstanten (jord) eller damptrykket (afgrøder), der er af afgørende betydning for den procentuelle fordampning. Fordampningen er ikke uden betydning og kan for nogle gamle midler være helt op til 70% af den anvendte mængde. De fordampede pesticider kan transporteres i atmosfæren, før de igen bliver afsat på overfladen. Hvor langt et stof transporteres afhænger af dets atmosfæriske levetid, som bestemmes af, hvor hurtigt det fjernes fra atmosfæren ved reaktion, tørdeposition og våddeposition. Det skal bemærkes, at der ikke sker en egentlig fjernelse ved reaktion. Stoffet forsvinder umiddelbart, men blot fordi der dannes andre stoffer, som muligvis også kan være giftige. Pesticider med et lavt damptryk kan kondenseres på atmosfæriske partikler. Partikler fjernes med andre hastigheder fra atmosfæren end gasser, og derfor har partikeldannelse også indflydelse på stoffets atmosfæriske levetid.

Ved hvirvler i luften tæt ved overfladen (jord, vegetation, hav) kan der udveksles stof mellem overfladen og atmosfæren. Hvis koncentrationen af et gasformigt pesticid i atmosfæren er større end i overfladen, transporteres det til overfladen. I det tilfælde taler man om (netto-) tørdeposition. Hvis det omvendte er tilfældet, finder der transport sted fra overfladen til atmosfæren, dette kaldes emission. Udvekslingen afhænger også af overfladens egenskaber, som bestemmer hvor godt et stof, som er havnet der, bliver bundet, og desuden bestemmer overfladens ruhed den turbulens, som bevirker udvekslingen. Det skal bemærkes, at der også kan finde emission sted af gasser, som er tørdeponerede. Det kræver blot, at koncentrationen i luften på et tidspunkt bliver lavere end koncentrationen i overfladen. Denne proces kaldes re-emission. Tørdepositionshastigheden for partikler afhænger ikke i høj grad af koncentrationen i overfladen men af hvirvler i luften, og især partiklernes diffusionshastighed gennem et laminært lag tæt ved overfladen og af overfladens beskaffenhed. Da partiklernes diffusionshastighed afhænger af deres størrelse, afhænger også tørdepositionshastigheden af størrelsen. Tørdepositionshastigheden for partikler er ikke særlig stor.

Tørdepositionshastigheden for gasser afhænger meget af egenskaberne, som vandopløselighed og reaktivitet. Letopløselige og reaktive gasser fjernes hurtigst. Tæt ved overfladen i nærheden af en lav kilde, som f.eks. en sprøjtet mark, er koncentrationen af pesticid i luften ofte ret høj, og der kan derfor afsættes op til 30% (på afgrøder) eller 50% (på skove) af emissionen inden for 1 km fra kilden. Det er et maks. tal, som kun gælder for letopløselige gasser. For mange pesticider vil tallet dog være meget mindre.

Våddeposition er fjernelse ved nedbør. Våddepositionens hastighed afhænger af nedbørsintensiteten, af gassernes vandopløselighed eller af partiklernes størrelse. Fjernelse ved regndråber under skyerne (below-cloud scavenging) kan ikke være større end fjernelse ved processerne i skyerne (in-cloud scavenging) og er ofte mindre (for højt opløselige gasser og for partikler). Below-cloud scavenging spiller kun en dominerende rolle, så længe størstedelen af stoffet befinder sig under skyen, det vil sige i nogle kilometers afstand fra en lav kilde, som en sprøjtet mark. På grund af vertikal opblanding aftager koncentrationen tæt ved overfladen meget med afstanden til kilden, og dermed bliver tørdepositionen også meget mindre med afstanden.

Der er fysiske begrænsninger for, hvor hurtigt stoffer kan fjernes ved deposition. Tørdeposition kan ikke foregå hurtigere, end hvirvlerne kan transportere stoffet til overfladen. Våddeposition kan kun foregå, når der er nedbør. Det regner ca. 5-10% af tiden, det vil sige, at stoffer gennemsnitlig kan transporteres over store afstande, før de møder et nedbørsområde. På grund af tørdeposition vil koncentrationen aftage eksponentiel med maksimalt ca. 15% i timen efter opblanding (som nævnt ovenfor, kan tørdepositionen være betydelig før opblandingen). Det betyder, at der efter 15 timer (ca. 300 km ved en vindhastighed på 5 m s^{-1}) er 10% af stoffet tilbage. Men det er situationen for en meget letopløselig gas. For de fleste stoffer, især for partikler, vil fjernelseshastigheden ved tørdeposition være meget mindre og der vil være 10% tilbage efter flere tusinde kilometer. En forholdsvis høj reaktionshastighed kan dog ændre billedet. Generelt set er det snarere reglen end undtagelsen, at stoffer kan transporteres over flere hundrede til tusinde kilometer (se også van Pul *et al.*, 1998). For et stof som γ-HCH (lindan) er levetiden så stor, at det estimeres, at kun 45% af den europæiske emission fjernes i Europa ved deposition og reaktion, resten transporteres til andre områder (van Jaarsveld *et al.*, 1997). Den procentuelle del af det udenlandske bidrag til luftkoncentrationen i Danmark afhænger ikke udelukkende af stoffets atmosfæriske levetid men også af forholdet af kildestyrke mellem udenlandske og danske kilder, samt den retning hvori de betydningsfulde udenlandske kilder ligger. Hvis koncentrationerne er så lave, at de ligger under detektionsgrænsen, betyder det ikke, at stoffet ikke findes, eller at stoffet ikke transporteres langt.

For at kunne få et indtryk af stoffernes levetid eller kildestyrke i Danmark i forhold til den i udlandet er det nødvendigt at udføre atmosfæriske målinger (koncentrationer i luft, tør- og våddeposition). Ved at måle på flere stationer kan man i princippet få et indtryk af, om stofferne stammer fra lokale kilder eller kan være langtransporterede. Det er en af grundene til, at der er udført analyser af pesticider i nedbør.

I et samarbejdsprojekt i Nordisk Ministerråds regi er der fra 1992 til 1994 udtaget regnvandsprøver fra 2 lokaliteter i Danmark henholdsvis fra Ulborg plantage 10 km fra den jyske vestkyst og fra Gadevang ved Gribskov. Prøvernes indhold blev undersøgt for følgende 10 pesticider: propiconazol, prochloraz, lambda-cyhalothrin, cypermethrin, esfenvalerat, deltamethrin, atrazin, mechlorprop, dichlorprop og MCPA. Kun phenoxysyrerne blev påvist, de højeste koncentrationer var på knapt 0,4 µg/l (Kirknel og Felding, 1995).

Danmarks Miljøundersøgelser har i 1990-1991 målt indholdet af α-HCH og γ-HCH (lindan) i regnvand på 2 lokaliteter i Danmark henholdsvis Husby og Ulborg i Vestjylland. I 1992 blev der målt på 3 lokaliteter henholdsvis Ulborg, Bagenkop og Anholt. De maksimale koncentrationer blev målt til 0,1 µg/l, konklusionen var, at forekomsten af lindan stammede fra brugen i lande syd og vest for Danmark (Cleemann *et al.*, 1995).

Et projekt finansieret af Miljøstyrelsens Pesticidforskningsmidler omhandlende forekomst af herbicider i nedbør og effekt heraf på planter og plantesamfund er nu under afslutning og vil blive omtalt her. Der er udtaget nedbørsprøver fra 3 sjællandske lokaliteter Gadevang, Gisselfeld og Lorup, som analyseres for phenoxysyrerne: MCPA, mechlorprop og dichlorprop samt for isoproturon. I efteråret 1997 blev der analyseret 13 prøver indeholdende blandingsvand fra de 3 ovennævnte lokaliteter, prøverne repræsenterede perioden fra september 1996 til november 1997. Der blev i alt påvist 8 forskellige pesticidkemikalier ud af 44, det er; isoproturon, metamitron, DNOC (2,4-dinitro-6-methylphenol), mechlorprop, methabenzthiazuron, 2-hydroxyterbuthylazin, terbuthylazin og 2,4-D. DNOC blev fundet igennem hele perioden og i et forholdsvis højt koncentrationsområde.

Metoder

Lokaliteter

Lokaliteterne er valgt således, at de ikke er i umiddelbar kontakt med landbrugsarealer. De er alle 3 beliggende i en lysning i en skov.

Der udtages prøver i perioden fra marts/april, når de første sprøjtninger udføres og til november/december, hvor de sidste sprøjtninger udføres, inden frosten sætter ind.

Pesticider

Som modelstoffer er valgt phenoxysyrerne og isoproturon. Phenoxysyrerne havde, da projektet startede i 1996, en udbredt anvendelse forår og efterår. I starten af 1997 meddelte Miljøstyrelsen, at de produkter, som indeholdt phenoxysyrer, generelt set ikke måtte anvendes om efteråret efter 1. august 1997.

Isoproturon var i 1996 godkendt til anvendelse både forår og efterår, men fra 1997 var det kun efterårsanvendelsen, der var tilladt.

Stofferne er fundet i nedbør fra vore nabolande (Kirknel og Felding, 1996).

Opsamlingsudstyr

Regnvandet opsamles via glastragte (20 cm i diameter), som ophænges i ca. 2 meters højde over terræn, fra glastragten løber vandet gennem en teflonslange ned i en 2 liters glasflaske, som er isoleret af hensyn til temperatursvingninger og lyspåvirkninger. På hver lokalitet er der placeret 4 flasker, som hver især for at få et tilstrækkeligt volumen opsamler vand fra 2 tragte. Flaskerne er tilsat syre for at forsinke/forhindre nedbrydningen af de pesticider, der måtte være i regnvandet.

Analyser

Metoden til at bestemme isoproturon i prøverne består af en opkoncentrering via fast fase ekstraktion. Phenoxysyrerne i prøverne bestemmes også ved opkoncentrering via fast fase ekstraktion, derefter derivatiseres de med pentafluorbenzylbromid, hvorved de tilsvarende pentafluorbenzylestre dannes. Prøverne analyseres ved GC/MS i SIM og SCAN mode.

Der er udført flere tilsætningsforsøg (spikede vandprøver, som behandles som regnvandsprøverne) i koncentrationsområdet 0,05µg/l-1,00 µg/l, r^2 værdierne var ≥0,95, og detektionsgrænserne varierede mellem 0,01µg/l og 0,09 µg/l. Detektionsgrænserne fastlægges (Miller og Miller, 1988) hver gang, der analyseres et sæt prøver ved sammen med prøverne at kvantificere tilsætningsforsøget. Prøverne scannes for at identificere, om det er isoproturon, mechlorprop, MCPA eller dichlorprop etc. Resultaterne fra kørslerne overføres til SAS, som udregner detektionsgrænser og beregner koncentrationerne i prøverne ud fra kalibreringskurven.

Resultater

Der er resultater fra perioden fra maj 1996 til 1998 for phenoxysyrernes vedkommende og til september 1998 for isoproturons vedkommende.

Resultaterne for phenoxysyrerne fremgår af tabel 1-3. På lokalitet Gadevang er der kun påvist mechlorprop i perioden oktober 1996 til medio november 1996, på lokaliteterne Lorup og Gisselfeld er alle 3 phenoxysyrer påvist 1996. I 1997 ses kun mechlorprop i en enkelt prøve fra Lorup, prøven stammer fra november måned.

De produkter, der var på markedet i 1996 indeholdende phenoxysyrer, blev forbudt pr. 1-8-1997, men derefter kunne firmaerne søge om nye godkendelser til produkter indeholdende phenoxysyrer. Det har medført, at der i dag er et antal produkter indeholdende phenoxysyrer, som er godkendte til ukrudtsbekæmpelse i frøgræs og græsplæner samt til bekæmpelse af rodukrudt i korn i de sene sprøjtestadier. Godkendelserne er udelukkende baseret på afgrødens dækningsgrad, det vil sige på kravet om max. 100 g´s (for dichlorprop 60 g´s) afsætning på jordoverfladen.

Phenoxysyrerne i rækkefølgen; mechlorprop, MCPA og dichlorprop, er i 1996 påvist i følgende koncentrationer; fra 0,02 µg/l til 0,15 µg/l, fra 0,08 µg/l til 0,14 µg/l og fra 0,1 µg/l til 0,63 µg/l. Der er en klar sammenhæng mellem forekomsten i regnvandet og udsprøjtningstidspunktet (Felding, 1998).

På lokalitet Gadevang er der ikke påvist phenoxysyrer i hele 1997, dog er der ingen prøver fra 15-10 til 3-11, i Lorup er der ingen af prøverne fra perioden 15-9 til 3-11, som er blevet analyseret for phenoxysyrer, i den efterfølgende periode er der dog konstateret mechlorprop. På lokalitet Gisselfeld er der ikke påvist phenoxysyrer i 1997, her er der dog 2 perioder uden analyser, det er fra 15-9 til 6-10 og igen fra 15-10 til 3-11.

Tabel 1. Koncentrationen i µg/l (95% konfidensgrænserne) af phenoxysyrer i regnvand fra Gadevang. Phenoxyalkanoic acid herbicides in rain from Gadevang.

Lokalitet	Opsamlingsperiode	Mechlorprop µg/l	MCPA µg/l	Dichlorprop µg/l
Gadevang	10/5-20/5-1996	Ir	Ir	Ir
Gadevang	20/5-28/5-1996	Ir	Ir	Ir
Gadevang	28/5-10/6-1996	Ir	Ir	Ir
Gadevang	10/6-20/6-1996	Ir	Ir	Ir
Gadevang	20/6-5/7-1996	Ir	Ir	Ir
Gadevang	5/7-21/7-1996	Ir	Ir	Ir
Gadevang	21/7-19/8-1996	Ir	Ir	Ir
Gadevang	19/8-3/9-1996	Ir	Ir	Ir
Gadevang	3/9-16/9-1996	Ir	Ir	Ir
Gadevang	16/9-2/10-1996	Ir	Ir	Ir
Gadevang	2/10-21/10-1996	0,087(0,086;0,089)	Ir	Ir
Gadevang	21/10-31/10-1996	0,081(0,080;0,082)	Ir	Ir
Gadevang	31/10-12/11-1996	0,020(0,019;0,022)	Ir	Ir
Gadevang	12/11-25/11-1996	Ir	Ir	Ir
Gadevang	16/4-5/5-1997	Ir	Ir	Ir
Gadevang	5/5-21/5-1997	Ir	Ir	Ir
Gadevang	21/5-3/6-1997	Ir	Ir	Ir
Gadevang	3/6-24/6-1997	Ir	Ir	Ir
Gadevang	24/6-2/7-1997	Ir	Ir	Ir
Gadevang	2/7-29/29-1997	Ir	Ir	Ir
Gadevang	29/7-11/8-1997	Ir	Ir	Ir
Gadevang	11/8-1/9-1997	Ir	Ir	Ir
Gadevang	1/9-15/9-1997	Ir	Ir	Ir
Gadevang	15/9-6/10-1997	Ir	Ir	Ir
Gadevang	6/10-15/10-1997	Ir	Ir	Ir
Gadevang	15/10-03/11-1997	¤	¤	¤
Gadevang	03/11-14/11-1997	Ir	Ir	Ir
Gadevang	14/11-02/12-1997	Ir	Ir	Ir

Ir = Intet respons ¤ = Kun til IPU

Tabel 2. Koncentrationen i µg/l (95% konfidensgrænserne) af phenoxysyrer i regnvand fra Lorup. Phenoxyalkanoic acid herbicides in rain from Lorup.

Lokalitet	Opsamlingsperiode	Mechlorprop µg/l	MCPA µg/l	Dichlorprop µg/l
Lorup	14/5-20/5-1996	Ir	Ir	Ir
Lorup	20/5-28/5-1996	0,018(0,017;0,019)	0,075(0,072;0,077)	0,632(0,623;0,642)
Lorup	28/5-10/6-1996	Ir	0,102(0,099;0,104)	0,148(0,146;0,150)
Lorup	10/6-20/6-1996	Ir	0,124(0,119;0,130)	0,204(0,200;0,207)
Lorup	20/6-5/7-1996	Ir	Ir	Ir
Lorup	5/7-21/7-1996	Ir	0,092(0,087;0,097)	0,202(0,199;0,205)
Lorup	21/7-19/8-1996	Ir	Ir	Ir
Lorup	19/8-3/9-1996	Ir	Ir	Ir
Lorup	3/9-16/9-1996	Ir	Ir	Ir
Lorup	16/9-2/10-1996	Ir	Ir	Ir
Lorup	2/10-21/10-1996	0,143(0,142;0,145)	Ir	Ir
Lorup	21/10-31/10-1996	0,145(0,144;0,147)	Ir	Ir
Lorup	31/10-12/11-1996	0,064(0,060;0,068)	Ir	Ir
Lorup	12/11-25/11-1996	0,031(0,027;0,034)	Ir	Ir
Lorup	3/4-14/4-1997	Ir	Ir	Ir
Lorup	15/4-5/5-1997	Ir	Ir	Ir
Lorup	5/5-21/5-1997	Ir	Ir	Ir
Lorup	21/5-3/6-1997	Ir	Ir	Ir
Lorup	3/6-24/6-1997	Ir	Ir	Ir
Lorup	24/6-2/7-1997	Ir	Ir	Ir
Lorup	2/7-29/29-1997	Ir	Ir	Ir
Lorup	29/7-11/8-1997	Ir	Ir	Ir
Lorup	11/8-1/9-1997	Ir	Ir	Ir
Lorup	1/9-15/9-1997	Ir	Ir	Ir
Lorup	15/9-6/10-1997	¤	¤	¤
Lorup	6/10-15/10-1997	¤	¤	¤
Lorup	15/10-03/11-1997	¤	¤	¤
Lorup	03/11-14/11-1997	0,086(0,084;0,089)	Ir	Ir
Lorup	14/11-02/12-1997	Ir	Ir	Ir

Ir = Intet respons ¤ = Kun til IPU

Tabel 3. Koncentrationen i µg/l (95% konfidensgrænserne) af phenoxysyrer i regnvand fra Gisselfeld. Phenoxyalkanoic acid herbicides in rain from Gisselfeld.

Lokalitet	Opsamlingsperiode	Mechlorprop µg/l	MCPA µg/l	Dichlorprop µg/l
Gisselfeld	15/5-20/5-1996	Ir	0,081(0,077;0,084)	0,351(0,346;0,356)
Gisselfeld	20/5-28/5-1996	0,089(0,082;0,097)	0,143(0,136;0,151)	0,220(0,214;0,226)
Gisselfeld	28/5-10/6-1996	Ir	Ir	0,106(0,103;0,108)
Gisselfeld	10/6-20/6-1996	Ir	Ir	Ir
Gisselfeld	20/6-5/7-1996	Ir	Ir	Ir
Gisselfeld	5/7-21/7-1996	Ir	Ir	Ir
Gisselfeld	21/7-19/8-1996	Ir	Ir	Ir
Gisselfeld	19/8-3/9-1996	Ir	Ir	Ir
Gisselfeld	3/9-16/9-1996	Ir	Ir	Ir
Gisselfeld	16/9-2/10-1996	Ir	Ir	Ir
Gisselfeld	2/10-21/10-1996	0,073(0,072;0,074)	Ir	Ir
Gisselfeld	21/10-31/10-1996	0,033(0,032;0,034)	Ir	Ir
Gisselfeld	31/10-12/11-1996	Ir	Ir	Ir
Gisselfeld	12/11-25/11-1996	Ir	Ir	Ir
Gisselfeld	¾-15/4-1997	Ir	Ir	Ir
Gisselfeld	15/4-5/5-1997	Ir	Ir	Ir
Gisselfeld	5/5-21/5-1997	Ir	Ir	Ir
Gisselfeld	21/5-3/6-1997	Ir	Ir	Ir
Gisselfeld	3/6-24/6-1997	Ir	Ir	Ir
Gisselfeld	24/6-2/7-1997	Ir	Ir	Ir
Gisselfeld	2/7-29/29-1997	Ir	Ir	Ir
Gisselfeld	29/7-11/8-1997	Ir	Ir	Ir
Gisselfeld	11/8-1/9-1997	Ir	Ir	Ir
Gisselfeld	1/9-15/9-1997	Ir	Ir	Ir
Gisselfeld	15/9-6/10-1997	¤	¤	¤
Gisselfeld	6/10-15/10-1997	Ir	Ir	Ir
Gisselfeld	15/10-03/11-1997	¤	¤	¤
Gisselfeld	03/11-14/11-1997	Ir	Ir	Ir
Gisselfeld	14/11-02/12-1997	Ir	Ir	Ir

Ir = Intet respons ¤ = Kun til IPU

Tabel 4. Koncentrationen i µg/l (95% konfidensgrænserne) af isoproturon i regnvand fra Gadevang. Isoproturon in rain from Gadevang.

Lokalitet	Opsamlingsperiode	Isoproturon i µg/l
Gadevang	10/5-20/5-1996	Ir
Gadevang	20/5-28/5-1996	Ir
Gadevang	28/5-10/6-1996	Ir
Gadevang	10/6-20/6-1996	*
Gadevang	20/6-5/7-1996	Ir
Gadevang	5/7-21/7-1996	*
Gadevang	21/7-19/8-1996	Ir
Gadevang	19/8-3/9-1996	Ir
Gadevang	3/9-16/9-1996	Ir
Gadevang	16/9-2/10-1996	Ir
Gadevang	2/10-21/10-1996	0,257(0,223;0,292)
Gadevang	21/10-31/10-1996	Ir
Gadevang	31/10-12/11-1996	Ir
Gadevang	12/11-25/11-1996	Ir
Gadevang	16/4-5/5-1997	Ir
Gadevang	5/5-21/5-1997	Ir
Gadevang	21/5-3/6-1997	Ir
Gadevang	3/6-24/6-1997	Ir
Gadevang	24/6-2/7-1997	Ir
Gadevang	2/7-29/7-1997	Ir
Gadevang	29/7-11/8-1997	Ir
Gadevang	11/8-1/9-1997	Ir
Gadevang	1/9-15/9-1997	Ir
Gadevang	15/9-6/10-1997	0,073(0,071;0,075)
Gadevang	6/10-15/10-1997	0,039(0,038;0,04)
Gadevang	15/10-03/11-1997	0,859(0,846;0,873)
Gadevang	03/11-14/11-1997	Ir
Gadevang	14/11-02/12-1997	Ir
Gadevang	24/3-6/4-1998	Ir
Gadevang	6/4–23/4-1998	Ir
Gadevang	23/4–11/5-1998	Ir
Gadevang	29/5–11/6-1998	Ir
Gadevang	11/6–25/6-1998	Ir
Gadevang	25/6–3/7-1998	Ir
Gadevang	3/7–28/7-1998	Ir
Gadevang	28/7–18/8-1998	Ir
Gadevang	18/8–7/9-1998	Ir

Ir = Intet respons * = Kun til phenoxysyrer

Tabel 5. Koncentrationen i µg/l (95% konfidensgrænserne) af isoproturon i regnvand fra Lorup. Isoproturon in rain from Lorup.

Lokalitet	Opsamlingsperiode	Isoproturon i µg/l
Lorup	14/5-20/5-1996	Ir
Lorup	20/5-28/5-1996	Ir
Lorup	28/5-10/6-1996	*
Lorup	10/6-20/6-1996	*
Lorup	20/6-5/7-1996	Ir
Lorup	5/7-21/7-1996	*
Lorup	21/7-19/8-1996	Ir
Lorup	19/8-3/9-1996	Ir
Lorup	3/9-16/9-1996	Ir
Lorup	16/9-2/10-1996	0,011(0,010;0,012)
Lorup	2/10-21/10-1996	0,171(0,142;0,201)
Lorup	21/10-31/10-1996	0,080(0,071;0,088)
Lorup	31/10-12/11-1996	0,030(0,024;0,036)
Lorup	12/11-25/11-1996	Ir
Lorup	3/4-14/4-1997	Ir
Lorup	15/4-5/5-1997	Ir
Lorup	5/5-21/5-1997	Ir
Lorup	21/5-3/6-1997	Ir
Lorup	3/6-24/6-1997	Ir
Lorup	24/6-2/7-1997	Ir
Lorup	2/7-29/7-1997	Ir
Lorup	29/7-11/8-1997	*
Lorup	11/8-1/9-1997	Ir
Lorup	1/9-15/9-1997	Ir
Lorup	15/9-6/10-1997	0,099(0,098;0,100)
Lorup	6/10-15/10-1997	Ir
Lorup	15/10-03/11-1997	Ir
Lorup	03/11-14/11-1997	Ir
Lorup	14/11-02/12-1997	Ir
Lorup	24/3–6/4-1998	Ir
Lorup	23/4–11/5-1998	Ir
Lorup	29/5-11/6-1998	Ir
Lorup	25/6–3/7-1998	Ir
Lorup	3/7–28/7-1998	Ir
Lorup	28/7–18/8-1998	Ir
Lorup	18/8–7/9-1998	Ir

Ir = Intet respons *= Kun til phenoxysyrer

Tabel 6. Koncentrationen i µg/l (95% konfidensgrænserne) af isoproturon i regnvand fra Gisselfeld. Isoproturon in rain from Gisselfeld.

Lokalitet	Opsamlingsperiode	Isoproturon i µg/l
Gisselfeld	15/5-20/5-1996	Ir
Gisselfeld	20/5-28/5-1996	Ir
Gisselfeld	28/5-10/6-1996	*
Gisselfeld	10/6-20/6-1996	*
Gisselfeld	20/6-5/7-1996	Ir
Gisselfeld	5/7-21/7-1996	*
Gisselfeld	21/7-19/8-1996	Ir
Gisselfeld	19/8-3/9-1996	Ir
Gisselfeld	3/9-16/9-1996	Ir
Gisselfeld	16/9-2/10-1996	Ir
Gisselfeld	2/10-21/10-1996	0,383(0,346;0,428)
Gisselfeld	21/10-31/10-1996	0,081(0,075;0,087)
Gisselfeld	31/10-12/11-1996	0,044(0,038;0,050)
Gisselfeld	12/11-25/11-1996	Ir
Gisselfeld	3/4-15/4-1997	Ir
Gisselfeld	15/4-5/5-1997	Ir
Gisselfeld	5/5-21/5-1997	Ir
Gisselfeld	21/5-3/6-1997	Ir
Gisselfeld	3/6-24/6-1997	Ir
Gisselfeld	24/6-2/7-1997	Ir
Gisselfeld	2/7-29/7-1997	Ir
Gisselfeld	29/7-11/8-1997	*
Gisselfeld	11/8-1/9-1997	Ir
Gisselfeld	1/9-15/9-1997	Ir
Gisselfeld	15/9-6/10-1997	Ir
Gisselfeld	6/10-15/10-1997	Ir
Gisselfeld	15/10-03/11-1997	0,398(0,392;0,404)
Gisselfeld	03/11-14/11-1997	Ir
Gisselfeld	14/11-02/12-1997	Ir
Gisselfeld	24/3–6/4-1998	Ir
Gisselfeld	6/4–23/4-1998	0,287(0,280;0,294)
Gisselfeld	23/4–11/5-1998	Ir
Gisselfeld	29/5–11/6-1998	Ir
Gisselfeld	11/6–26/6-1998	Ir
Gisselfeld	26/6–3/7-1998	Ir
Gisselfeld	3/7–28/7-1998	Ir
Gisselfeld	28/7–18/8-1998	Ir
Gisselfeld	18/8–7/9-1998	Ir

Ir = Intet respons * = Kun til phenoxysyrer

I løbet af efteråret 1997 fik vi mulighed for at få analyseret nogle frosne prøver for op til 44 forskellige pesticidkemikalier. Der blev optøet prøver udtaget fra september 1996 til november 1997 og fremstillet blandingsprøver fra de 3 lokaliteter. Analyserne blev udført af DMU, Afdeling for Miljøkemi. Hvilke pesticidkemikalier, der blev analyseret for, fremgår af tabel 7.

Tabel 7. Liste over de pesticidkemikalier der indgår i DMU´s analysemetode. List of pesticides.

Komponenter i DMU´s analysemetode
Atrazin
Atrazin-2-hydroxy
BAM(2,6-Dichlorbenzamid)
Carbofuran
Chloridazon
Cyanazin
Deethyl-terbuthylazin
Deethylatrazin
Deisopropylatrazin
Dimethoat
Diuron
Hexazinon
Hydroxy-carbofuran
Isoproturon
Linuron
Metamitron
Methabenzthiazuron
Metribuzin
Pirimicarb
Prochloraz
Propiconazol
Propyzamid
Simazin
Terbuthylazin,2-hydroxy
Terbuthylazin
Triadimenol
2,4-D
2,4-dichlorphenol
Benazolin
Bentazon
Bromoxynil
Chlorsulfuron
DNOC
Dicamba
Dichlorprop
Dinoseb
Flamprop
Fluazifop
Ioxynil
MCPA
Mechlorprop
Metsulfuron-methyl
Triasulfuron
Thifensulfuron-methyl

I tabel 8 ses koncentrationerne af de 8 forskellige pesticidkemikalier, som blev fundet i blandingsprøverne, udover herbiciderne mechlorprop og isoproturon, som også blev påvist i ovenstående prøver, er nedenstående stoffer påvist i forholdsvis lave koncentrationer fra 2 til 5 gange i perioden, det er; metamitron, methabenzthiazuron, 2-hydroxyterbuthylazin, terbuthylazin og 2,4-D. DNOC er derimod fundet i regnvand fra hele udtagningsperioden og i koncentrationer fra 0,38 µg/l til 4,5 µg/l.

Tabel 8. Koncentrationen af pesticidkemikalier i regnvandsprøver udtaget i perioden fra september 1996 til november 1997. Prøverne, som for de flestes vedkommende er blandingsprøver fra de 3 lokaliteter; Lorup, Gisselfeld og Gadevang, repræsenterer typisk en periode på 2-3 uger. Der er i alt analyseret for 44 pesticidkemikalier i de 13 prøver, koncentrationerne, som er bestemt på DMU, opgives i µg/l. Concentrations of pesticides in rain samples taken from September 1996 – November 1997.

Udtaget	IPU	metamitron	DNOC	MCPP	methabenz-thiazuron	2-hydroxy-terbuthylazin	terbuthylazin	2,4-D
Sept.96	0,007		0,61	0,005				
Oktober	0,20	0,019	4,5	0,23				
Oktober	0,054	0,039	0,69	0,07				
Novem.	0,017	0,038	0,89	0,07				
Novem.			0,77	0,030	0,013			
April 97			0,82	0,016	0,008	0,096		
Maj			0,31	0,015		0,098	0,008	
Juni			0,57	0,012			0,009	
August		0,024	1,6					
Sept.			0,38	0,005				0,046
Sept.	0,17	0,088	1,3	0,068		0,015	0,008	0,059
Oktober			0,44	0,016				0,013
Oktober	0,29		0,47	0,076				

DNOC er også målt i udlandet. I skyvand fandtes koncentrationer på 0,26-2,13 µg/l i England (Lüttke og Levsen, 1997), og på 0,9-12,5 µg/l i Tyskland (Richartz *et al.*, 1990). For regnvand findes der målinger i Schweiz, som viser koncentrationer på 0,95-1,6 µg/l (Leuenberger *et al.*, 1988). De koncentrationer, der er påvist i regnvand fra Danmark, er i samme størrelsesorden, som dem der stammer fra i England, Tyskland og Schweiz.

I tabel 9 er den målte koncentration af pesticidkemikalier - fra tabel 8 - omregnet fra µg/l til g/ha. Som det fremgår af tabellen, tilfører DNOC jorden og dermed indirekte grundvandet knapt 90% af den totale mængde pesticidkemikalier (7,5 g af 8,5 g), som der er påvist ved den udvidede analyse.

DNOC er det eneste af de 8 påviste pesticidkemikalier, som ikke længere anvendes i Danmark, det er ca. 10 år siden stoffet har været brugt. I 1996 blev det stadig anvendt i nogle få lande i Europa og formentlig også udenfor. DNOC er herhjemme påvist i overfladenært grundvand og i vandløb (Spliid *et al.*, 1996).

De ca. 7,5 g DNOC, som arealet er blevet tilført, udgør i forhold til den dosis, som var praksis tilbage i firserne (ca. 2 kg a.i. pr. ha), kun en meget lille andel.

Tabel 9. Koncentrationen af pesticidkemikalier i g pr. ha. Concentration of pesticides in g pr. ha.

Udtaget	IPU	metamitron	DNOC	MCPP	methabenz-thiazuron	2-hydroxy-terbuthylazin	terbuthylazin	2,4-D
Sept. **96**	0,007		0,632	0,005				
Oktober	0,050	0,005	1,132	0,058				
Oktober	0,053	0,038	0,676	0,069				
Novem.	0,018	0,040	0,944	0,074				
Novem.			0,657	0,026	0,011			
April **97**			0,640	0,012	0,006	0,075		
Maj			0,271	0,013		0,086	0,007	
Juni			0,356	0,007			0,006	
August		0,014	0,920					
Sept.			0,077	0,001				0,009
Sept.	0,072	0,037	0,548	0,029		0,006	0,003	0,025
Oktober			0,454	0,017				0,013
Oktober	0,116		0,188	0,030				
Total	*0,316*	*0,134*	*7,496*	*0,341*	*0,017*	*0,167*	*0,016*	*0,048*

Konklusion

Især for phenoxysyrernes og isoproturons vedkommende er der en klar sammenhæng mellem forekomsten i regnvandet og udsprøjtningstidspunktet.

Koncentrationen af DNOC er høj, og stoffet påvises også i regnvand opsamlet i perioder, hvor man ikke ville sprøjte. Det tyder på, at der enten findes andre kilder for DNOC, eller at DNOC's levetid er meget lang (måneder). DNOC er påvist i regnvandet gennem hele perioden, det er derfor overvejende sandsynligt, at dets tilstedeværelse primært skyldes dannelsen af stoffet i atmosfæren. DNOC hører til en gruppe stoffer, der hedder nitrophenoler, disse er generelt set giftige for planter. Nogle af nitrophenolerne anvendes af denne grund som pesticid.

DNOC's atmosfæriske levetid er ikke kendt. Andre nitrophenoler som 2-nitrophenol og 4-nitrophenol nedbrydes ved OH-radikaler i atmosfæren. Deres levetid er på grund af nedbrydning ca. 11 dage (beregnet på baggrund af data præsenteret i Lüttke *et al.*, 1997). Deres virkelige levetid vil være kortere, da fjernelse ved tør- og våddeposition også er af betydning, idet de er rimelig vandopløselige (Schwarzenback *et al.*, 1988; Tremp *et al.*, 1993; Lüttke og Levsen, 1997). Det vil alt i alt resultere i en levetid på nogle dage, og det vil af denne grund være sandsynligt, at de transporteres over afstande >1000 km. Det vil sandsynligvis også være tilfældet for DNOC. DNOC´s levetid er sandsynligvis ikke så høj, at den forklarer, at det også kan findes udenfor sprøjteperioden. Det betyder, at det er mest

sandsynligt, at der findes andre kilder for DNOC end anvendelsen som pesticid. Det kunne være relevant i fremtiden at analysere nedbør for andre nitrophenoler end DNOC, fordi som tidligere nævnt er mange nitrophenoler giftige.

Det er kendt, at nitrophenoler findes i biludstødningsgasser (Nojima *et al.*, 1983; Tremp *et al.*, 1993; Lüttke *et al.*, 1997). DNOC-koncentrationer i biludstødningsgasser er meget lav i forhold til andre nitrophenoler (<10 ng/l i udstødningsgas; Tremp *et al.*, 1993), hvilket betyder, at emission af DNOC fra biler ikke er særlig stor. Desuden har målinger vist, at udslip fra nitrophenoler mindskes betydeligt ved anvendelse af katalysatorer (Tremp, 1993). Det er mere sandsynligt, at det meste DNOC i atmosfæren dannes ved reaktion af formodentlig toluen med kvælstofoxider under indflydelse af sollys i atmosfæren (Nojima *et al.*, 1983; Grosjean, 1985; Nojima og Isogami, 1994; Atkinson og Aschmann, 1994). Da kvælstofoxidernes koncentration i atmosfæren er meget større end toluenkoncentrationen formodes det, at det er toluenemissionen, som bestemmer hvor meget DNOC, der dannes.

Sammendrag

Den danske nedbørs eventuelle indhold af pesticider er undersøgt ved opsamling af regnvandsprøver fra lokaliteter, som er beliggende således, at et lokalt bidrag er minimeret.

Et projekt finansieret af Miljøstyrelsens Pesticidforskningsmidler omhandlende forekomst af herbicider i nedbør samt effekt heraf på planter og plantesamfund er nu under afslutning, og vil blive omtalt her. Der er udtaget nedbørsprøver fra 3 sjællandske lokaliteter Gadevang, Gisselfeld og Lorup, som analyseres for phenoxysyrerne: MCPA, mechlorprop og dichlorprop samt for isoproturon, den højeste koncentration af phenoxysyrerne var på godt 0,6 µg/l. For isoproturons vedkommende var den maksimale koncentration knap 0,9 µg/l. I langt de fleste tilfælde var der sammenfald mellem det tidspunkt, hvor herbiciderne blev påvist i nedbøren og anvendelsestidspunktet.

Der er udtaget 13 prøver (blandingsprøver fra ovennævnte 3 lokaliteter på Sjælland) til analyse i perioden september 1996 til november 1997, af de 44 stoffer, som indgår i analysemetoden, er de 8 påvist. Det er følgende pesticidkemikalier: isoproturon, metamitron, DNOC (2-methyl-4,6-dinitrophenol), mechlorprop, methabenzthiazuron, 2-hydroxyterbuthylazin, terbuthylazin og 2,4-D. Det der især overraskede var indholdet af DNOC, som blev fundet igennem hele perioden og i et forholdsvis højt koncentrationsområde fra 0,38 µg/l til 4,5 µg/l. Stoffet har ikke været anvendt i Danmark de sidste 10 år, så her er formentlig tale om en mere global forurening. DNOC er også påvist i overfladenært grundvand og i vandløb. Beregnes belastningen i g pr. ha i ovennævnte periode, er belastningen af DNOC 7,5 g pr. ha, mechlorprop og isoproturon tilfører begge ca. 0,3 g pr. ha svarende til henholdsvis 88% og 8% af den totale belastning.

Erkendtlighed

Laboranterne Bente Laursen og Hanne Krogh Bæk begge fra Afdeling for Plantebeskyttelse

Forskningscenter Flakkebjerg, takkes for et utrolig selvstændigt og kompetent arbejde såvel i laboratoriet som i felten. Kontorleder Sonja Graugaard takkes for at have bakset med manuskriptet etc.

For DJF's vedkommende er hovedparten af de penge, der er givet til forskning omhandlende pesticidkemikalier i regnvand kommet fra en bevilling fra Miljøstyrelsen. For Willem A.H. Asmans vedkommende er arbejdet udført i projektet "Luftmodeller for pesticider til brug for risikovurdering", som fik bevilling fra Miljøstyrelsen. Tak til Ole John Nielsen, Forskningscenter Risø for information om fotokemiske reaktioner.

Litteratur

Atkinson, R. og Aschmann, S.M. 1994. Products of the gas-phase reactions of aromatic hydrocarbons: Effect of NO_2 concentration. Int. J. Chem. Kinet. 26, 929-944.

Cleemann, M., Poulsen, M.E. og Hilbert, G. 1995. Long distance transport. Deposition of lindane in Denmark. Pesticides in precipitation and surface water. Tema Nord 1995:558, 75-83.

Felding, G. 1998. Statusrapport til Miljøstyrelsen til projektet (7041-0006) "Forekomst af herbicider i nedbør og effekt heraf på planter og plantesamfund".

Grosjean, D. 1985. Reactions of o-cresol and nitrocresol with NO_x in sunlight and with ozone-nitrogen dioxide mixtures in the dark. Environ. Sci. Technol. 19, 968-974.

Leuenberger, C., Czuczwa, J. og Giger, W. 1988. Nitrated phenols in rain: Atmospheric occurrence of phytotoxic pollutants. Chemosphere 17, 511-515.

Lüttke, J. og Levsen, K. 1997. Phase partitioning of phenol and nitrophenols in clouds. Atmospheric Environment 31, 2649-2655.

Lüttke, J., Scheer, V., Levsen, K., Wünsch, G., Cape, J.N., Hargreaves, K.J., Storeton-West, R.L., Acker, K., Wieprecht, W. og Jones, B. 1997. Occurrence and formation of nitrated phenols in and out of cloud. Atmospheric Environment 31, 2637-2648.

Kirknel, E. og Felding, G. 1995. Analysis of selected pesticides in rain in Denmark. Pesticides in precipitation and surface water. Tema Nord 1995:558, 45-54.

Kirknel, E. og Felding, G. 1996. Pesticiders spredning med nedbøren. Tidsskrift for landøkonomi, 2, 129-138.

Miller, J.C. og Miller, J.N. 1988. Errors in instrumental analysis; regression and correlation in Statistics for Analytical Chemistry, 2. udgave, Ellis Horwood Series in Analytical Chemistry, Halsted Press, Chichester, 101-137.

Nojima, K. og Isogami, C. 1994. Studies on photochemical reactions of air pollutants. XIII. Formation of nitrophenols by the reactions of three toluene oxides with nitrogen dioxide in air. Chem. Pharm. Bull. 42, 2426-2429.

Nojima, K., Kawaguchi, A., Ohya, T., Kanno, S. og Hirobe, M. 1983. Studies on photochemical reaction of air pollutants. X. Identification of nitrophenols in suspended particulates. Chem. Pharm. Bull. 31, 1047-1051.

Richartz, H., Reischl, A., Trautner, F. og Hutzinger, O. 1990. Nitrated phenols in fog. Atmospheric Environment 24A, 3067-3071.

Schwarzenbach, R.P., Stierli, R., Folsom, B.R., Zeyer, J. 1988. Compound properties relevant for assessing the environmental partitioning of nitrophenols. Environ. Sci. Technol. 22, 83-92.

Spliid, N.H., Køppen, B., Frausig, A.H., Plesner, V., Sommer, N.A. og Nielsen, M.Z. 1996. Kortlægning af visse pesticider i grundvand. Bekæmpelsesmiddelforskning fra Miljøstyrelsen. Nr. 21.

Tremp, J. Mattrel, P., Fingler, S. og Giger, W. 1993. Phenol and nitrophenols as tropospheric pollutants: emissions from automobile exhausts and phase transfer in the atmosphere. Water Air Soil Pollut. 68, 113-123.

Van Jaarsveld, J. A., van Pul, W.A.J. og de Leeuw,F.A.A.M. 1997. Modelling transport and deposition of persistent organic pollutants in the European region. Atmospheric Environment 31, 1011-1024.

Van Pul, W.A.J., de Leeuw, F.A.A.M., van Jaarsveld, J.A., van der Gaag, M.A. og Sliggers C.J. 1998. The potential for long-range transboundary atmospheric transport. Chemosphere 37, 112-141.

Billedanalyse til karakterisering af kornsorters horisontale bladfordeling

Image analysis to characterise the horizontal leaf distribution of cereal varieties

Preben Klarskov Hansen og Svend Christensen
Danmarks JordbrugsForskning
Afdeling for Plantebeskyttelse
Forskningscenter Flakkebjerg
DK-4200 Slagelse

Summary

One way to reduce the amount of herbicides used in cereals is to use competitive varieties, since competitiveness affects the efficacy of low herbicide doses. Several studies with cereals have shown varietal differences in competitiveness against weeds. One of the important characteristics in competitiveness is the vertical and horizontal distribution of leaves. In breeding and varietal approval, the growth habit is characterised with manual assessments, which is a subjective method. If breeders want to breed competitive varieties, there is a need for robust and objective methods to measure the horizontal distribution of leaves.

This paper describes a method, where digital image processing is used to characterise the horizontal distribution of leaves in cereal varieties in the early growth stages. The possibilities of using digital image processing in detection and identification of weeds are discussed.

Indledning

For at reducere anvendelsen af pesticider må planteavlen i fremtiden forventes at skulle udnytte forebyggende foranstaltninger over for skadegørere, f.eks. afgrødens evne til at undertrykke ukrudtet. Forsøg har vist, at der er betydelige forskelle på kornsorters konkurrenceevne (Christensen, 1995), og at konkurrenceevnen påvirker effekten af lave herbiciddoseringer (Christensen, 1993; Christensen, 1994). Ved at anvende konkurrencestærke sorter kan der derfor förventes en reduktion i forbruget af herbicider til gavn for både miljø og dyrkningsomkostninger. Sorter, der både er konkurrencestærke og samtidig opfylder de øvrige krav til gode dyrkningsegenskaber, kan derfor blive et vigtigt element i fremtidens strategier for ukrudtsregulering.

Gennem de seneste år har forædlingen koncentreret sig om maksimering af høstudbyttet og opnåelse af gode resistensegenskaber over for sygdomme, hvorimod forædling af sorter med god konkurrenceevne har været minimal. Dette skyldes dels relativt lave omkostninger til ukrudtsbekæmpelse, dels at en god konkurrenceevne er et komplekst samspil mellem mange plantemorfologiske og –fysiologiske karakteristika. Denne kompleksitet har hidtil gjort det næsten umuligt at forædle efter konkurrencestærke sorter uden at gå på kompromis med de

andre dyrkningsegenskaber. Det er derfor nødvendigt at kunne udpege de vigtigste konkurrenceparametre således, at forædlere er i stand til at selektere efter disse egenskaber uden at kompromittere andre dyrkningsegenskaber og således, at konkurrenceevnen kan sammenlignes i en uvildig sortsafprøvning.

En del af årsagen til forskelle i sorternes konkurrenceevne er både den vertikale og den horisontale fordeling af bladmassen. Et mål for den horisontale fordeling af blade er vækstmåden, som bestemmes i stadie 25-29 BBCH (Lancashire *et al.*, 1991). Vækstformen bedømmes visuelt i den lovpligtige nyhedsafprøvning af sorter på en skala fra 1 (erect vækst: 90° i forhold til jordoverfladen) til 9 (fladt liggende) (UPOV, 1994). Karakteren 5 svarer således til 45° bladstilling. Denne bedømmelse er imidlertid subjektiv og vanskelig at anvende til en karakteristik af sorternes konkurrenceevne. Der er derfor behov for en metode, der giver nogle objektive parameterestimater, der kan supplere den manuelle bedømmelse og anvendes i en matematisk model.

Formålet med denne artikel er at beskrive, hvordan digital billedanalyse kan anvendes til at karakterisere kornsorters horisontale fordeling af blade i de tidlige stadier. Desuden diskuteres perspektiverne i anvendelse af billedanalyse i forbindelse med registrering og genkendelse af ukrudt.

Materialer og metoder

Generelt

I et forsøg på Forskningscenter Flakkebjerg med 9 forskellige vinterhvedesorter blev der udvalgt to sorter Cortez og Meridien, til test af billedanalysen. Forsøget blev etableret med en udsædsmængde på 375 spiredygtige kerner m^{-2} og en rækkeafstand på 0,15 m. Gennem vækstsæsonen blev sorternes lysoptagelse og højde til det øverste bladlag registreret med 10-14 dages mellemrum fra den 20. marts til den 24. juli 1998. Ved at akkumulere lysoptagelsen fra den første måling til en given dato fås et mål for den aktuelle mængde af fotosynteseaktiv biomasse, idet de er tæt korreleret (Christensen & Goudriaan, 1993).

Fotografering og digitalisering

Umiddelbart efter fremspiring blev der i *ukrudtsfrie* parceller afsat et felt med størrelsen 0.25 m^2 (0,5 m × 0,5 m). Omtrent en gang om ugen blev der taget fotos af det afsatte felt med et *Nikon F50* kamera påmonteret et *AF Micro Nikkor 60 mm 1:2.8d* objektiv. Der blev anvendt en diasfilm af typen *Fujichrome RDPII 135 (100ASA)*. Kameraet var monteret på et kamerastativ i 1,50 meters højde, så der blev opnået ensartede billeder af hele feltet hver gang. Kamerastativet blev placeret således, at sårækkerne hver gang var parallelle med siden af billedet. For at undgå slagskygger og overbelysning blev direkte sollys afskærmet med en mælkehvid plexiglasplade. Underbelysning blev automatisk korrigeret ved at anvende blitzen indbygget i kameraet, ligesom kameraet automatisk justerede blænde, lukkehastighed og fokusering.

Efter filmens fremkaldelse, blev de enkelte billeder indscannet (digitaliseret) ved hjælp af en *Microtek Scanmaker 35t plus* diasscanner i en opløsning på 600 dpi. Dette svarer til, at et billedelement (en pixel) dækker et areal på 1,06 mm×1,06 mm på jordoverfladen. Kontrast

og lysstyrke blev justeret automatisk under scanningen. Billedfilerne blev gemt i det komprimerede JPEG-format.

Billedanalyse

Segmentering

I et digitalt farvefoto fremkommer farverne som en kombination af farveintensiteten af både Rød, Grøn og Blå (RGB-farvesystemet) i intervallet fra 0 til 255 i hver enkelt pixel, der således er defineret ved kun at have en farve. Hvis de tre (R,G og B) værdier er ens, vil pixelfarven optræde som en gråtone, F.eks. vil farven være sort, hvis RGB-farvekoden er 0,0,0, mens farven vil være hvid, hvis farvekoden er 255;255;255. Et digitalt farvefoto kan således indeholde op til 256^3 (16.8 mio.) forskellige farver (24-bit billede).

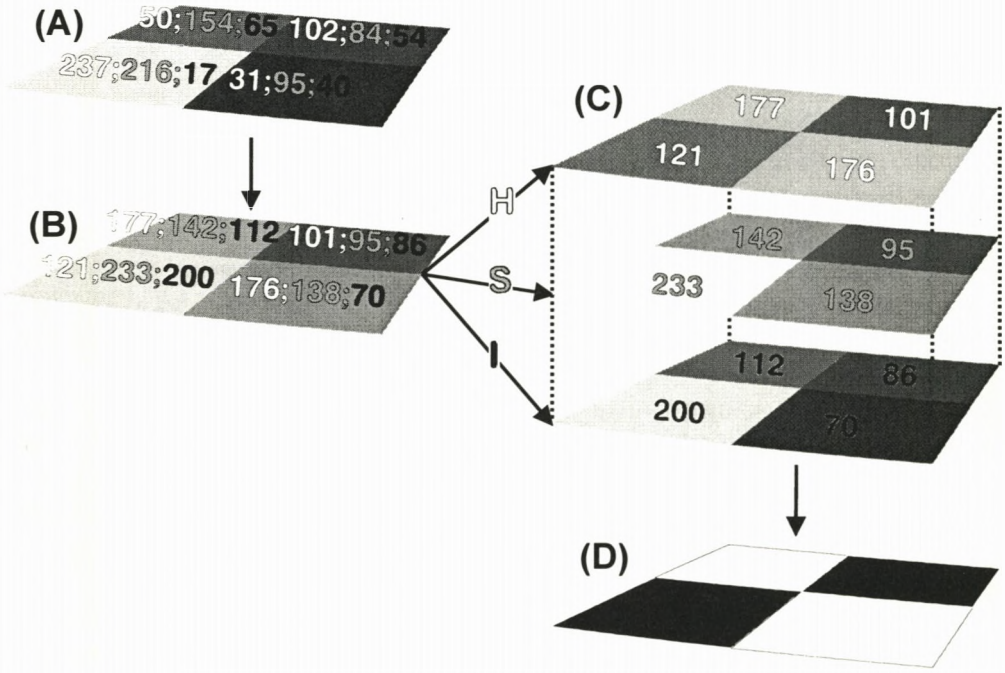
I figur 1 skitseres princippet for segmentering af grønne pixels fra "ikke-grønne" pixels ved hjælp af tærskelværdier. Udgangspunktet er et simpelt farvebillede (RGB) indeholdende fire pixels; en gul, hvor farvekombinationen af Rød, Grøn og Blå er henholdsvis 237;216;17, en brun med farvekombinationen 102;84;54, og to grønne med farvekombinationerne 50;154;65 og 31;95;40 (figur 1, A). Målet er således at adskille de to sidstnævnte pixels fra de øvrige.

Inden den egentlige segmentering finder sted, omregnes de enkelte pixels farvekoder fra RGB-farvesystemet til HSI-farvesystemet (Hue, Saturation, Intensity) i billedanalyseprogrammet GIPS version 2.0 (Gade-Nielsen, 1998). HSI-farvesystemet svarer til farveopfattelsen i det menneskelige øje (Russ, 1995). Således opfattes *Hue* som farvens bølgelængde, f.eks. rød, orange eller grøn. *Saturation*, der også kaldet chroma, er farvens renhed, det vil sige mængden af gråt, der er iblandet farven. *Intensity* er den relative lysmængde i farven. Ved at foretage denne omregning opnås en sikrere segmentering af grønne pixels fra "ikke-grønne" (figur 1, B).

Det første trin i den egentlige segmentering er at splitte farvebilledets H, S og I-værdier op i tre kanaler, hvor den ene kanal repræsenterer *Hue*-kanalen, den anden *Saturation*-kanalen og den sidste i *Intensity*-kanalen (figur 1, C). De enkelte pixels i hver af de tre kanaler indeholder således kun en gråtoneværdi i intervallet 0 (sort) til 255 (hvid).

Næste skridt er at angive nogle øvre og nedre tærskelværdier i hver af de tre farvekanalers farveintensitet (H, S og I), der således afgrænser de intervaller, hvor de grønne pixels findes (Gade-Nielsen, 1998). Denne metode kaldes også *thresholding*. I figur 1 vil tærskelværdierne, således afgrænse følgende intervaller $176 \leq Hue \leq 177$, $138 \leq Saturation \leq 142$ og $70 \leq Intensity \leq 112$.

Pixels fra farvebilledet, der *samtidig* opfylder forudsætningen at være inden for alle tre intervaller, er hermed defineret som grønne. Herved er farvebilledet reduceret til et binært billede, der repræsenterer grønne henholdsvis "ikke-grønne" pixels (figur 1, D). Grafisk præsenteres de grønne pixels som hvide, mens de "ikke-grønne" præsenteres som sorte. Som følge af forskellige lys- og farveforhold er alle tærskelværdier valgt subjektivt og justeres således for hver dato, der er fotograferet.



Figur 1. Princippet i segmentering af grønne fra "ikke-grønne" pixels udfra et farvebillede ved hjælp af tærskelværdier. (A) Et indscannet RGB-farvebillede med fire pixels. (B) konvertering til HSI-farvesystemet. (C) Farvebilledet splittet op i tre kanaler (H, S og I), hvert billede i 256 gråtoner. (D) Efter angivelse af tærskelværdier i de tre kanaler og kombination af disse tærskelværdier er billedet nu segmenteret til et binært billede med grønne (markeret hvide) og "ikke-grønne" (markeret sorte) pixels. Se i teksten for yderligere oplysninger. The principles of segmentation of green from "non-green" pixels in a colour image with threshold values. (A) A digitised RGB-colour image containing four pixels. (B) Converting to the HSI-colour system. (C) Split of the HSI-image into H-plane, S-plane and I-plane. Each image in 256 intensities of grey. (D) The segmented binary image found by thresholding. The former green pixels are shown in white and the former "non-green" pixels are shown in black. See the text for further information.

Rækkelokalisering

Næste skridt er at beskrive fordelingen af sortens bladmasse. Dette gøres ved at opdele hvert billede i hele sårækker og bestemme den gennemsnitlige horisontale fordeling af blade i det rækkestykke, der er fotograferet. For at kunne opdele billedet i rækker er det nødvendigt at lokalisere rækkernes midtpunkt på billederne. Først opdeles billedet i et antal kolonner (p) med en kolonnebredde på præcist en pixel. Dernæst beregnes den procentvise fordeling af grønne pixels i forhold til det totale antal i hver kolonne af pixels (Φ_{image}). Herved opstår et bølgeformet signal med bølgetoppe i rækkerne og bølgedale i mellemrummene mellem rækkerne.

Ved hjælp af ikke lineær regression (PROC NLIN, (SAS Institute Inc., 1987)) kan signalet beskrives med sinusfunktionen

$$\Phi_{image}(p_x) = k + A \times \sin[\omega \times p_x + \varphi_0] \quad (1)$$

hvor k er en konstant, svarende til andelen af grønne pixels i hele billedet, A er amplituden, φ_0 er faseforskydningen, $\omega = \frac{2\pi}{T}$ er vinkelhastigheden, hvor T er periodelængden, og p_x er den x'te pixelkolonne i billedet. *Midtpunktet* for den første sårække lokaliseres som det første sted på kurven, hvor der er lokalt maksimum, det vil sige, hvor

$$\frac{d\Phi_{image}(p_x)}{d(p_x)} = 0 \wedge \Phi_{image}(p_x) > k \quad (2)$$

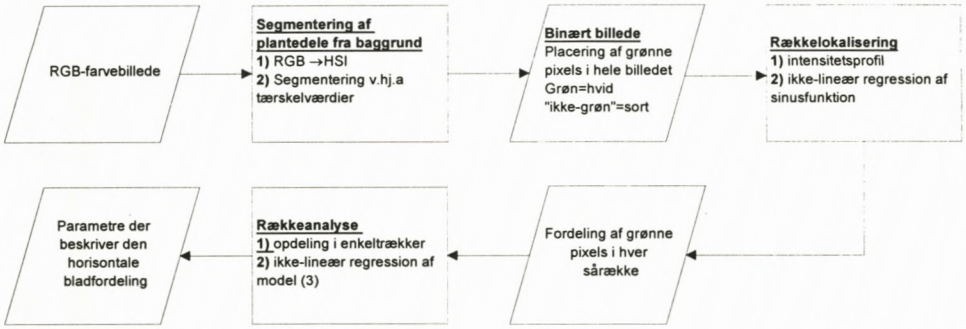
For at adskille de enkelte sårækker defineres, hvilken sårække den enkelte pixelkolonne tilhører ved hjælp af afstanden til den første sårækkes midtpunkt. Hvis afstanden fra rækken er mindre end $\frac{T}{2}$, tilhører pixelkolonnen den første sårække, ellers tilhører pixelkolonnen den næste sårække. Nøjagtigt i afstanden $\frac{T}{2}$ fra sårækkens midtpunkt vil der være et lokalt minimum, og denne position defineres som et *rækkemellemrum.* Denne procedure gentages indtil alle pixelkolonner tilhører en sårække. Såfremt en sårække ikke er komplet, f.eks. hvis den optræder i kanten af billedet, ekskluderes den fra rækkeanalysen.

Rækkeanalyse

Fordelingen af grønne pixels i hver enkelt sårække (Φ_{row}), og dermed den horisontale fordeling af blade, kan herved analyseres. Ved at anvende ikke-lineær regression (SAS Institute Inc., 1987) kan sortens bladfordeling beskrives med modellen

$$\Phi_{row}(p_{xi}) = \alpha_i + 4\beta_i \frac{\exp\left[-\left(\frac{p_{xi} - \gamma_i}{\delta_i}\right)\right]}{\left[1 + \exp\left[-\left(\frac{p_{xi} - \gamma_i}{\delta_i}\right)\right]\right]^2} \quad (3)$$

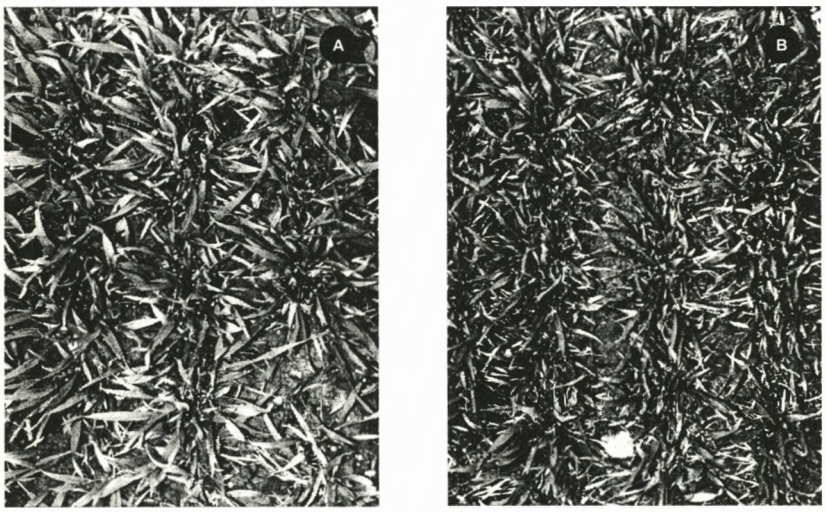
hvor α_i er andelen af grønne pixels i rækkemellemrummene, β_i er andelen af grønne pixels i sårækkens midte, γ_i er placeringen af sårækkens midte i forhold til rækkemellemrummene, δ_i er en "formparameter", og p_{xi} er nummeret på den x'te pixelkolonne i den i'te række. Sortens horisontale fordeling af bladmassen er således beskrevet med disse fire objektivt fundne parametre, der kan anvendes i karakteriseringen af sorten. Forløbet af hele proceduren i billedanalysen er skitseret i figur 2.



Figur 2. Dataflow i billedanalysen, herunder rækkelokalisering og -analyse. Data flow in the image analysis including localisation and analysis of the crop row.

Resultater

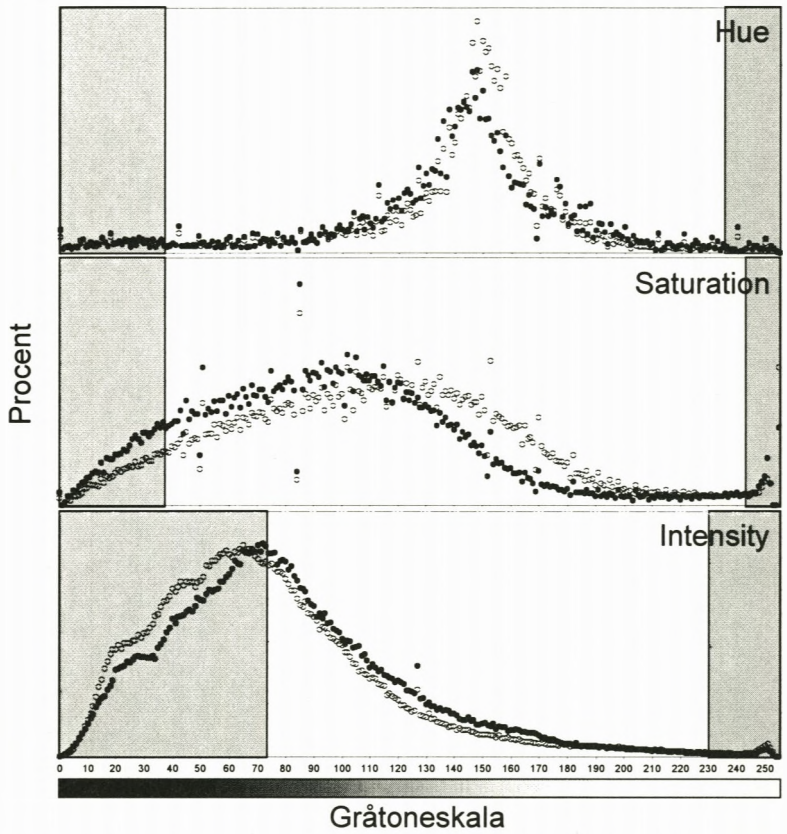
Den 28. april 1998, hvor de viste billeder blev taget, var der ingen signifikant forskel i lysoptagelsen mellem de to udvalgte sorter Cortez og Meridien, idet begge sorter optog ca. 67% af den tilgængelige fotosynteseaktive stråling. Den akkumulerede lysoptagelse, der er tæt korreleret med biomassen (Christensen & Goudriaan, 1993), viste heller ingen signifikant forskel mellem de to sorter. Højden til det øverste bladlag blev i de ukrudtsfrie parceller målt til at være gennemsnitligt 32,7 cm for Cortez, mens Meridien var signifikant lavere (28,5 cm). Begge sorter havde den 28. april 1998 afsluttet buskningsstadiet, idet de begge var i stadie 31 (BBCH) (Lancashire *et al.*, 1991).



Figur 3. Digitaliserede billeder i RGB-farvesystemet. Cortez (A) dækker jorden bedre mellem sårækkerne end Meridien (B). Digitised RGB-images. The soil coverage between the crop rows is better in Cortez (A) than in Meridien (B).

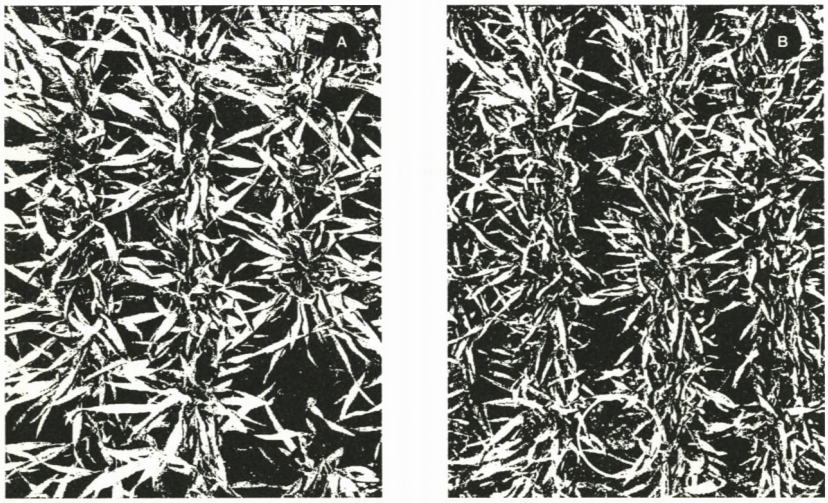
Billederne blev konverteret fra RGB til HSI-farvesystemet. I figur 4 er fordelingen af pixels inden for intensiten af gråtoneskalaen (0..255) for H, S og I i begge billeder angivet. Skrave-

rede felter angiver den nedre og den øvre tærskelværdi, der blev anvendt til segmentering i de tre kanaler. I figuren ses, at den bedste segmentering af grøn fra "ikke-grøn" er i intensity kanalen, idet intervallet, hvor de grønne pixels findes, er mindst her, og at en væsentlig del af de mørke gråtoner hidrører fra baggrunden. Efter segmentering med tærskelværdierne vist i figur 4, er resultatet et binært billede. Hvid farve angiver grønne pixels og sort angiver "ikke-grønne" pixels (figur 5).



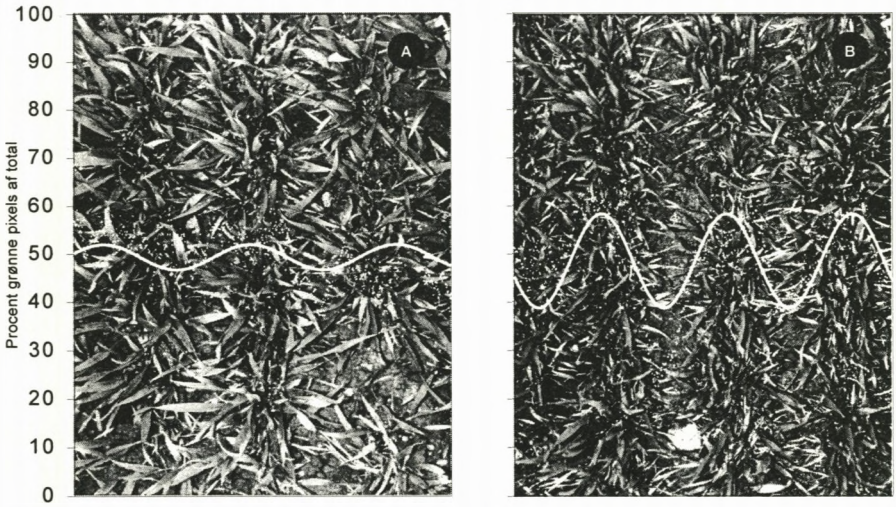
Figur 4. Fordelingen af intensiteten af *Hue*, *Saturation* og *Intensity* og tærskelværdierne (lodrette linier) anvendt til segmentering af billeder fra den 28. april 1998. Værdierne er angivet i farvekoder i gråtoneskalaen (0..255). O Meridien, ●Cortez. Distribution of the intensity of Hue, Saturation og Intensity. The thresholding values used in the segmentation of the images aqiured 28 April 1998 are shown as vertical lines. The values are given in the grey scale (0..255). O Meridien, ●Cortez.

Ved sammenligning af det oprindelige billede (figur 3) med det segmenterede (figur 5) ses en god adskillelse af grønne pixels fra baggrunden. Der ses dog enkelte steder, hvor segmenteringen har fejlklassificeret "ikke-grønne" pixels som grønne (se indenfor cirklen i figur 5). Det vurderes dog, at disse fejlklassificeringer er af mindre betydning, når formålet med denne del af billedanalysen er at lokalisere kornrækken.



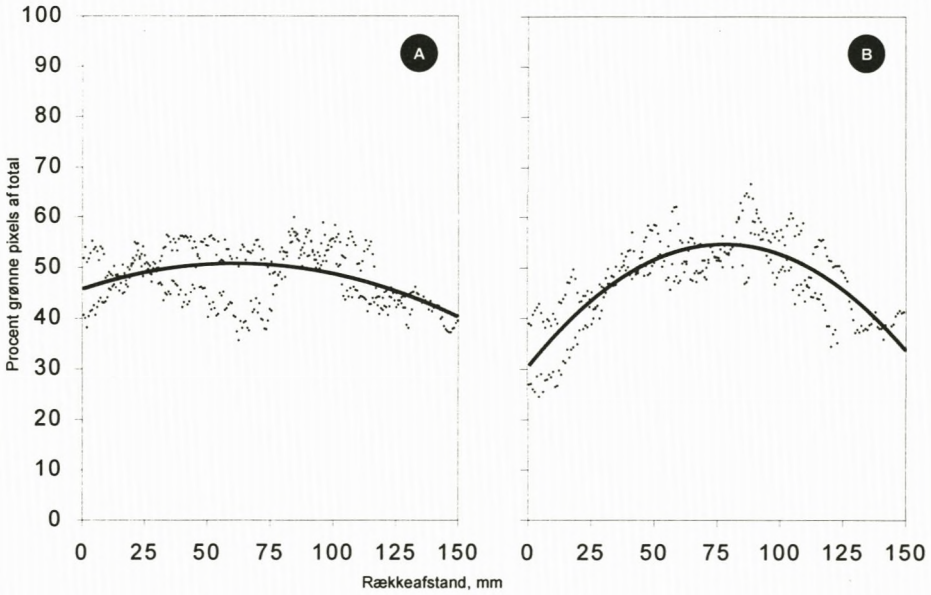
Figur 5. Binære billeder af Cortez (A) og Meridien (B) efter segmentering ved hjælp af tærskelværdier (figur 4). Inden for cirklen på billede (B) ses, at der er sket en fejlklassificering, idet dele af stenen er blevet klassificeret som plantedele. Binary images of Cortez (A) and Meridien (B) after segmentation with threshold values (figur 4). An error is shown inside the circle in image (B) as some parts of the stone is misclassified as plants.

Fordelingen af grønne pixels i hver pixelkolonne viste tydelige forskelle mellem de to sorter (figur 6). Amplituden af sinuskurven var væsentligt større i Meridien end i Cortez, hvilket også afspejles i, at sårækkerne ses mere tydeligt i figur 6, B. Den estimerede middelværdi af grønne pixels i forhold til det totale antal pixels i hele billedet er for begge sorter knapt halvdelen (49,6% for Cortez, 48,4% for Meridien). Dette betyder, at der er lige mange grønne pixels i de to billeder, de er blot fordelt forskelligt.



Figur 6. Lokalisering af rækker ved hjælp af ikke-lineær regression af en sinusmodel i sorterne Cortez (A) og Meridien (B). Localisation of crop rows with non-linear regression of a sinusoidal model in the varieties Cortez (A) and Meridien (B).

Resultatet af analysen af de enkelte rækker i hvert billede viser markante forskelle mellem de to sorter (figur 7). Det ses, at Cortez (figur 7, A) har ca. 48% grønne pixels i rækkemellemrummene, hvor Meridien kun har ca. 30%. I modsætning hertil har Meridien ca. 55% grønt i rækkemidten, hvor Cortez har ca. 50%. Disse tal indikerer, at Meridien er mere kompakt i rækken end Cortez, og at Cortez har en mere jævn horisontal fordeling af bladene.



Figur 7. Analyse af enkeltrækker i sorterne Cortez (A) og Meridien (B) efter opsplitning i rækkemellemrummene. Single-row analysis of the varieties Cortez (A) and Meridien (B) after the crop rows have been split at the exact positions of the inter-rows.

Diskussion

Den lovpligtige nyhedsafprøvning foretages ved Danmarks JordbrugsForskning, Afdeling for Sortsafprøvning. Sammenholdes resultaterne af den skitserede metode med bedømmelserne, der er foretaget i forbindelse med afprøvningen, ses markante forskelle. Således fik Cortez karakteren 4, mens Meridien fik karakteren 6, hvilket betyder, at Cortez har en mere erect vækstmåde end Meridien (Deneken, 1999). Resultatet fra billedanalysen viste det modsatte resultat. Forskellen kan skyldes, at den skitserede metode ser lodret ned gennem afgrøden og projicerer bladarealet todimensionalt på jorden. Der kan således ikke skelnes mellem vandrette og mere oprette blade. Ved karaktergivningen bedømmes vækstmåden som et gennemsnit af alle bladenes stilling.

Der var langt bedre overensstemmelse mellem karaktergivningen og måling af afgrødehøjden, idet Cortez, der blev bedømt til at være mere erect end Meridien, var ca. 4 cm højere på datoen for fotograferingen.

Baggrunden for at opdele databehandlingen efter segmenteringen i 1) rækkelokalisering og 2) rækkeanalyse med to forskellige matematiske modeller er at opnå størst mulig fleksibi-

litet og robusthed. Model (1) har vist sig at være meget robust, hvilket også er nødvendigt, da der vil være relativt store forskelle på rækkernes placering fra billede til billede og rækkernes udbredelse fra dato til dato.

En præcis lokalisering af rækkerne er afhængig af om billederne

- har relativt mindre ukrudtsbiomasse end afgrødebiomasse
- har ensartet rækkeafstand
- er taget, så sårækkerne er parallelle med billedernes sider
- er taget parallelt med jordoverfladen (ingen perspektivvirkning).

Hvis der er en meget kraftig ukrudtsbestand, således at rækkemellemrummene er totalt dækkede af ukrudt, vil forskellen mellem rækkecentrum og rækkemellemrum i andelen af grønne pixels udjævnes. Herved vil der opstå større usikkerhed i den ikke-lineære regression. Derudover vil ukrudtsbladmassen påvirke resultatet af sortskarakteren væsentligt. Ved uensartet rækkeafstand mellem enkelte sårækker som følge af unøjagtigheder i såningen opnås, at alle rækkers centrum placeres lidt forskudt i forhold til den korrekte position, når sinusfunktionen anvendes i positioneringen af rækkerne. Olsen (1995) fandt således, at ved at anvende et 8. ordens Butterworth filter (en slags løbende gennemsnit) blev der opnået bedre muligheder for at finde rækkerne ved uensartede rækkeafstande end ved anvendelse af en sinusrelateret funktion.

Ligesom for model (1) er robusthed og fleksibilitet det primære krav til model (3), der beskriver sorternes horisontale fordeling af bladmassen specielt, hvis ønsket er at anvende samme matematiske funktion i alle billeder taget gennem hele vækstsæsonen. Der vil således være betydelige forskelle på rækkernes udbredelse fra fremspiring til tidspunktet, hvor rækkerne lukker.

Resultatet fra dette forsøg viser hvilket stort potentiale, der ligger i billedanalysen til karakterisering af kornsorters horisontale bladfordeling på et tidligt vækststadie. Resultatet fra analysen er en relativ simpel figur, beskrevet ud fra 4 parametre (figur 7), der tydeligt beskriver sortsforskellene.

Fremtidens planteavl vil i stigende grad afhænge af højteknologiske systemer, hvor f.eks. robotter er i stand til at hjælpe planteavleren med tidskrævende og besværlige opgaver. De sidste 10-15 år er der arbejdet intenst for at løse forskellige opgaver; f.eks. præcis styring af redskaber til mekanisk ukrudtsbekæmpelse i forhold til rækkesåede afgrøder (Olsen, 1995; Marchant, 1996), genkendelse af ukrudtsfrø i frøprøver (Petersen, 1992), finde ukrudt (Benlloch *et al.*, 1997; Christensen & Heisel, 1998) og identificere ukrudtsarterne (Zhang & Chaisattapagon, 1995), deres antal (Andreasen *et al.*, 1997) og fordeling på markniveau (Pérez *et al.*, 1997). Det centrale i styringen af denne højteknologi vil oftest være systemer, hvor en computer behandler signaler fra et videokamera ved hjælp af digital billedanalyse.

I forbindelse med øget interesse for præcisionslandbrug vil der blive behov for større detaljeringsgrad i de fremskaffede informationer end under de nuværende dyrkningsformer. F.eks. er monitering af ukrudt med henblik på kortlægning i forbindelse med stedsspecifik ukrudtsbekæmpelse en meget tidskrævende og dermed kostbar opgave sammenlignet med den traditionelle ukrudtsbekæmpelse. Ovennævnte forskning og resultater fra denne artikel tyder

dog på, at der i løbet af en årrække vil blive udviklet en prototype på et kamerasystem, der ved hjælp af billedanalyse, kan

1. adskille afgrøde fra ukrudt
2. identificere ukrudtsarter
3. estimere de enkelte arters tæthed
4. stedfæste ukrudtsarternes placering på marken.

Sammendrag

Landbrugets forbrug af herbicider kan reduceres ved at anvende konkurrencestærke sorter, idet konkurrenceevnen påvirker effekten af lave herbiciddoseringer. Flere forsøg har vist forskelle i kornsorters konkurrenceevne. Et af de vigtige karakteristika for konkurrenceevnen er sorternes vertikale og horisontale fordeling af bladmassen. I forbindelse med forædling og sortsafprøvning karakteriseres vækstmåden ved hjælp af subjektive manuelle bedømmelser. Såfremt forædlere ønsker at forædle konkurrencestærke sorter, er der behov for robuste og objektive metoder, så den horisontale fordeling af bladene kan måles.

I denne artikel beskrives en metode, hvor billedanalyse anvendes til karakterisering af kornsorters horisontale fordeling af bladene i et tidligt stadie. Desuden diskuteres perspektiver i anvendelse af billedanalyse i forbindelse med registrering og genkendelse af ukrudt.

Erkendtlighed

Nærværende metode er udviklet i forbindelse med projektet *"Vårbyg og vinterhvedesorters konkurrenceevne over for ukrudt,"* der er finansieret af Cerealienetværkets 1. Rammeprogram. Anni Jensen, Pajbjergfonden og Jens Bagge, Sejet Planteforædling takkes for velvilligt at have stillet udsæd til rådighed for forsøgene.

Litteratur

Andreasen, C., Rudemo, M., & Sevestre, S. 1997. Assessment of weed density at an early stage by use of image processing. Weed Research. 37, 5-18.

Benlloch, J. V., Heisel, T., Christensen, S., & Rodas, A. 1997. Image processing techniques for determination of weeds in cereals. BIO-ROBOTICS 97. International workshop on robotics and automated machinery for bio-productions. Valencia, Spain. 195-200.

Christensen, S. 1993. Weed suppression in cereal varieties. Ph.D.-Thesis. Landbrugsministeriet, Statens Planteavlsforsøg, SP-Rapport nr. 1 pp. 104.

Christensen, S. 1994. Crop weed competition and herbicide performance in cereal species and varieties. Weed Research. 34, 29-36.

Christensen, S. 1995. Weed suppression ability of spring barley varieties. Weed Research. 35, 241-247.

Christensen, S. & Goudriaan, J. 1993. Deriving light interception and biomass from spectral reflectance ratio. Remote Sensing of Environment. 43, 87-95.

Christensen, S. & Heisel, T. 1998. Digitalt kamerasystem til detektion af ukrudt. Danmarks JordbrugsForskning, DJF-Rapport nr. 3. 15. Danske Planteværnskonference. Sygdomme og skadedyr. 161-171.

Deneken, G. 1999. Personal Communication.

Gade-Nielsen, P. 1998. "GIPS Users manual. Image processing". Gade Data/Image House A/S Copenhagen. pp. 92.

Lancashire, P. D., Bleiholder, H., Van den Boom, T., Langelüddeke, P., Strauss, R., Weber, E., & Witzenberger, A. 1991. A uniform decimal code for the growth stages of crops and weeds. Annals of Applied Biology. 119, 561-601.

Marchant, J. A. 1996. Tracking of row structure in three crops using image analysis. Computers and Electronics in Agriculture. 15, 161-179.

Olsen, H. J. 1995. Determination of row position in small-grain crops by analysis of video images. Computers and Electronics in Agriculture. 12, 147-162.

Petersen, P. E. H. 1992. Weed seed identification by shape and texture analysis of microscope images. Ph.D.-Thesis. Landbrugsministeriet, Statens Planteavlsforsøg, Tidsskrift for Planteavls Specialserie Beretning nr. S 2198, pp. 96.

Pérez, A., López, F., Benlloch, J. V., & Christensen, S. 1997. Colour and shape analysis techniques for weed detection in cereal fields. First Europen Conference for Information Technology in Agriculture. Copenhagen, June 1997.

Russ, J. C. 1995. "The image processing handbook". 2. udg. Boca Raton, Florida, USA, CRC Press. pp. 674.

SAS Institute Inc. 1987. SAS, STAT™. Users Guide for personal computers, Version 6. Cary, North Carolina USA, pp. 1028.

UPOV. 1994. Guidelines for the Conduct of Tests for Distinctness, Homogeneity and Stability. Guidelines from The International Union for the Protection of New Varieties of Plants, TG/3/11 4.11.94.

Zhang, N. & Chaisattapagon, C. 1995. Effective criteria for weed identification in wheat fields using machine vision. Transactions of the ASAE. 38, 965-974.

16. Danske Planteværnskonference 1999
Ukrudt

Allelopati - en fremtidig komponent i ukrudtsbekæmpelse

Allelopathy – a future component of weed management

Maria Olofsdotter
Ukrudtslære,
Den Kongelige Veterinær og Landbohøjskole
Thorvaldsensvej 40
DK-1871 Frederiksberg C

Summary

Allelopathy is the chemical interactions between plants of different species and can be regarded as a plants chemical defence against other plants. Traditionally, research in plant interference has been limited to competition which will only account for the unequal sharing of resources, space and light. However, a decade of studies in rice have shown that allelopathic potential can play a significant role in the interference complex and should, as such, be taken into consideration in efforts to enhance interference potential in crops.

The possibilities for utilisation of allelopathy for weed management are exciting, but there are still many researchable problems to be solved. First of all, only a few crop species have been screened for genetic variation in allelopathy. Quite some work has been done in rice and, recently, work was initiated in Denmark for allelopathy studies in barley and wheat. Secondly, we need to know which chemicals are causing the allelopathic effects to enable toxicology and ecotoxicology studies, which could unveil the consequences of allelopathic crops. Even though these allelochemicals are natural products and thereby must be biodegradable, the consequences of growing allelopathic cultivars on large areas should be studied carefully.

Plant interference resulting from the combined effect of allelopathy and competition can become a significant component of integrated weed management (IWM). With this in mind, a future scenario will include breeding as a possible strategy for selective weed management. Cultivars with "resistance" genes towards one or several specific weed problems could be developed, in the same way as disease resistance cultivars have been developed. This paper will review current knowledge on allelopathy in crops with relevance for Denmark and point out directions for future work on allelopathy, using the allelopathy research done in rice as a model.

Indledning

I de sidste årti er en intensiv forskningsindsats igangsat inden for optimering af tilgængelige midler, og udvikling af alternative metoder til ukrudtsbekæmpelse. Formålet med indsatsen har været at reducere afhængigheden af herbicider. De fleste initiativer har været inden for optimering af behandlingstidspunkt og dosering af herbicider, men også udvikling af mekanisk ukrudtsbekæmpelse har haft en plads. Helt for nylig er udvikling af planters konkurrenceevne blevet genoptaget forskningsmæssigt. Ved konkurrenceevne menes her genetisk styrede egenskaber, der giver muligheder for at manipulere balancen mellem ukrudt og afgrøde under markforhold. En afgrødes konkurrencekraft afspejler plantens fysiske og kemiske forsvar mod andre planter og skal egentlig opdeles i konkurrence og allelopati, hvor konkurrence er den ulige fordeling af fysiske ressourcer såsom lys, vand og næringsstoffer, og allelopati er effekten af kemikalier, der er afgivet af planten (Muller, 1969). Under markforhold er det umulig at skelne mellem allelopati og konkurrence, og derfor er det også meget svært at kvantificere betydningen af den ene eller den anden. For landmanden spiller det heller ikke nogen rolle, om ukrudtet hæmmes ved allelopati eller ved konkurrence, så længe effekten over for ukrudtet er en realitet. Inden for forskningen er det derimod yderst vigtigt at kunne skelne mellem de to for at kunne optimere begge og dermed komme et skridt nærmere udviklingen af en ukrudtstrykkende afgrøde.

Allelopati er, når en plante afgiver kemiske forbindelser, der påvirker væksten af andre planter. Fænomenet blev først kommenteret af Theophrastes 300 B.C., der skrev, at kikærter udmattede jorden, således at intet andet kunne dyrkes. Senere skrev Plinius Secundus (1 AD), at ikke kun kikærter men også byg *'scorched up'* kornafgrøderne. Han skrev videre, at valnøddetræer er giftige over for andre planter. Meget senere, i 1832, konstaterede De Candolle, at jordtræthed formentlig kunne forklares med toksiner, der var afgivet fra planter. Siden da er der påvist mange planter med denne egenskab, men det er kun i de sidste år, en koordineret indsats er igangsat for at undersøge mulighederne for at udnytte allelopati som en del af den integrerede ukrudtsbekæmpelse.

Forskning i allelopati i afgrøder genstartede således for 10 år siden med opdagelsen af rissorter, der under markforhold kunne reducere spiring og vækst af *Heteranthea limosa* (Dilday *et al..,* 1991). Siden da har forskere over hele verden undersøgt en række afgrøder for at finde allelopatisk evne, der kan udnyttes i jordbruget. Ris har været modelplante, men i den seneste tid er der med støtte fra Strukturdirektoratet påbegyndt arbejde med afgrøder, der er relevante for dansk landbrug.

I denne artikel vil jeg gennemgå de foreløbige resultater, der er opnået i studier af allelopati i forskellige hvedesorter samt gennemgå de bagvedliggende informationer, der ligger til grund for udnyttelse af allelopati i afgrøder med relevans for Danmark.

Allelopati som redskab i ukrudtsbekæmpelse

Allelopati kan bruges i ukrudtsbekæmpelsen på fire forskellige måder:

- Ved dyrkning af allelopatisk afgrøde eller sort

- Ved dyrkning af allelopatisk plante sammen med afgrøden
- Ved grøngødskning med allelopatiske planter, eller
- Ved at bruge allelokemikalier som herbicider

(Gliessman, 1982; Duke, 1985)

Tabel 1. Oversigt over virkemekanismer for nogle herbicider og naturligt forekommende phytotoxiner. (Efter Duke *et al.*, 1998). List of mode of actions of herbicides and naturally occurring phytotoxiner.

Physiological site	Molecular site	Herbicide or natural compound [1]
Amino acid synthesis		
aromatic amino acids	EPSP synthase	glyphosate
glutamine synthesis	glutamine synthetase	*many, including phosphinothricin, oxetin*
glutamate synthesis	aspartate amino transferase	*gostatin, cornexitin?*
general amino acid synthesis	many transaminases	*gabaculin*
ornithine synthesis	ornithine carbamyl transferase	*phaseolotoxin*
methionine synthesis	$\alpha\gamma$-cystathionase	*rhizobitoxin*
Photosynthesis		
electron transport	D-1, quinone-binding protein	many, including triazines, substitutet ureas, *sorgoleone, cyanobacterin*
photophosphorylation	CF_1 ATPase	*tentoxin*
plastiquinone synthesis	4-hydroxyphenylpyruvate dioxygenase	isoxazoles, pyrozoles, triketones and *leptospermone*
Pigment synthesis		
porphyrins	ALA synthase	*gabaculin*
Cell division		
mitotic disruptors	$\alpha\gamma$-tubulin	dinitroanilines, phosphoric amides, *Vinca alkaloids, colchicine, etc.*
Lipid synthesis	acetyl-CoA transacylase	*thioactomycin*
	3-oxoacyl-ACP synthase	*cerulenin*
	ceramide synthase	*AAL-toxin and analogs, australi-fungin*
Nucleic acid synthesis		
plastid nucleic acid synthesis	RNA polymerase	*tagetitoxin*
	adenylosuccinate synthase	*hydantocidin*
	AMP deaminase	*carbocyclic coformycin*
Hormone action and function	auxin binding site	naptalam, semicarbazones, phenoxys
Plasma membrane function	H^+-ATPase	*syringomycin*

[1] forbindelser i kursiv er naturligt forekommende kemikalier

Alle disse metoder er brugbare i forskellige sammenhænge, men har også sine tydelige begrænsninger. Den mest langsigtede og bæredygtige måde er at bruge den genetiske variation, der er til stede i naturen til at producere allelopatiske afgrøder. Dette vil kræve ret omfattende forskningsarbejde i mange år fremover, men de første afgørende skridt er allerede taget både internationalt og i Danmark med opstarten af forskning inden for allelopati i byg og hvede.

Inden for den kemiske industri har naturlige phytotoxiner været i søgelyset i lang tid. Nogle af de herbicider, vi kender i dag, har sin baggrund i naturligt forekommende stoffer fra enten planter eller mikroorganismer. I tabel 1 er vist nogle syntetiske og naturlige stoffer og deres virkemekanismer for at belyse brugbarheden af naturen som kilde for udvikling af nye bekæmpelsesmidler.

Allelopati i afgrøder

Ris (Oryza sativa)

Allelopati i ris blev opdaget ved en tilfældighed i slutningen af 80'erne, da en planteforædler i Arkansas skulle opformere frø. Ukrudtsfloraen i marken bestod af en art *Heteranthera limosa,* der er en almindelig ukrudtsart i amerikanske rismarker. Planteforædleren opdagede, at omkring nogle rissorter voksede der ikke ukrudt. Risen var på dette tidspunkt ikke stor nok til at kunne skygge for ukrudtet, og hæmningen af ukrudtet syntes at være tydelig afgrænset og lignede mere en kemisk påvirkning end konkurrence (Dilday per. comm.) Siden da er 12.000 rissorter blevet screenet i både mark- og laboratorieforsøg, og resultaterne viser, at ca. 3,4% af sorterne udviser allelopati mod en eller flere ukrudtsarter. Sorter med allelopati kommer fra forskellige regioner i verden og er både gamle og moderne sorter, hvilket viser, at allelopati ikke er korreleret med andre vigtige parametre i et forædlingsprogram (Dilday *et al.,* 1998). Det betyder også, at allelopatisk materiale allerede utilsigtet er inkluderet i mange forædlingsprogrammer verden over. Men for at kunne udvikle sorter med optimale allelopatiske egenskaber er vi nødt til aktivt at inkludere egenskaben i screeningen af nyt forædlingsmateriale, hvilket kræver kendskab til genetikken. Indledende studier viser, at allelopati er kvantitativt nedarvet og skal derfor inddrages i forædlingsprogrammerne på et tidligt tidspunkt. Endvidere er allelopati spredt over genomet og syntes ikke at have nogen "major genes". Yderligere er det ønskeligt, at de allelopatiske sorter, der skal udvikles, virker over for et bredt spektrum af ukrudtsarter. Dette kan kun opnås ved et samarbejde mellem ukrudtsforskere og planteforædlere.

Siden opdagelsen af allelopati i ris har forskningsgrupper på IRRI (International Rice Research Institute), i Egypten, Korea, Japan, Indien, USA og Thailand startet forskning i risallelopati. Resultater samlet fra disse grupper viser ligeledes, at ca. 3,5% af rissorterne har allelopatisk potentiale mod en ukrudtsart (Dilday *et al.*, 1998; Hassan *et al.*, 1998: Olofsdotter et al. 1997). Men hvis vi begynder at kigge efter sorter med allelopatisk evne over for flere ukrudtsarter på den samme tid, falder procenterne meget hurtig. Dette betyder, at de fleste allelopatiske sorter producerer kemikalier, der er meget specifikke i deres virkning, og

dermed kun bekæmper nært beslægtede ukrudtsarter. Flere af de sorter, der er afprøvet på IRRI, er også afprøvet under andre klimatiske dyrkningsforhold med samme resultat. Dette betyder, at egenskaben er stabil over for forskellige dyrkningsforhold, hvilket er meget vigtig set udfra planteforædlernes synspunkt.

Det næste logiske skridt i denne forskning er så at identificere de kemiske forbindelser, der er årsag til den allelopatiske effekt. Dette arbejde er begyndt, og enkelte forbindelser er isoleret men endnu ikke identificeret, hvilket formentlig vil ske indenfor det næste år.

Hvede (Triticum aestivum) og rug (Secale cereale)

Forskning inden for allelopati i hvede og rug har næsten udelukkende arbejde med grøngødskning (Putnam & DeFrank, 1981; Shilling *et al.*, 1985; Barnes & Putnam, 1986). Grøngødskning med både rug og hvede giver god ukrudtsbekæmpelse samt en række andre fordele såsom en øget vandholdighed i jorden og mindre jorderosion i åbne rækkeafgrøder (Weston, 1996). Ukrudtsbekæmpelse ved grøngødskning er formentlig en kombineret effekt af skygning, effekt af de kemiske forbindelser, der afgives fra plantematerialet. Både rug og hvede producerer kemikalier, der nedbrydes til fytotoksiske molekyler *DIBOA (2,4-dihydroxy-1,4(2H)-benzoxazin-3-one) og DIMBOA (2,4-dihydroxy-7-methoxy-1,4-benzoxazin-3-one)* der begge nedbrydes til *BOA (2(3H)-benzoxazolinone))* (Perez & Ormeno-Nunez, 1993; Perez, 1990; Barnes & Putnam 1987). Både den producerede og afgivne mængde af både produceret og mængde DIBOA/DIMBOA varierer med genotype og med dyrkningsforhold. Foruden at virke ukrudtshæmmende synes disse kemiske forbindelser også at være involveret i insektresistens. En undersøgelse af en række hvedesorter i Sverige viste, at gamle sorter afgav mere DIMBOA end nyere sorter med højere udbytte (Escobar & Neimeyer, 1993). Hvorvidt disse syrer er den primære årsag til den ukrudtseffekt, som kan ses under markforhold, er stadig ikke belyst. Dette er vigtig at få belyst, da det er tænkeligt, at disse planter generelt har et generelt mere aktivt forsvarssystem.

Byg (Hordeum vulgare) og havre (Avena spp.)

Byg er kendt for gode konkurrenceegenskaber og herunder også allelopati. Allerede i 1966 viste Overland, at byg afgav fytotoksiske forbindelser i koncentrationer, der var høje nok til at inhibere spiring og vækst af flere forskellige ukrudtsarter (Overland, 1966). I byg og havre er det graminer, der menes at give allelopatisk effekt. Et større screeningsforsøg med 3000 forskellige havresorter viste, at indholdet af scopoletin (en slags gramin) varierede mellem sorterne. Scopoletin er kendt for sine fytotoksiske egenskaber over for mange forskellige plantearter. I alt 25 sorter havde et signifikant højere indhold af scopoletin end målesorten Garry. Blandt disse havde 4 sorter op til 3 gange så meget scopoletin, og disse sorter inhiberede væksten af sennep i sandkultur. Sennep, der voksede tæt på de allelopatiske havreplanter, var klorotiske og misdannede, hvilket indikerer kemisk inhibering og ikke konkurrence (Fay & Duke, 1977).

Indholdet af graminer i byg varierer ligeledes mellem sorterne, og graminindholdet i bladene afspejler ikke altid den mængde gramin, der afgives fra planterne (Yoshida *et al.*,

1993). Disse resultater viser hvor vigtig det er at undersøge hvilke kemiske forbindelser, der afgives fra planterne og ikke nøjes med at ekstrahere plantemateriale. Mere detaljerede undersøgelser af afgivelsen af hordenin fra byg viste, at der ikke var nogen generel forskel mellem forskellige sorter, men at der var en stor forskel mellem *H. vulgare* og *H. spontaneum* (Lovett *et al.*, 1994). *H. vulgare* afgiver mere hordenin og udskillelsen strækker sig over længere tid med maksimum udskillelse (2 µg/plant/day) 36 dage efter såning (Liu & Lovett, 1993). Forskellen forklares med, at der har været en positiv selektion for insektresistens i almindelig byg, som ikke har været tilstede i den vilde bygart. Dette betyder, at planternes generelle forsvar igen blandes op med allelopati, og det er efter min mening derfor vigtigt, at allelopatiforskere fortsætter jagten efter allelopatiske forbindelser med specifikke effekter på ukrudt.

Agurk (Cucumis sativus)

De første beviser på allelopati i moderne tid blev fundet i agurk. Resultaterne blev publiceret i Science og startede en ny æra i allelopatiforskningen. Forsøget, som indeholdt 526 forskellige agurksorter fra 41 forskellige lande, viste, at flere sorter kunne trykke væksten af *Panicum miliaceum* og *Brassica hirta.* En af sorterne inhiberede væksten hos ukrudtet med 87%, og 25 andre sorter havde over 50% inhibering af ukrudtet (Putnam & Duke, 1974). Senere viste det sig dog, at allelopati kun kunne opnås under visse forhold i marken. Således mindskede regn den allelopatiske effekt under markforhold. Andre fysiske forhold har formentlig også haft indflydelse på resultaterne, da der blev opnået en 54% reduktion af ukrudtet generelt over hele marken, men visse dele af marken syntes upåvirket af allelopati (Locherman & Putnam, 1979).

Danske undersøgelser med allelopati i hvede

Materialer og metoder

Ved opstarten af et projekt med allelopati er der en række spørgsmål, der skal belyses, inden det egentlige screeningsarbejde kan startes. I denne artikel har jeg valgt at belyse følgende:

- Valg af testplante
- Valg af hvedesorter for screening
- Udvikling af screeningssystem specielt til hvede
- Screening af hvedesorter

Valg af testplante

Når der skal vælges hvilken testplante, der skal anvendes i allelopatistudier, er der flere forhold, som er vigtige for at opnå et godt resultat. Den vigtigste af disse er at vælge en planteart, som har økologisk relevans for forsøget. I allelopatiforsøg er det således naturligt at begynde blandt de ukrudtsarter, der er naturligt forekommende i afgrøden. Desuden er det vigtig, at den testplante, man bruger, har en tilfredsstillende spireevne og kan spire i laboratoriet. Spireprocenter under 70% er uacceptable, da resultaterne bliver meget svære at

tolke. Problemet er, at mange ukrudtsarter har spirehvile og er meget lidt villige til at spire under laboratorieforhold. Der blev indhentet frøprøver både fra Landbohøjskolens frøsamling af ukrudtsfrø samt fra Danmarks JordbrugsForskning (DJF) i Flakkebjerg for at finde en egnet ukrudtsart, som kunne bruges som testplante. For græsarterne blev der endvidere indhentet materiale fra de frøfirmaer, der sælger græsfrø. Spiringsforsøg blev gennemført med alle disse arter og resulterede i valg af fuglegræs (*Stellaria media*) og rajgræs (*Lolium perenne*) som testplanter.

Valg af hvedesorter for screening

Når man skal udvælge et udsnit af en større samling af genetisk materiale, er det vigtig, at man laver nogle smarte valg i begyndelsen. Det er vigtig at få et så bredt udsnit som mulig, så man har muligheder for at vurdere variationen i det genetiske materiale, der findes. For hvede er dette en næsten umulig opgave, da der er flere end 100.000 hvedesorter at vælge imellem. Vi har derfor valgt at tage et betydelig mere snævert udgangspunkt for vores begyndende screening af allelopati i hvede. Mange danske forskningsinstitutioner arbejder med hvede i forbindelse med igangværende forskningsprojekter. Disse hvedesorter er allerede undersøgt for en række egenskaber og kan derfor med fordel inkluderes i denne screening, idet korrelationer med andre vigtige egenskaber således kan undersøges. Disse grupper af genetisk materiale inkluderer 1. Hvedesorter fra DJF i Flakkebjerg, der indgår i konkurrencestudier, 2. Hvedesorter fra DJF i Flakkebjerg, der indgår i studier af sygdomsresistens, 3. Sorter fra Forskningscenter Risø, hvor krydsningspopulationer allerede er etableret samt 4. Gamle hvedesorter fra Forskningscenter Risø. Udover disse, blev der på Landbohøjskolen i sommeren 1997 udført et større sortsforsøg (900 sorter) med genetisk materiale fra hele verden. I disse markforsøg blev ukrudtet ikke bekæmpet, og markforsøget blev visuelt evalueret for ukrudtstryk sidst på sæsonen. Ved udvælgelse af sorter fra dette forsøg blev der taget hensyn til det generelle ukrudtstryk samt om sorten havde en vækstform, som tydede på en god konkurrenceevne. Sorter med lille ukrudtsmængde og en ikke alt for kraftig vegetativ vækst blev valgt. Tilsammen resulterede disse valg i 250 hvedesorter, der dannede basis for screeningsprogrammet.

Udvikling af screeningssystem specielt for hvede

Baggrunden for valg af screeningsprogram var baseret på de erfaringer, der tidligere er opnået med ris (Navarez & Olofsdotter, 1996). Principielt bygger ideen på, at donorplanten (hvede) gives et forspring i udvikling, og modtagerplante (ukrudt) sås i en etableret afgrøde. Begge plantearter vokser således sammen i en petriskål. Yderligere er det meningen, at screeningssystemet skal afsløre allelopatiske virkninger på et tidligt tidspunkt i plantens udvikling, således at ukrudtet hæmmes tidligt i vækstsæsonen. Desuden er det vigtig, at screeningsproceduren er simpel, hurtig og billig, samt at resultaterne er reproducerbare. Screeningssystemet, der er udviklet til ris, opfylder alle disse kriterier og er derfor et godt udgangspunkt men skulle tilpasses for at kunne bruges til hvede.

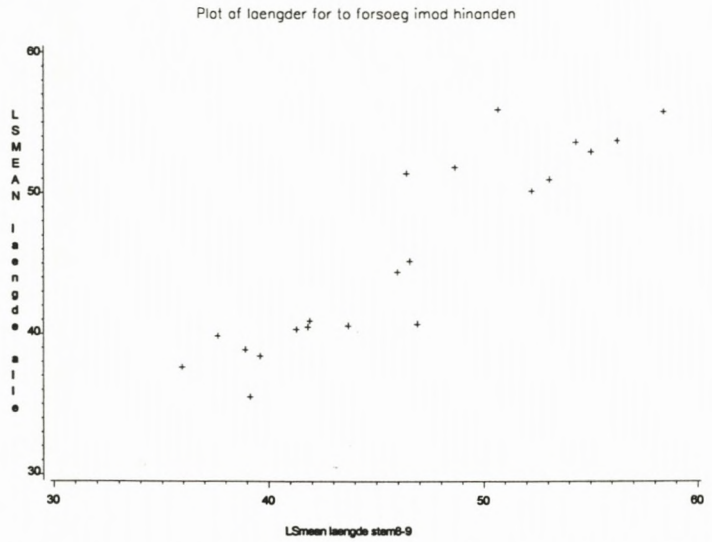
En serie forsøg med hvor lang tid, der skulle gå mellem såning af hvede og såning af ukrudt, placering af hvede og ukrudt i petriskålene samt hvilket dyrkningssubstrat, der fungerede bedst med hvede, blev gennemført. Resultatet fra disse mundede ud i følgende procedure:

Underskålen af en petriskål placeres oven på låget i en dyb tallerken, og i petriskålens bund lægges der en 2,5 cm bred stribe filterpapir, der går ud over kanten på skålen ned i tallerknen. Ovenpå lægges et cirkulært filterpapir og halvdelen af den vermikulit, der er afmålt til brug i en petriskål (4,5 g). På dette sås 20 hvedekerner, placeret i to rækker samt 30 *Stellaria media* i tre rækker. Resten af vermikulitten hældes ovenpå (4,5 g), og ioniseret vand (ca. 75 ml) hældes i den dybe tallerken, således at filterstriben rækker ned i vandet, og dermed fungerer som væge og sikrer, at der på intet tidspunkt er konkurrence for vand i petriskålen. Vermikulitten fugtes forsigtig, således at hævertfunktionen startes. Forsøget placeres i drivhus, og petriskålene vandes efter behov i tallerken. Efter 14 dage gøres forsøget op ved at måle længden af rødderne på *Stellaria media.*

Resultater

Screening af hvedesorter

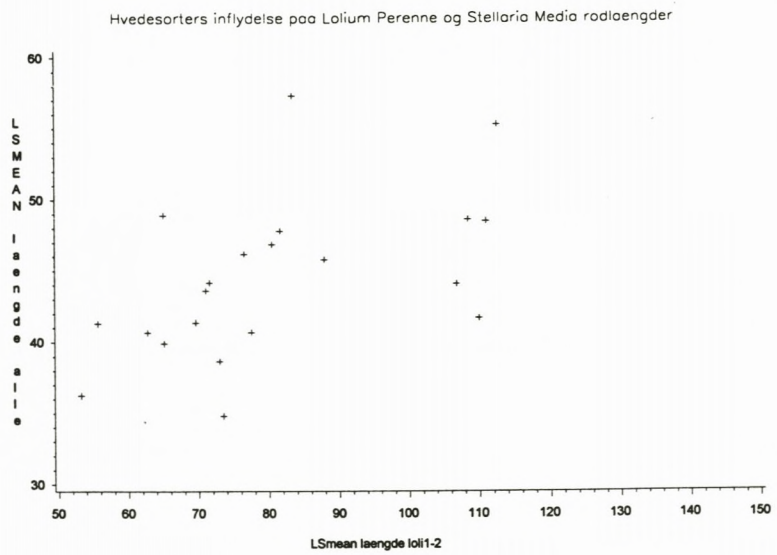
Indtil videre er alle ca. 250 hvedesorter screenet for allelopatisk virkning over for *Stellaria media* mindst en gang, og screeningsarbejdet mod *Lolium* er begyndt. Nogle af sorterne er



Figur 1. Første og anden gentagelse af screening for allelopatisk evne i hvede sorter. Resultaterne fra første og anden gang er stærkt korrelerede og viser, at vi har opnået de samme resultater begge gange sorterne er blevet screenet. First and second repetition of screening for allelopathic potential in wheat cultivars. The results show that the experiments are correlated and thereby we can assume the procedure is reproducable.

blevet gentaget for at kunne kvantificere evnen til at få reproducerbare resultater. I figur 1 er plottet resultaterne fra de sorter, der er blevet testet 2 gange med *Stellaria media*. På x-aksen ses resultaterne fra forsøg 8 og 9, som er gentagelsen af udvalgte sorter, og op ad y-aksen er plottet resultaterne fra første screening med samme sorter. Principielt skulle der være 100% korrelation mellem de to forsøg, men i en biologisk test vil det aldrig være tilfældet. Det er dog tydelig at se, at der er korrelation, og screeningsproceduren er således reproducerbar.

I figur 2 er gengivet de samme resultater men med en sammenligning af resultater lavet med *Lolium* contra Fuglegræs, således at hvert plus i figuren repræsenterer en sort. Det kan ses, at der ikke er særlig god korrelation mellem de allelopatiske evner over for rajgræs og fuglegræs. Det kan betyde, at hvedesorter, der har en allelopatisk virkning over for græsser, ikke nødvendigvis er allelopatiske over for tokimbladet ukrudt og omvendt. Det er dog også vigtig at bemærke, at der er god korrelation, når rødderne er korte, hvilket betyder, at blandt de sorter, vi er interesserede i, synes der at være muligheder for at overføre resultater fra en testplante til en anden. Dette skal dog verificeres, hvorefter der foretages en screening af alle hvedesorter mod rajgræs.



Figur 2. Screening af hvedesorter mod *Stellaria media* plottet mod screening af de samme hvedesorter mod *Lolium perenne*. Plottet viser, at der ikke behøver at være korrelation mellem allelopatisk evne mod fuglegræs og rajgræs. Plot of correlation between results from screening of wheat cultivars against *Stellaria media* and *Lolium perenne*. The figure shows that allelopathic potential might be different against different plant species.

Generelt viste screeningen, at de forskellige hvedesorter var jævnt distribueret med hensyn til allelopatisk styrke, således at nogle sorter ikke påvirkede testplanten, medens andre

inhiberede rodvækst hos fuglegræs. Der var signifikant forskel mellem de forskellig hvedesorter. Således var rødderne hos fuglegræs kun 23 mm ved de stærkest allelopatiske sorter, medens de svageste gav fuglegræsrødder, der var 67 mm ved opgørelses tidspunktet. På nuværende tidspunkt kan resultaterne ikke bruges til andet på nuværende tidspunkt end at sige, at der er forskel på sorterne, og at der synes at være et potentiale i at undersøge denne forskel i allelopatisk styrke yderligere.

Diskussion

De præsenterede resultater skal kun ses som en stille begyndelse. Det er min overbevisning, at allelopati kommer til at spille en stor rolle i fremtidens design af nye sorter og specielt i designet af nye plantetyper med højere udbytte. I hvede har vi indtil videre kun arbejdet i laboratoriet, og der kan altid stilles spørgsmålstegn ved, hvor gyldige laboratorieforsøg er under markforhold. For ris ved vi, at der er god korrelation mellem laboratorieforsøg og effekter i marken, og vi kan kun håbe på, at denne positive korrelation også vil gælde for hvede.

Allelopatiforskningen i Danmark er stadig i sin vugge, men der er mange muligheder og mange afgrøder, som kan studeres for allelopatisk potentiale. Med danske øjne vil byg, rug, havre, sukkerroer og ærter være de næste på listen af afgrøder, der kan være interessante ud fra et allelopatisk synspunkt. Fra alle disse afgrøder findes der undersøgelser, der viser, at de har et allelopatisk potentiale. Det er dog vigtig, at have for øje, at allelopati aldrig alene vil løse de ukrudtsproblemer, der er i landbruget, men med en koordineret indsats inden for allelopati og konkurrence er det efter min mening muligt at opstille nogle kriterier, som kan bruges af forædlere til at fremstille sorter, der har en kraftig hæmmende effekt på ukrudt. I fremtiden vil det således være mulig at forædle mod ukrudt på samme måde, som vi i dag forædler mod plantesygdomme.

Litteratur

Barnes, J.P. og Putnam, A.R. 1986. Evidence for allelopathy by residues and aqueous extracts of rye (*Secale cereale*). Weed Science 34:384-390.

Barnes, J.P. og Putnam, A.R. 1987. Role of benzoxazinones in allelopathy by rye (*Secale cereale* L.). Journal of Chemical Ecology 13:889-906.

De Candolle, M.A.P. 1832. Physiologie Vegetale, Tome III, Bechet Jeune, Lib. Fac. Med., Paris pp. 1474-1475.

Dilday, R.H., Nastasi, P., Lin. J. og Smith, R.J. Jr. 1991. Allelopathic activity in rice (*Oryza sativa* L.) against Ducksalad (*Heteranthera limosa* (sw.) Wild.). Sustainable agriculture for the Great Plains, Symposium proceedings; USDA 255p. p 193-201.

Dilday, R.H., Yan, W.G., Moldenhauer, K.A.K. og Gravois, K.A. 1998. Allelopathic activity in rice (*Oryza sativa* L.) to major aquatic weeds. In Allelopathy in rice. Proceedings of the workshop on allelopathy in rice, 25-27 Nov. 1996, Manila, Philippines. (M. Olofsdotter ed.) International Rice Research Institute, 154 p pp 7-25.

Duke, S.O., Dayan, F.E. og Rimando, A.M. 1998. Natural products as tools for weed management. Proc. Japanese Weed science (Suppl.) pp 1-11.

Escobar, C.A. og Neimeyer, H.M. 1993. Potential of hydroxamic acids in breeding for aphid resistance in wheat. Acta Agriculturae Scandinavica, Sect. B Soil and plant science 43:163-167.

Fay, P.K. og Duke, W.B. 1977. An assessment of allelopathic potential in *Avena* germplasm. Weed Science 25:224-228.

Hassan, S.M., Aidy, I.R., Bastawisi, A.O. og Draz, A.E. 1998. Weed management in rice using allelopathic rice varieties in Egypt. In Allelopathy in rice. Proceedings of the workshop on allelopathy in rice, 25-27 Nov. 1996, Manila, Philippines. (M. Olofsdotter ed.) International Rice Research Institute, 154 p pp 27-37.

Liu, D.L. og Lovett, J.V. 1993. Biologically active secondary metabolites of barley. II Phytotoxicity of barley allelochemicals. Journal of Chemical Ecology 19:2231-2244.

Lockerman, R.H. og Putnam, A.R. 1979; Evaluation of allelopathic cucumber (*Cucumis sativus*) as an aid to weed control. *Weed Science* 27(1): 54-57.

Lovett, J.V., Hoult, A.H.C. og Christen, O. 1994. Biologically active secondary metabolites of barley. IV. Hordenine production by different barley lines. Journal of Chemical Ecology 20:1945-1954.

Muller, C.H. 1969; Allelopathy as a factor in ecological process. *Vegetatio* 18: 348-357.

Navarez, D. og Olofsdotter, M. 1996. Relay seeding procedure as screening method in allelopathy research. Proceedings of the 2 International Weed Control Conference Vol. 4:1285-1290.

Olofsdotter, M., Navarez, D. og Rebulanan, M. 1997. Rice allelopathy - where are we and how far can we get? Brighton Crop Protection Conference 1997 Vol. 1: 99-104.

Overland, L. 1966. The role of allelopathic substances in the smother crop barley. *American Journal of Botany* 53: 423-432.

Perez, F.J. 1990. Allelopathic effect of hydroxamic acid from cereals on *Avena sativa* and *A. fatua*. Phytochemistry 29:773-776.

Perez, F.J. og Ormeno-Nunez, J. 1993. Weed growth interference from temperate cereals: the effect of a hydroxamic-acid- exuding rye (Secale cereale L.) cultivar Weed Research 33:115-119.

Plinius Secundus, C. 1 A.D. Natural History, 10 Vols. (English translation by H. Rackman, W.H.S. Jones & D.E. Eichholz), Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts 1938-63.

Putnam, A.R. og DeFrank, J. 1981. Use of allelopathic cover crops to inhibit weeds. In Proceedings of symposia 9th International Congress of Plant Protection (T. Kommedahl ed.) Vole II pp. 580-581.

Putnam, A.R, og Duke, W.B. 1974. Biological suppression of weeds: evidence for allelopathy in accessions of cucumber. Science 185:370-372.

Shilling, D.G., Liebl, R.A. og Worsham, A.D. 1985. Rye (*Secale cereale* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.) mulch: The suppression of certain broad-leaved weeds and the isolation and identification of phytotoxins. In The chemistry of allelopathy-Biochemical interaction among plants (AC. Thompson ed.) ACS symposium series no. 268 pp. 243-271.

Theophrastes 300 B.C., Enquiry into Plants and Minor works on Odours and Weather Signs, 2vols. (translated into English by A Hort) Heinemann, London, 1916.

Weston, L.A. 1996. Utilisation of allelopathy for weed management in agroecosystems. Agronomy Journal 88:860-866.

Yoshida, H., Tsumuki, H., Kanehisa, K. og Corcuera, L.J. 1993. Release of gramine from the surface of barley leaves. Phytochemistry 34:1011-1013.

16. Danske Planteværnskonference 1999
Ukrudt

Handlingsplan til begrænsning af brandbægerproblemer i Danmark

Actionplan to control *Senecio* in Denmark

Poul Henning Petersen
Landbrugets Rådgivningscenter
Landskontoret for Planteavl
Udkærsvej 15, Skejby
DK-8200 Århus N

Summary

In the period 1994 to 1998 *Senecio vernalis* has spread to large areas of pastures and fallows in Denmark. Recently *Senecio jacobaea* has occurred more frequently.

S. vernalis from 10 locations contains the same amount of the toxic pyrrolizidine alkaloids. Pyrrolozidine alkaloids are toxic to animals and are therefore unwanted in fodder. The calculated limit of *S. vernalis* in pastures for silage and hay is 3700 plants per ha.

The amount of *S. vernalis* and *S. jacobaea* must be limited in order to secure the health of the animals. The spread of seed must be controlled by cuttings, and the plants must be controlled by herbicides. Fallows, roadsides and other natural sites must be cut in the beginning of the flowering period - *S. vernalis* in May and *S. jacobaea* in July - before the plants start to produce seeds.

Pastures must be established as well as possible in order to prevent *S. vernalis* from establishing. The chemical control takes place from late August until late September. Fallows must be established with a dense cover of grass to prevent *S. vernalis* from establishing.
In some fallow areas chemical control can be carried out in September.

Indledning

I perioden 1994 til 1998 er vårbrandbæger (*Senecio vernalis*) spredt til et stærkt stigende antal brak- og græsmarker, især i det jyske område. Vårbrandbæger *(S. vernalis*) er endvidere spredt til grøftekanterne langs meget store vejstrækninger og til mange naturarealer. I den sidste del af perioden er der yderligere sket en kraftig opformering af engbrandbæger (*Senecio jacobaea*).

Alle brandbægerarter indeholder giftige stoffer, som kaldes pyrrolizidin alkaloider (PA) og er derfor uønskede i foder. Giftstoffet ødelægges ikke ved ensilering eller tørring. Landbrugets Rådgivningscenter har samarbejdet med Institut for Farmakologi og Patobiologi, Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole om en undersøgelse til fastlæggelse af det acceptable indtag af vårbrandbæger (*S. vernalis*) for kvæg. Landbrugets Rådgivningscenter har ud fra indsamlet viden og erfaringer opstillet en "Handlingsplan til begrænsning af brandbægerproblemer i Danmark" (Annon., 1998).

Giftighed

I en undersøgelse af vårbrandbæger (*S. vernalis)* fra 10 forskellige lokaliteter i Danmark er der fundet et ensartet indhold af de toksiske stoffer pyrrolizidin alkaloider (PA). Indholdet, der var på niveauet 0,13% af tørstoffet, varierede mellem planter, men ikke mellem lokaliteter (Hviid, 1998). Planterne var indsamlet af lokale planteavlskonsulenter.

Giftighed for kvæg

I udenlandske forsøg, hvor kvæg er tvangsfodret med store mængder engbrandbæger (*S. jacobaea*), er der konstateret både døde dyr og uoprettelige leverskader. Tilsyneladende har ikke kun den daglige mængde men også den samlede tildelte mængde over tiden haft betydning.

I et forsøg på Institut for Farmakologi og Toksikologi, Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole med 3 RDM-kvier på 200 kg blev pyrrolizidin alkaloider dog omsat meget hurtigt i organismen, idet der blev fundet en halveringstid af stofferne på 1-2 timer. Ved fodring med op til 1 kg frisk vårbrandbæger (*S. vernalis*) pr. kvie pr. dag i 7 dage (ca. 200 g tørstof pr. dag) var der ingen påvirkning af niveauet af de leverenzymer, der normalt vil stige ved en skadelig påvirkning af organismen. Ved slagtning efter forsøgene var der heller ikke antydninger af skader i levervævet, selv om kvierne havde deltaget i flere forsøg med pyrrolizidin alkaloider (Pers. medd., 1998). På baggrund af forsøgene konkluderes det, at kreaturerne hurtigt omsætter pyrrolizidin alkaloider. Et indhold af vårbrandbæger (*S. vernalis*) i foderet, der svarer til 5 procent af grovfodertørstoffet, medførte ikke skade i det gennemførte forsøg.

Da evnen til at omsætte PA sandsynligvis stiger med stigende vægt, kan det antages, at en malkeko kan æde omkring den dobbelte mængde frisk vårbrandbæger (*S. vernalis*) dagligt i sammenligning med kvierne i forsøget, eller ca. 0,4 kg tørstof pr. dag. Ved en ensilageoptagelse på 8 kg tørstof om dagen udgør de 0,4 kg ca. 5 procent af ensilagetørstoffet. Hvis vårbrandbæger (*S. vernalis*) udgør 5 procent af tørstoffet i en græsafgrøde til slæt, og hver plante vejer ca. 200 g, så svarer det til ca. 3700 planter pr. ha, eller 35 - 40 planter pr. 100 m^2 i en normal afgrøde til slæt. Det kan dog ikke anbefales at fodre med foder, som indeholder denne mængde vårbrandbæger gennem flere måneder (Annon., 1998).

Antal vårbrandbæger (*S. vernalis*) pr. ha er beregnet udfra planter med en friskvægt på 200 g pr. plante. Tærsklen er således beregnet udfra en forudsætning om relativt store vårbrandbægerplanter. I marken vil der findes både store og små planter. En vurdering af planternes størrelse, bør derfor også indgå i vurderingen af afgrødens indhold af vårbrandbæger. I 4 forsøg blev vårbrandbæger afklippet og vejet midt i maj i stadium 62-65. Den gennemsnitlige friskvægt var her kun 15 g pr. plante (Petersen, 1999).

Da der kan være dyr, som måske er mere disponeret for skader forvoldt af pyrrolizidin alkaloider, anbefales det stadig at gøre en stor indsats for at undgå planten i foderet.

Pyrrolizidin alkaloider kan udskilles via mælken (Panter & James, 1990). I laboratorieforsøg har mælk med indhold af PA været sygdomsfremkaldende på forsøgsdyr. Med den fastsatte anbefaling for indhold af vårbrandbæger (*S. vernalis*) i foder, vil koncentrationen i mælk være så lav, at det menes at være uden betydning.

Giftighed for heste

Heste er meget følsomme for forgiftning af vår- og engbrandbæger, og forgiftning er set stadig hyppigere i de sidste par år. Der har været akutte forgiftninger, men mere almindeligt har været snigende kronisk forgiftning. Forløbet er ofte kronisk over flere måneder, og ofte dør hesten eller må aflives.

Man har undersøgt hestes evne til at undgå at æde planten. Generelt er heste meget individuelle i valg af græsningsemner, og der er en klar tendens til at undgå giftige planter, men på marker med en massiv forekomst vil heste ikke kunne undgå at æde vårbrandbægerplanterne. I hø og ensilage kan heste ikke fravælge vår- og engbrandbæger.

Giftighed for svin

Vårbrandbæger er giftigt for svin, men lærebøgerne er uenige om, hvor følsomme svin er i forhold til kvæg (Annon., 1998).

I Danmark er der kendskab til et tilfælde, hvor der var begrundet mistanke om forgiftning med vårbrandbæger. I sommeren 1996 havde en stor udendørs sobesætning problemer med mange pludselige dødsfald, hvor dyrlægen mente, at søerne var døde af en eller anden forgiftning. Efter bortlugning af et stort antal vårbrandbæger forsvandt problemet. Forgiftningssymptomerne blev desværre ikke fulgt op af en laboratoriediagnose. Landmanden kunne konstatere, at søerne gerne åd planten.

Giftighed for får og geder

I litteraturen er der beskrevet forsøg med får som viser, at får er betydeligt mindre følsomme over for forgiftning med pyrrolizidin alkaloider end kvæg. Også geder angives at kunne tåle mere end kvæg, dog ikke så meget som får (Hviid, 1998).

Vår- og engbrandbæger er på baggrund af ovenstående uønsket i foder til dyr. Det er derfor af stor betydning, at udbredelsen af både vårbrandbæger og engbrandbæger igen bringes ned på et acceptabelt niveau.

Indsats mod vår- og engbrandbæger

Vårbrandbæger (*S. vernalis*) er enårig og er helt overvejende vinterannuel (Hansen, 1981). Fremspiringen sker, når jorden er fugtig i månederne juni-september, og der udvikles en roset frem til vinteren. Planten er meget tidligt i vækst om foråret og blomstrer i maj og juni. Frøene har en stor fnok bestående af hvide, silkeagtige hår. Den veludviklede fnok betyder, at frøene spredes over store afstande.

Engbrandbæger (*S. jacobaea*) er to- til flerårig. Den blomstrer i juli og august. Frøene har som vårbrandbæger en stor fnok (Hansen, 1981). Engbrandbæger spirer primært frem om foråret og bruger det første år til at danne en roset. Blomstringen sker først i plantens 2. leveår.

Forebyggelse

Både vår- og engbrandbæger optræder mest udbredt i brakmarker med et svagt plantedække og

spredes derfra til nyetablerede græsmarker eller andre brakmarker med et svagt plantedække. Det er tydeligt, at græsmarker, beliggende i nærheden af nuværende eller tidligere brakarealer med vårbrandbæger (*S. vernalis*), er blevet befængt med store mængder vårbrandbæger, og det samme vil tydeligvis ske med engbrandbæger (*S. jacobaea*).

Erfaringerne fra brak- og græsmarkerne viser, at et tæt plantedække af græs og kløvergræs giver væsentligt ringere fremspiring af vårbrandbæger. I nyudlagte brakmarker er det derfor meget væsentligt, at der etableres et tæt græsdække så hurtigt som muligt efter høst af forudgående afgrøde.

På lettere jordtyper, hvor kvælstofforsyningen i brakmarken er meget begrænset, er græsdækket ofte så svagt, at det kun kan yde en svag konkurrence overfor vårbrandbæger. Der bør derfor på lette jordtyper anvendes en frøblanding med kløver.

Ved etablering af græs- og kløvergræs er det altid en målsætning at etablere et tæt plantedække. Dette vil dels forhindre fremspiring af vårbrandbæger, dels udkonkurrere en stor del af de planter, som måtte spire frem eller, som overlever en eventuel bekæmpelse.

Frøspredning kan forhindres ved gentagne afhugninger i blomstringsperioden eller ved kemisk bekæmpelse. I græsmarker anbefales det, at brandbæger bekæmpes kemisk om efteråret. Bekæmpelse om foråret er meget vanskelig i græsmarker på grund af den meget tidlige vækst. I kløvergræs er der ingen bekæmpelsesmuligheder om foråret. I brakmarker er kemisk bekæmpelse af brandbæger ikke tilladt om foråret.

På længere sigt er det meget væsentligt at få nedsat indflyvningen af vår- og engbrandbægerfrø til græsmarkerne. Indsatsen skal koncentreres om at afslå brakmarker og grøftekanter med forekomst af vår- og engbrandbæger, så snart planterne er i begyndende blomst henholdsvis sidst i maj-først i juni og i juli-august. På brakarealer må plantedækket slås i perioden fra den 1. maj til den 30. juni 1999, hvis der er behov for at bekæmpe giftige ukrudtsplanter.

Bekæmpelse

Tabel 1 viser resultaterne af 11 forsøg med bekæmpelse af vårbrandbæger i 1996/97 og 1997/98 (Pedersen 1998). Forsøgene viser, at vårbrandbæger (*S. vernalis*) kan bekæmpes i september med 10 g Harmony + spredeklæbemiddel pr. ha (7,5 g thifensulfuron methyl pr. ha).

Den skuffende effekt i 1998 af bekæmpelsen om foråret i forsøgsled 5-7 skyldes primært resultatet af et forsøg, hvor næsten alle behandlinger på grund af sen sprøjtning har været uden effekt.

Vårbrandbæger (*S. vernalis*) i græs eller kløvergræs bør bekæmpes allerede i efteråret. Det rette tidspunkt er fra sidst i august til midt i september. Ved tidligere bekæmpelse er der risiko for yderligere fremspiring. På grund af den tidlige vækst om foråret er forårsbekæmpelse en nødløsning, og i kløvergræs er der ingen midler til rådighed. Med den nuværende viden bør engbrandbæger bekæmpes efter samme retningslinier som vårbrandbæger.

Tabel 1. Bekæmpelse af vårbrandbæger (*Senecio vernalis*). Control of *Senecio vernalis*.

Græs	a.i. pr. ha	Behand-lingstid	Antal vårbrand-bæger pr. m^2		
			før 1. sprøjtning	efter 1. sprøjtning	efter 2. sprøjtning
Pasture	a.i. per ha	Application	Number of Senecio vernalis per m^2		
			before 1. app.	after 1. app.	after 2. app.
1998. 7 forsøg					
1. Ubehandlet	-	-	20	12	10
2. 15 g Harmony1)	11,25 g thifensulfuron methyl	aug-sep	-	1	3
3. 10 g Harmony1)	7,5 g thifensulfuron methyl	aug-sep	-	3	3
4. 1,5 l Basagran 4802)	720 g bentazon	ultimo aug	-	7	6
5. 10 g Harmony1)	7,5 g thifensulfuron methyl	april-maj	-	-	4
6. 2,0 l Starane 180	360 g fluoxypyr	april-maj	-	-	4
7. 2,7 l Metaxon	2025 g MCPA	april-maj	-	-	4
1997. 4 forsøg				*2 fs.*	
1. Ubehandlet		-	-	3	2
2. 15 g Harmony1)	11,25 g thifensulfuron methyl	aug-sep	-	0	0
3. 10 g Harmony1)	7,5 g thifensulfuron methyl	aug-sep	-	0	1
4. 1,5 l Basagran 4802)	720 g bentazon	ultimo aug	-	0	1
6. 2,0 l Starane 180	360 g fluoxypyr	april-maj	-	-	0

1)Tilsat 0,1 l Lissapol Bio
2) Tilsat 0,7 l Actirob

På nyetableret brak må der forud for udtagningsperioden foretages kemisk bekæmpelse indtil den 30. september. På fastliggende brakarealer er det muligt at foretage en kemisk bekæmpelse i september måned. Det forudsætter, at markerne ikke er tilmeldt den 5 årige garantiordning for udtagne arealer. På marker, der er omfattet af garantiordningen, er kemisk bekæmpelse ikke mulig.

Til bekæmpelse af vårbrandbæger (*S. vernalis*) i efteråret anvendes 10-12 g Harmony + spredeklæbemiddel pr. ha (7,5-9 g thifensulfuron methyl pr. ha) i både rent græs og kløvergræs. Hvis planterne er store (roset 6-8 cm), kan der anvendes 15 g Harmony + spredeklæbemiddel pr. ha (11,25 g thifensulfuron methyl pr. ha). Mod engbrandbæger anvendes 15 g Harmony + spredeklæbemiddel pr. ha. Ved den høje dosis er der risiko for, at kløverens vækst hæmmes i en periode.

Om foråret kan vår- og engbrandbæger bekæmpes i rent græs med 2,0-2,5 l pr. MCPA (75%) pr. ha eller 1,5-2,0 l Starane 180 pr. ha (270-360 g fluoxypyr pr. ha). I kløvergræs er der ingen mulighed for kemisk bekæmpelse om foråret.

Hvis der på økologiske brug konstateres betydelige mængder af vårbrandbæger (*S. vernalis*)

i den nye kløvergræsmark, bør der udarbejdes en strategi for afgræsning af arealet.

I de øvrige landbrugsafgrøder bekæmpes vårbrandbæger (*S. vernalis*) med de normalt anvendte ukrudtsmidler.

Sammendrag

I perioden 1994 til 1998 er vårbrandbæger (*Senecio vernalis*) spredt til et stærkt stigende antal brak- og græsmarker, især i det jyske område. I den sidste del af perioden er der yderligere sket en kraftig opformering af engbrandbæger (Senecio jacobaeaa).

I en undersøgelse af vårbrandbæger (*S. vernalis*) fra 10 forskellige lokaliteter i Danmark er der fundet et ensartet indhold af de toksiske stoffer pyrrolizidin alkaloider (PA). Pyrrolizidin alkaloider er skadelige for husdyr. Vår- og engbrandbæger er derfor uønsket i foder til dyr. En forsigtig grænse for forekomst af vårbrandbæger (*S. vernalis*) i græs er beregnet til 3700 planter pr. ha eller 35-40 planter pr. 100 m^2.

Udbredelsen af vår- og engbrandbæger skal af hensyn til husdyrenes sundhed og velfærd nedbringes gennem forebyggelse af frøspredning og ved kemisk bekæmpelse.
Brakmarker, grøftekanter og andre naturarealer slås ved begyndende blomstring i henholdsvis maj (vårbrandbæger) og juli (engbrandbæger), før planterne kan nå at sætte frø.

Græs- og kløvergræs skal etableres bedst muligt, så der ikke levnes plads til etablering af vårbrandbæger. Dette gælder i særdeleshed for økologiske brug, hvor der ikke er kemiske bekæmpelsesmuligheder.

Vårbrandbæger (*S. vernalis*) bekæmpes kemisk i græs- og kløvergræs fra slutningen af august til sidst i september.

Brakmarker etableres med et tæt plantedække af græs, så vårbrandbæger (*S. vernalis*) ikke får plads til at etablere sig. Kemisk bekæmpelse må ske i september måned på såvel nyetableret brak som fastliggende brak udenfor garantiordningen.

Litteratur

Annon. 1998. Handlingsplan til begrænsning af brandbægerproblemer i Danmark. Planteavlsorientering 09-400. Landskontoret for Planteavl.

Hansen K. 1981. Dansk Feltflora. Gyldendal.

Hviid H. 1998. Litteraturbaserede og eksperimentelle studier af toksiske pyrrolizidin alkaloider m.h.p. vurdering af toksiciteten af *Senecio vernalis* (vårbrandbæger). Speciale ved Institut for Farmakologi og Patobiologi, Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole.

Panter K.E. & James L.F. 1990. Natural plant toxicants in milk: A review. Journal of. Animal Science, 68, 892-904.

Pedersen, C.Å. 1998. Oversigt over Landsforsøgene 1998. Landskontoret for Planteavl.

Pers. medd. 1998. Resultater fra forsøg ved Institut for Farmakologi og Toksikologi, Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole er ikke publiceret.

Petersen P.H. 1998. Vårbrandbæger - handlingsplan for bekæmpelse. Bilag til Seminar om planteværn 1999, 19-20. Landskontoret for Planteavl.

Herbicideffekt på planter med jordstøv på bladene

Herbicide performance on plants with simulated dust deposits

Solvejg K. Mathiassen og Per Kudsk
Danmarks JordbrugsForskning
Afdeling for Plantebeskyttelse
Forskningscenter Flakkebjerg
DK-4200 Slagelse

Summary

Recently there has been a renewed interest in using interrow cultivation in combination with band spraying in crop such as sugar beet, maize and oil seed rape. By combining interrow cultivation and band spraying in one operation the cost of weed control can be reduced but a major concern has been the possible adverse effect of dust stirred up by the cultivator on herbicide performance. The objective of the present study was to assess the influence of dust on the performance of selected herbicides. Simulated dust consisting of soil sieved through a 0.14 mm sieve was applied to pot-grown plants either prior to or immediately after herbicide application. A standard treatment of 0.8 mg dust cm^{-2} was used. In most cases herbicide efficacy was reduced in the presence of dust. With triflusulfuron-methyl and glyphosate the doses had to be increased 3 to 6 times in the presence of dust in order to obtain the same efficacy as on plants without dust. Similarly metamitron and fluazifop-P-butyl doses had to be doubled while the doses of bentazone+terbuthylazin had to be increased by 25% on plants with dust deposits. The performance of ioxynil+bromoxynil was not affected by dust. The influence of dust deposits varied within plant species and apparently was related to differences in leaf angle and/or leaf surface characteristics. One experiment showed that the reduction in herbicide efficacy was related to the amount of dust and that even application of 0.2 mg dust per cm^{-2} reduced the efficacy of glyphosate. In general no differences were observed between application of dust prior to or immediately after herbicide application. The results indicate that there is a risk of a reduced herbicide efficacy when combining interrow cultivation and band spraying in one operation. The implications for practice need further investigation.

Indledning

Der har i de senere år været en stigende interesse for at inddrage radrensning i ukrudtsbekæmpelsen i en række afgrøder. Hovedårsagen hertil har været, at mange herbicider er forsvundet fra markedet, eller deres anvendelse er blevet stærkt indskrænket i forbindelse med revurderingen af pesticider. Dette har medført, at det i nogle afgrøder ikke længere er

muligt at udføre en kemisk bekæmpelse af ukrudt, mens der i andre afgrøder er problemer med bekæmpelse af bestemte arter. En anden årsag til interessen for radrensning er, at det er en metode, som kan medvirke til at imødekomme kravet om et nedsat herbicidforbrug. I rækkeafgrøder er det således muligt at spare 50-65% af kemikalieforbruget ved at kombinere radrensning mellem rækkerne og båndsprøjtning i rækken.

Forudsætningen for at radrensning kan vinde indpas i det konventionelle landbrug er imidlertid, at metoden er konkurrencedygtig ressourcemæssigt og økonomisk. Forsøg udført i de landøkonomiske foreninger har vist, at det i vinterraps udsået på 50 cm's rækkeafstand er muligt både at opnå en bedre ukrudtsbekæmpelse og et højere udbytte ved anvendelsen af radrensning kombineret med båndsprøjtning sammenlignet med udsåning på 12,5 cm's rækkeafstand og bredsprøjtning (Haldrup & Hansen, 1997). Ligeledes har forsøg i majs vist, at en kombination af radrensning og båndsprøjtning har klaret sig på linie med bredsprøjtning både hvad angår ukrudtsbekæmpelsen og med hensyn til udbytte og foderværdi (Nielsen & Mikkelsen, 1997). Endelig er det i roer muligt at erstatte de to sidste bredsprøjtninger med radrensning og båndsprøjtning og opnå ligeså gode eller bedre resultater som med 3 gange bredsprøjtning (Petersen, 1997).

Kombinationen af radrensning og båndsprøjtning er mere tidskrævende end bredsprøjtning, og rentabiliteten er derfor i høj grad afhængig af prisen for aflønning af en forøget tidsindsats. For at reducere tidsforbruget er det hensigtsmæssigt at benytte et 'kombisæt', hvor begge opgaver udføres i en arbejdsgang. I forbindelse med udviklingen af et sådant udstyr er der imidlertid sat spørgsmålstegn ved den mest hensigtsmæssige rækkefølge af redskaberne. Der tænkes her specielt på, at radrenseren vil hvirvle støv op på bladene af ukrudtsplanterne i rækken, og at dette kan påvirke herbicideffekten. Det er et kendt fænomen, at bekæmpelseseffekten af en ukrudtssprøjtning ofte er væsentlig ringere omkring køresporene sammenlignet med resten af marken, og specielt i roemarker har man ofte forklaret den forringede effekt med en inaktivering af herbiciderne i forbindelse med det af traktorhjulene ophvirvlede støv. Det er dog aldrig forsøgsmæssigt undersøgt, om denne antagelse er korrekt.

Formålet med de udførte forsøg var at undersøge, om effekten af forskellige herbicider påvirkes af tilstedeværelsen af støv på ukrudtsplanterne, samt om det er af betydning for effekten, om støvet allerede er på bladene før sprøjtning eller lander på bladene umiddelbart efter sprøjtning. Desuden er indflydelsen af støvmængden undersøgt.

Materialer og metoder

Planterne blev dyrket udendørs i 2 l's potter i en jord-sand-sphagnum blanding (2:1:1 på vægtbasis) tilsat alle nødvendige makro- og mikro næringsstoffer. Følgende plantearter indgik i forsøgene: raps (*Brassica napus*), sort natskygge (*Solanum nigrum*), lugtløs kamille (*Tripleurospermum inodorum*), hvede (*Triticum vulgare*) og byg (*Hordeum vulgare*). Efter fremspiring blev der tyndet til et ensartet plantetal i potterne. Sprøjtningen blev foretaget i en pottesprøjte. Der blev anvendt Hardi 4110-14 dyser, et tryk på 3 bar og en hastighed på 6 km/t, hvilket resulterede i en væskemængde på 150 l/ha.

Betydningen af støv blev undersøgt ved henholdsvis før eller efter sprøjtning at påføre en del af planterne støv. Støvet blev fremstillet ved at sigte tørret markjord (Flakkebjerg, JB 6) gennem en 0,14 mm si. Støvet blev tildelt potterne ved en jævn fordeling gennem et 1 m højt aluminiumsrør med en diameter på 20 cm. Som standard blev der tilført 0,8 mg støv pr. cm^2. I et enkelt forsøg blev betydningen af støvmængden undersøgt ved at tildele henholdsvis 0,2 g, 0,4 g og 0,8 g støv pr. cm^2 til potterne. Planterne blev høstet ca. 3 uger efter sprøjtning, hvor frisk- og tørvægt blev bestemt.

Effekten af følgende herbicider blev undersøgt: phenmedipham (Betanal SC), triflusulfuron-methyl (Safari), metamitron (Goltix WG), fluazifop-P-butyl (Fusilade X-tra), glyphosat (Roundup), ioxynil+bromoxynil (Oxitril) og bentazon+terbuthylazin (Laddok TE). Phenmedipham og metamitron blev udsprøjtet i blanding med 0,5 l/ha Super-olie 33E, triflusulfuron-methyl og fluazifop-P-butyl i blanding med 0,1% Lissapol Bio og bentazon+terbuthylazin i blanding med 2 l/ha Actipron.

Samtlige forsøg blev opgjort ved hjælp af non-liniære regressioner, idet følgende log-logistiske model blev fittet til friskvægtsresultaterne:

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

hvor U er friskvægten, D og C er den øvre og nedre asymptote, b er hældningen på kurven, og ED_{50} er den dosering, som resulterer i 50% reduktion af friskvægten. I alle forsøgene viste det sig, at C ikke var signifikant forskellig fra 0, og derfor kunne udelukkes af modellen. Modellens anvendelighed til beskrivelse af data blev undersøgt ved en test for 'lack of fit'.

Efterfølgende blev det undersøgt, om effekten af støv kunne beskrives ved en parallelforskydning af doseringskurven, det vil sige udfra følgende model, hvor R er den relative styrke, som er et udtryk for aktiviteten af herbicidet, når der er støv på bladene i forhold til standardbehandlingen, som er aktiviteten uden støv på bladene:

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

Også her blev det ved hjælp af en test for 'lack of fit' undersøgt, hvorvidt modellen var anvendelig til beskrivelse af data.

Resultater og diskussion

I alle forsøgene viste de udførte test for 'lack of fit', at modellen beskrev data tilfredsstillende, og hypotesen om parallelle doseringskurver kunne accepteres. Resultaterne er derfor vist ved relative styrker, idet den relative styrke af behandling uden støv er sat til 1. Når den relative styrke er mindre end 1, betyder det, at aktiviteten af den aktuelle behandling har været lavere end af standardbehandlingen. Er den relative styrke af en behandling for eksempel 0,2 betyder

det, at doseringen må forøges 5 gange (1/0,2) i forhold til standardbehandlingen for opnåelse af en given effekt.

Tabel 1 viser en sammenfatning af resultaterne af 3 forsøg, hvor effekten af forskellige herbicider over for planter uden støv på bladene er sammenlignet med effekten over for planter, som er påført 0,8 mg støv pr. cm^2 af pottens overflade enten umiddelbart før eller efter sprøjtning. Med undtagelse af fluazifop-P-butyl er effekten af alle midler undersøgt på 2 plantearter.

Tabel 1. Aktivitet af forskellige herbicider over for planter som er påført 0,8 mg støv pr. cm^2 potteoverflade henholdsvis før eller efter sprøjtning. Den relative styrke over for planter uden støv er lig med 1. Tallene i parentes er standardafvigelser. Activity of different herbicides on plants to which 0.8 mg dust per cm^2 pot surface was applied prior to or after herbicide application. The relative potency on plants without dust was 1. Figures in parentheses are standard errors.

		Relativ styrke Relative potency	
Herbicid Herbicide	**Art** Plant species	**Støv før sprøjtning** Dust applied prior to spraying	**Støv efter sprøjtning** Dust applied after spraying
Phenmedipham	Raps	0.78 (0.23)	0.87 (0.26)
	Sort natskygge	0.32 (0.16)	0.26 (0.14)
Triflusulfuron-methyl	Raps	0.27 (0.14)	0.30 (0.16)
	Sort natskygge	0.21 (0.05)	0.17 (0.05)
Metamitron	Raps	0.54 (0.18)	0.47 (0.16)
	Sort natskygge	0.49 (0.10)	0.62 (0.13)
Bentazone +terbuthylazin	Raps	0.81 (0.19)	0.73 (0.16)
	Sort natskygge	0.87 (0.18)	0.80 (0.16)
Ioxynil +bromoxynil	Raps	0.83 (0.20)	0.83 (0.19)
	Lugtløs kamille	0.97 (0.37)	1.18 (0.44)
Glyphosat	Sort natskygge	0.19 (0.03)	0.23 (0.03)
	Byg	0.52 (0.22)	0.44 (0.20)
Fluazifop-P-butyl	Byg	0.63 (0.15)	0.59 (0.14)

Støvets indflydelse på effekten varierede mellem herbiciderne, men i de fleste tilfælde blev effekten signifikant reduceret i forbindelse med støv på bladene. De største effektreduktioner blev fundet med glyphosat og triflusulfuron-methyl over for sort natskygge, hvor doseringerne skulle øges 5-6 gange for at opnå samme effekt over for planter med støv sammenlignet med planter uden støv. Med phenmedipham på sort natskygge og triflusulfuron-methyl på raps var det nødvendigt at øge doseringerne 3 gange i forbindelse med støv, mens effektreduktionerne med metamitron over for raps og sort natskygge og fluazifop-P-butyl og glyphosat over for byg var af en sådan størrelsesorden, at doseringerne måtte fordobles. Endelig var der med bentazon+terbuthylazin over for raps og sort natskygge samt phenmedipham over for raps tale om effektreduktioner i forbindelse med støv, som medførte doseringsforøgelser på 25%. Det eneste af de afprøvede herbicider, hvor effekten over for begge de afprøvede arter (lugtløs kamille og raps) var upåvirket af støv, var ioxynil+bromoxynil.

For de fleste herbiciders vedkommende var der tale om, at effekten blev reduceret i nogenlunde samme størrelsesorden på de to afprøvede plantearter. Dette gælder således for triflusulfuron-methyl, metamitron og bentazone+terbuthylazin over for raps og sort natskygge, idet der dog var en tendens til, at støvet havde lidt større indflydelse på effekten over for sort natskygge end over for raps af disse midler. Med phenmedipham var der en klar forskel på indflydelsen af støv på de to arter, idet støvet ikke havde nogen signifikant indflydelse på effekten over for raps, mens støvet som tidligere omtalt medførte, at doseringen på sort natskygge måtte øges 3 gange. Også med glyphosat blev der fundet forskel på støvets indflydelse på effekten over for henholdsvis sort natskygge og byg. Den største effektreduktion blev fundet på sort natskygge, hvor doseringen skulle øges ca. 5 gange på planter med støv, mens doseringen på byg kun skulle fordobles.

Årsagen til den nedsatte effekt af herbicider i forbindelse med støv skyldes sandsynligvis en inaktivering af det aktive stof ved binding mellem herbicid og jordpartikler. Det er vist, at glyphosat hurtigt inaktiveres ved kontakt med jord (Sprankle *et al.*, 1975), og det er også med dette middel, at vi ser de største effekter af støv. Støvet har desuden en fugtsugende effekt, som medfører, at sprøjtedråberne hurtigere udtørrer, hvilket reducerer optagelsen i planten.

Det eneste tilfælde, hvor det var af betydning, om støvet blev påført før eller efter sprøjtning, var med bentazone+terbuthylazin, hvor effektreduktionen netop var signifikant, når støvet blev påført efter sprøjtning, mens der kun var en tendens til nedsat effekt, hvis støvet blev påført inden sprøjtning. Umiddelbart skulle man forvente, at effektreduktionen ville være større, når støvet er tilstede på bladene ved sprøjtning, da en øjeblikkelig inaktivering, da kan finde sted. Den maksimale effektreduktion vil kunne forventes ved påføring af støv samtidig med sprøjtning, idet en del af sprøjtedråberne da vil blive inaktiveret inden afsætning på bladet. Det har dog ikke været muligt at afprøve denne situation under vores forsøgsbetingelser.

I tabel 2 er vist resultaterne fra forsøget med forskellige støvmængder. Generelt var effektreduktionerne af 0,8 mg støv pr. cm^2 mindre i dette forsøg end i de tidligere viste forsøg (tabel 1), og for metamitrons vedkommende var der end ikke signifikant effekt af den største

støvmængde. Ligesom resultaterne i tabel 1, er der med glyphosat et større udslag på sort natskygge sammenlignet med korn, hvor effekten kun er signifikant påvirket ved de to største støvmængder. Der er en tydelig tendens på begge arter til faldende effekt med stigende støvmængde.

Tabel 2. Aktivitet af glyphosat og metamitron over for planter som er påført forskellige støvmængder før sprøjtning sammenlignet med planter uden støv. Tallene i parentes er standardafvigelser. Activity of glyphosate and metamitron on plants with different deposits of simulated dust applied prior to herbicide application. Figures in parentheses are standard errors.

Herbicid Herbicide	**Art** Plant species	**Støv (mg pr. cm^2)** Dust	**Relativ styrke** Relative potency
Glyphosat	Hvede	Ingen	1.00
		0.2	0.99 (0.22)
		0.4	0.80 (0.18)
		0.8	0.76 (0.17)
	Sort natskygge	Ingen	1.00
		0.2	0.64 (0.24)
		0.4	0.51 (0.19)
		0.8	0.41 (0.14)
Metamitron	Raps	Ingen	1.00
		0.2	1.03 (0.32)
		0.4	1.11 (0.33)
		0.8	0.86 (0.27)

Forskelle i støvets betydning på forskellige plantearter kan således skyldes en forskel i mængden af afsat støv. For eksempel vil der sandsynligvis blive afsat mere støv på sort natskygge med vandrette blade end på byg med oprette blade, hvilket kan forklare den observerede forskel på støvets indflydelse på effekten af glyphosat. Udover bladstilling kan også bladoverflade og plantestørrelse have indflydelse på den afsatte mængde af støv og dermed effekten af herbicidet.

Den mængde støv, som afsættes på planterne, vil i praksis afhænge af flere forskellige faktorer som f.eks. jordtype, kørehastighed og ikke mindst jordfugtighed på behandlingstidspunktet. Vi ved reelt intet om hvor store støvmængder, der rent faktisk bliver afsat på planterne under forskellige forhold. Støvmængden på 0,8 mg pr. cm^2 potteoverflade, som er anvendt som standard i forsøget, er valgt udfra et visuelt indtryk af, hvor 'beskidt' en

plante kan være efter en radrensning. Da der ser ud til at være en sammenhæng mellem støvmængde og effektreduktion, er det for at vurdere betydningen i praksis nødvendigt at undersøge, om de i forsøget anvendte støvmængder er realistiske, samt i hvor høj grad den afsatte støvmængde påvirkes af de føromtalte faktorer som jordtype, kørehastighed og jordfugtighed. Disse undersøgelser vil blive foretaget i den kommende sæson, hvor afsætningen af støv på roeplanter vil blive undersøgt i forsøgsparceller i marken, som behandles under forskellige forhold. Støvmængderne bestemmes ved en visuel sammenligning af disse planter med roeplanter, som er tilført kendte mængder af støv.

Eftersom der i forsøget generelt er konstateret en nedsat effekt af herbiciderne i forbindelse med støv, uanset om støvet blev påført før eller efter sprøjtning, må det konkluderes, at der ved udførelse af radrensning og båndsprøjtning i en arbejdsgang er risiko for en nedsat herbicideffekt. Effekterne bør yderligere undersøges i markforsøg ligesom en afskærmning af radrenseren i forhold til rækken bør overvejes.

Sammendrag

Der har i de senere år været en stigende interesse i at inddrage radrensning i ukrudtsbekæmpelsen i afgrøder som bederoer, majs og raps. Ved at udføre radrensning og båndsprøjtning i en arbejdsgang kan tidsforbruget reduceres. Der er imidlertid udtrykt bekymring for, at ophvirvlet støv fra radrenseren kan reducere herbicideffekten. Formålet med denne undersøgelse har derfor været at undersøge indflydelsen af jordstøv på planter for effekten af en række forskellige herbicider. Forsøgene blev udført som potteforsøg, og som standard blev der anvendt en støvmængde på 0,8 mg pr. cm^2 bestående af jord sigtet gennem en 0,14 mm si. Forsøgene viste, at effekten af de fleste af de afprøvede herbicider blev reduceret, når der var støv på planterne omkring sprøjtetidspunktet. De største reduktioner i effekt blev fundet med triflusulfuron-methyl og glyphosat, hvor doseringerne til opnåelse af en given effekt ved tilstedeværelse af støv på planterne måtte øges 3-6 gange i forhold til doseringerne på planter uden støv. Med metamitron og fluazifop-P-butyl medførte støv, at doseringerne måtte fordobles, mens doseringerne af bentazone+terbuthylazin måtte øges med 25%. Effekten af ioxynil+bromoxynil blev ikke påvirket af støv. Forsøg med forskellige støvmængder viste, at effektreduktionen var afhængig af støvmængden, men at selv 0,2 mg støv pr. cm^2 potteoverflade reducerede effekten af glyphosat. Betydningen af støv varierede i nogle tilfælde med planteart og syntes relateret til hvor meget støv, der blev afsat på planterne. Generelt havde det ingen betydning, om støvet blev afsat før eller efter sprøjtning. Resultaterne viser, at der i forbindelse med kombineret radrensning og båndsprøjtning kan være risiko for en nedsat herbicideffekt på grund af støv på planterne. Den praktiske betydning heraf bør undersøges nærmere.

Erkendtlighed

Undersøgelsen er blevet finansieret af Miljøstyrelsens kontor for Renere Teknologi og Produkter. Vi ønsker at takke følgende medarbejdere for medvirken ved udførelsen af

forsøgene: Willy Rasmussen, Leon Lindenhoff, Betina Bendtsen, Conny Sørensen og Maria Hjembæk.

Litteratur

Haldrup, C. & Hansen, M.S. 1997. Frø- og industriafgrøder. Oversigt over Landsforsøgene 1997, ed. C.Å. Pedersen, 136-160.

Nielsen, K.A. & Mikkelsen, M. 1997. Grovfoderproduktion. Oversigt over Landsforsøgene 1997, ed. C.Å. Pedersen, 235-277.

Petersen, P.H. 1997. Foderroer og majs. Bilag til seminar om Planteværn 1997, Landbrugets Rådgivningscenter, Landskontoret for Planteavl, 23-25.

Sprankle, P., Meggitt, W.F. & Penner, D. 1975. Adsorption, mobility and microbial degradation of glyphosate in the soil. Weed Science, 23, 229-3.

Nye dysetyper og herbicideffekt 1. Semifieldforsøg

New nozzle types and herbicide efficacy 1. Semifield experiments

Per Kudsk og Solvejg K. Mathiassen
Danmarks JordbrugsForskning
Afdelingen for Plantebeskyttelse
Forskningscenter Flakkebjerg
DK-4200 Slagelse

Summary

Herbicide performance was compared following application with flat fan, pre-orifice flat fan and air inclusion nozzles. The study revealed that herbicide activity was not affected replacing the standard flat fan nozzle with a pre-orifice flat fan nozzle with the exception of a few herbicide/weed species combinations where spray retention was considered to be the main factor determining herbicide efficacy. In contrast herbicide performance was often reduced following application with the air inclusion nozzles also in situations when spray retention was considered not to be important in relation to efficacy. In summary the study has shown that further studies are required to develop recommendations for the use of air inclusion nozzles for weed control.

Indledning

Der har i de senere år været en stigende interesse for at forbedre udbringningsteknikken af pesticider, således at afdriften minimeres. En af mulighederne er at anvende luftassisterede sprøjter, men da disse sprøjter er betydelig dyrere end traditionelle marksprøjter, er de ikke et reelt alternativ for alle landmænd.

En anden måde, hvorved man kan reducere afdriftsrisikoen, er at udskifte de almindelige fladsprededyser med andre typer dyser. For nogle år siden blev lavdriftdyserne markedsført, og forsøg med denne dysetype har vist, at afdriften reduceres betydeligt i forhold til almindelige fladsprededyser (Jensen & Kirknel, 1997; Lund, 1997).

Luftinjektionsdyserne, der er en ny type dyse på det danske marked, producerer betydelig større dråber end både de almindelige fladsprededyser og lavdriftdyserne. Princippet i luftinjektionsdyserne er, at der sker en sammenblanding af luft og væske, hvilket medfører en grov forstøvning af sprøjtevæsken (Cecil, 1997). Luftindblandingen sker passivt, og det er derfor nødvendigt at anvende et højere tryk end med fladsprededyser. Det er karakteristisk for luftinjektionsdyserne, at dråberne bevæger sig betydeligt langsommere end tilsvarende dråber produceret med en fladsprededyse, hvilket vil øge sandsynligheden for, at dråberne ikke reflekteres, når de rammer planterne. Det hævdes fra producenternes side, at der i dysen sker en indblanding af luft i sprøjtevæsken, og at dråberne derfor indeholder

luftbobler. Effekten af dette er, at når dråberne rammer planterne, vil de splittes op i mange små dråber, og dækningsgraden bliver derved bedre end med dråber af tilsvarende størrelse produceret med en fladsprededyse (Ripke, 1998).

En god dækningsgrad er en forudsætning for en god effekt af mange herbicider. Man kunne formode, at den grovere forstøvning med lavdrift- og luftinjektionsdyser ville resultere i en nedsat effekt med visse herbicider. Med lavdriftdyser er der både med herbicider og fungicider i de fleste tilfælde fundet samme effekt som med fladsprededyser (Jensen, 1998). Der findes kun få resultater med luftinjektionsdyser, og disse forsøg er primært udført med fungicider (Knott, 1998). I et forsøg med herbicidet clodinafop, som er kemisk beslægtet med fluazifop-p og haloxyfop, blev der opnået en bedre effekt over for agerrævehale med en fladsprededyse end med luftinjektionsdysen (Cecil, 1997).

Formålet med nærværende undersøgelser var, at sammenligne effekten af en række herbicider udsprøjtet henholdsvis med fladsprede-, lavdrift- og luftinjektionsdyser.

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 plantearter indgik i forsøgene: hvidmelet gåsefod (*Chenopodium album*), fliget tvetand (*Lamium hybridum*), lugtløs kamille (*Tripleurospermum inodorum*), raps (*Brassica napus*) og flyvehavre (*Avena fatua*). Potterne var placeret på et bord og blev automatisk undervandet. I et af forsøgene indgik 3 udviklingstrin af raps, lugtløs kamille og flyvehavre. De 3 udviklingstrin blev sået forskudt, således at de kunne sprøjtes samtidigt. Efter endt fremspiring blev antallet af planter pr. potte reduceret til et ensartet antal for hver ukrudtsart og udviklingstrin.

Sprøjtningerne blev udført i en pottesprøjte udstyret med en sprøjtebom med to dyser. Følgende dyser blev anvendt: fladsprededysen Hardi S4110-14, lavdriftdysen Lurmark SD015F120 og luftinjektionsdyserne Lurmark DB015F120, Lechler ID120-015 og Teejet AI110015-VS. Med Hardi S4110-14 og Lurmark SD015F120 dyserne blev der anvendt et tryk på 3 bar, mens luftinjektionsdyserne blev undersøgt ved et tryk på 5 bar med undtagelse af Lurmark DB015F120, som også blev afprøvet ved et tryk på 3 bar. De anvendte væskemængder er angivet i forbindelse med præsentationen af resultaterne.

I forsøgene blev følgende herbicider anvendt: tribenuron (Express), phenmedipham (Betanal SC), ioxynil+bromoxynil (Oxitril), clopyralid+fluroxypyr+MCPA (Ariane FG) og fluazifop-p (Fusilade X-tra). Tribenuron og fluazifop-p blev udsprøjtet i blanding med 0,1% af det nonioniske additiv Lissapol Bio. Der blev anvendt 5 doseringer af alle herbicider. Planterne blev høstet 17-34 dage efter sprøjtningen, hvor der blev bestemt frisk- og tørvægt.

Inden for hvert herbicid og ukrudtsart blev resultaterne analyseret ved hjælp af nonliniære regressioner, idet følgende logistiske doseringsmodel blev fitted til friskvægtsresultaterne:

$$U = \frac{D - C}{1 + \exp(2b_i(\log(ED_{90i}) + 1.099/b_i - \log(z_{ij})))} + C \qquad (1)$$

hvor z_{ij} er doseringen j af herbicidet udsprøjtet med dysen i. U er friskvægten, D og C er henholdsvis doseringskurvens øvre og nedre asymptote, ED_{90i} er den dosering, der resulterer i 90% reduktion i friskvægten, og b_i er hældningen omkring ED_{90i}. For en række ukrudtsarters 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.

I tidligere forsøg har vi fundet, at doseringskurverne for et herbicid udsprøjtet med forskellige dyser kan antages at være parallelle, og resultaterne blev derfor også analyseret med følgende doseringsmodel:

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

hvor b er ens for alle dysetyper.

Modellernes anvendelighed blev undersøgt ved hjælp af en test for "lack of fit". Hvis antagelsen om parallelle doseringskurver blev accepteret, er de estimerede ED_{90} doseringer fra model 2 anvendt. Hvis doseringskurverne ikke var parallelle, hvilket var tilfældet ved 3 kombinationer af herbicid og ukrudtsart, blev de estimerede ED_{90} doseringer fra model 1 anvendt.

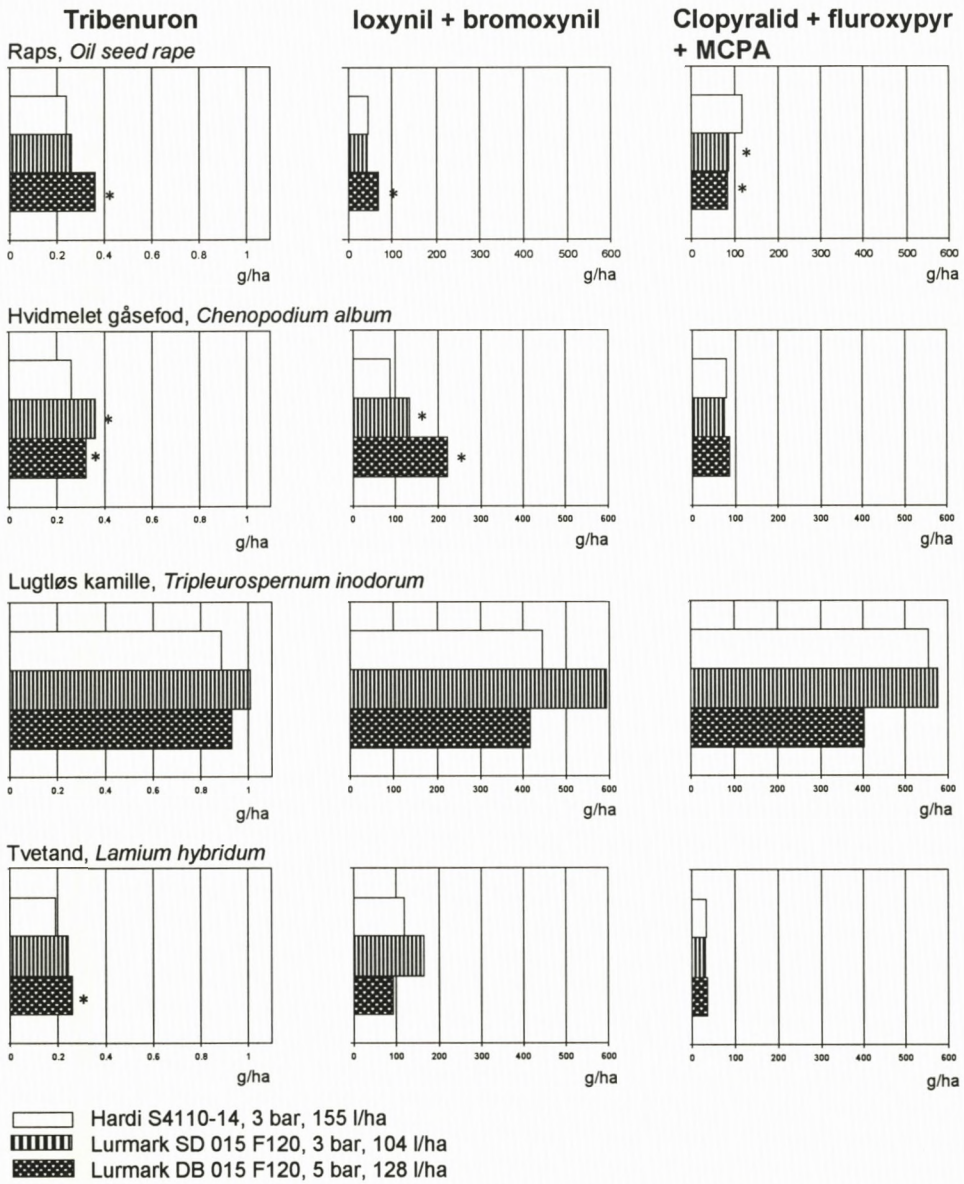
Resultater

Producenten af Lurmark DB015F120 dysen angiver, at disse dyser kan anvendes ved tryk ned til 3 bar. I et af forsøgene blev Lurmark DB015F120 dysen derfor undersøgt ved både 3 og 5 bar. Dette forsøg viste, at et tryk på 3 bar ikke var tilstrækkeligt til at holde en spredevinkel på 120°, og disse resultater er derfor udeladt. I de efterfølgende forsøg blev luftinjektionsdyserne kun undersøgt ved 5 bar.

I figur 1 er vist resultaterne fra et forsøg, hvor effekten af herbiciderne tribenuron, ioxynil+bromoxynil samt clopyralid+fluroxypyr+MCPA er undersøgt over for ukrudtsarterne raps, hvidmelet gåsefod, lugtløs kamille samt fliget tvetand.

Med tribenuron er der fundet en signifikant dårligere effekt af luftinjektionsdysen i forhold til fladsprededysen over for raps, hvidmelet gåsefod og fliget tvetand, mens der ingen forskel blev fundet over for lugtløs kamille. Med lavdriftdysen er der kun over for hvidmelet gåsefod observeret en dårligere effekt end med fladsprededysen. Med ioxynil+bromoxynil er der over for raps, hvidmelet gåsefod og lugtløs kamille fundet de samme forskelle mellem dyserne som med tribenuron.

Resultaterne med clopyralid+fluroxypyr+MCPA adskiller sig væsentligt fra resultaterne med de to øvrige herbicider, idet der i intet tilfælde er fundet en dårligere effekt med lavdrift- og luftinjektionsdysen i forhold til fladsprededysen. Tværtimod er der over for raps fundet en signifikant bedre effekt end med fladsprededysen.



Figur 1. Estimerede ED_{90} doseringer af 3 herbicider udsprøjtet med forskellige dysetyper på henholdsvis raps (kimblade), hvidmelet gåsefod (2 løvblade), lugtløs kamille (6 løvblade) og fliget tvetand (2-4 løvblade). En * angiver statistisk signifikans (P=0,05) i forhold til fladsprededysen. Estimated ED_{90} doses of 3 herbicides applied to oilseed rape (cotyledon stage), *C. album* (2-leaf stage), *T. inodorum* (6-leaf stage) and *L. hybridum* (2- to 4-leaf stage) using different nozzle types. An asterix indicates statistical significance (P=0.05) compared to the flat fan nozzle.

Phenmedipham var også med i forsøget, men da det ikke var muligt at estimere doseringskurverne over for raps, lugtløs kamille og fliget tvetand på grund af for lave doseringer, er disse resultater ikke medtaget i figur 1. Resultaterne med hvidmelet gåsefod er vist i tabel 1 sammen med resultaterne fra et forsøg, hvor effekten af fluazifop-p over for flyvehavre blev undersøgt.

Tabel 1. Estimerede ED_{90} doseringer af phenmedipham over for hvidmelet gåsefod og fluazifop-p over for flyvehavre ved udsprøjtning med forskellige dysetyper. Tallene i parentes er standardafvigelser. En * angiver statistisk signifikans (P=0,05) i forhold til fladsprededysen. Estimated ED_{90} doses of phenmedipham on *C. album* and fluazifop-p on *A. fatua* using different nozzle types. Figures in parentheses are standard errors. An asterix indicates statistical significance (P=0.05) compared to the flat fan nozzle.

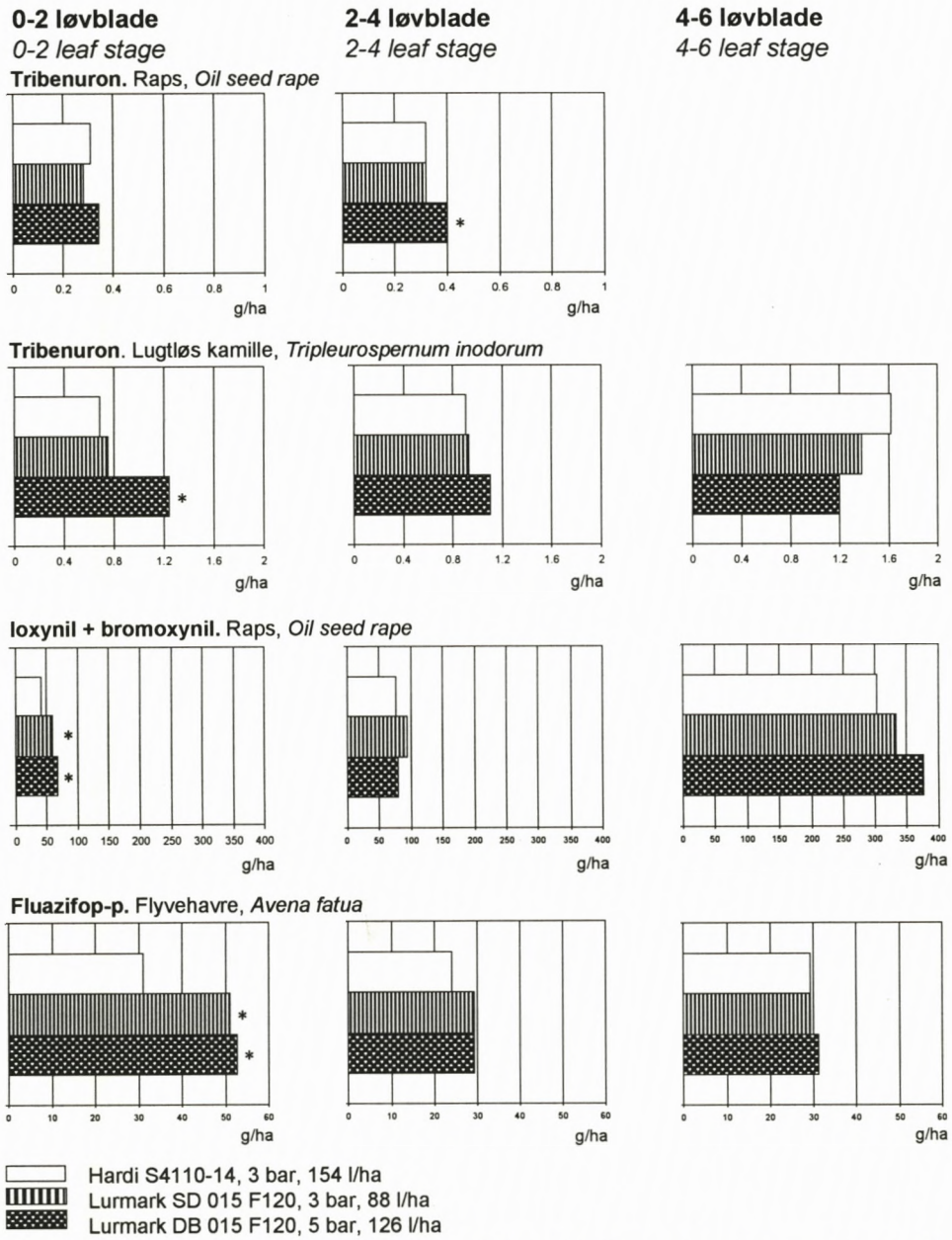
	Phenmedipham	Fluazifop-p
Hardi S4110-14, 3 bar, 155 l/ha	57.2 (8.4)	20.0 (1.2)
Lurmark SD015F120, 3 bar, 104 l/ha	102.0 (17.6)*	21.6 (1.3)
Lurmark DB015F120, 5 bar, 128 l/ha	104.1 (16.9)*	24.0 (1.6)*

Med phenmedipham er der over for hvidmelet gåsefod fundet en signifikant dårligere effekt med både lavdrift- og luftinjektionsdysen, mens der med fluazifop-p kun blev fundet en signifikant lavere effekt af luftinjektionsdysen.

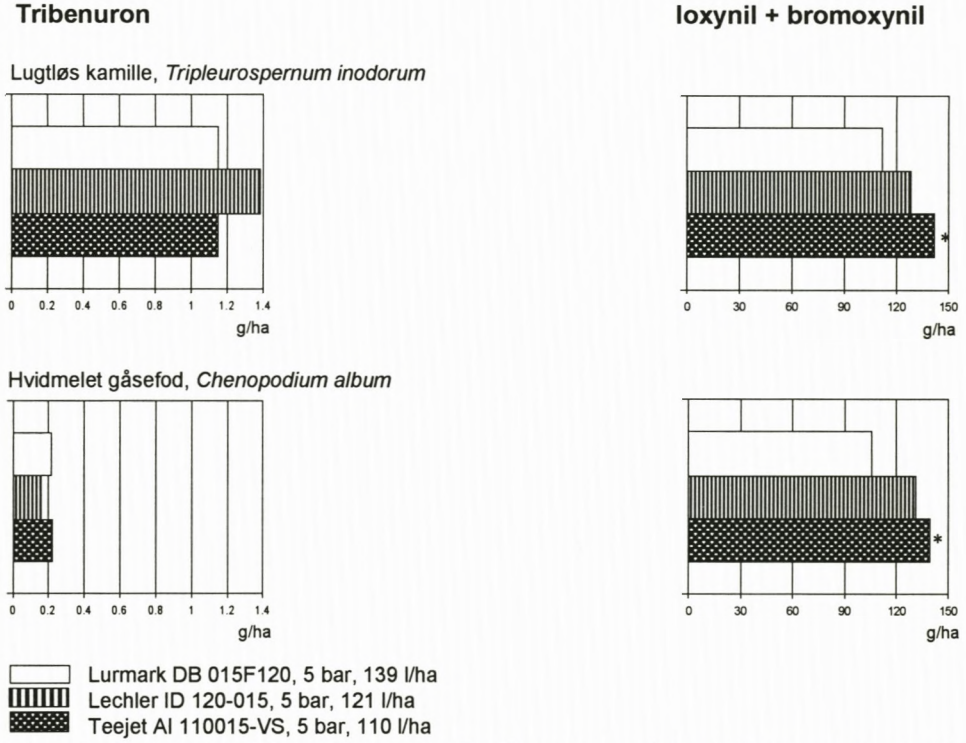
I figur 2 er vist resultaterne fra et forsøg, hvor effekten af tribenuron, ioxynil+bromoxynil samt fluazifop-p udsprøjtet med forskellige dysetyper blev undersøgt over for ukrudt på forskellige udviklingstrin. Da der var anvendt for lave doseringer af ioxynil+bromoxynil over for lugtløs kamille, var det ikke muligt at estimere doseringskurverne. Af samme årsag var det nødvendigt at udelade resultaterne med tribenuron på det sene udviklingstrin af raps.

Med tribenuron er der over for raps med 2-4 løvblade samt lugtløs kamille med 0-2 løvblade fundet en signifikant dårligere effekt af luftinjektionsdysen i forhold til fladsprededysen. Med ioxynil+bromoxynil er der observeret en signifikant dårligere effekt over for raps med 0-2 løvblade med både lavdrift- og luftinjektionsdysen, og tilsvarende resultater blev fundet med fluazifop-p over for flyvehavre.

I figur 3 er vist resultaterne fra et forsøg, hvor effekten af forskellige luftinjektionsdyser blev sammenlignet. Med tribenuron blev der ingen forskelle fundet mellem de 3 dyser over for lugtløs kamille og hvidmelet gåsefod, mens effekten af ioxynil+bromoxynil over for begge ukrudtsarter var dårligere med Teejet AI110015-VS dysen end med Lurmark BD015F120 dysen.



Figur 2. Estimerede ED_{90} doseringer af 3 herbicider udsprøjtet med forskellige dysetyper på raps, lugtløs kamille og flyvehavre på forskellige udviklingstrin. En * angiver statistisk signifikans (P=0,05) i forhold til fladsprededysen. Estimated ED_{90} doses of 3 herbicides applied to oilseed rape, *T. inodorum* and *A. fatua* at various growth stages using different nozzle types. An asterix indicates statistical significance (P=0.05) compared to the flat fan nozzle.



Figur 3. Estimerede ED_{90} doseringer af tribenuron og ioxynil+bromoxynil over for hvidmelet gåsefod og lugtløs kamille ved udsprøjtning med 3 forskellige luftinjektionsdyser. En * angiver statistisk signifikans (P=0,05) i forhold til Lurmark luftinjektionsdyse. Estimated ED_{90} doses of tribenuron and ioxynil+bromoxynil on *C. album* and *T. inodorum* using different air injection nozzles. An asterix indicates statistical significance (P=0.05) compared to the Lurmark air inclusion nozzle.

Diskussion

Både lavdrift- og luftinjektionsdyser producerer færre små og flere store dråber end de tilsvarende fladspredедyser. En sådan ændring i dråbespektret kan formodes at medføre en mindre afsætning af sprøjtevæske på plantearter, som er vanskelige at befugte, det vil sige planter med et repellerende vokslag og/eller en opret bladstilling. Derimod vil en ændring i dråbestørrelsesfordelingen kun have lille indflydelse på afsætningen på planter, der er lette at befugte. Cecil (1997) sammenlignede afsætningen af sprøjtevæske med henholdsvis fladsprede- og luftinjektionsdyser og fandt, at på byg, der har oprette og voksbelagte blade og derfor er svær at befugte, var afsætningen mindre med luftinjektionsdyser. Derimod var ingen forskel mellem dyserne på radis, som har vandrette blade og er let at befugte, uændret eller større.

En anden faktor af betydning for den biologiske effekt er dækningsgraden. Dækningsgraden antages især at være af betydning for effekten af kontaktherbicider. En

grovere forstøvning vil resultere i en dårligere dækningsgrad på alle plantearter og dermed en risiko for en dårligere effekt på trods af, at mængden af sprøjtevæske på planterne er den samme.

Lavdriftdyserne har været på markedet i nogle år, og resultaterne fra markforsøg har vist, at herbicideffekten med de små lavdriftdyser som regel ligger på linie med effekten af fladsprededyser (Jensen, 1999). Det er kun med visse kombinationer af vandopløselige herbicider formuleret uden additiver (tribenuron og bentazon) og en vanskelig befugtbar planteart (raps), at der er observeret en dårligere effekt end med en fladsprededyse (Jensen, 1998).

I nærværende forsøg blev herbicider og plantearter udvalgt således, at de repræsenterede forskellige typer. Tribenuron og fluazifop-p blev udsprøjtet i blanding med et additiv, det vil sige, at additivkoncentrationen var høj og konstant ved alle doseringer. Phenmedipham, ioxynil+bromoxynil og clopyralid+fluroxypyr+MCPA er eksempler på formuleringer med et højt indhold af additiver, men koncentrationen af additiv afhænger af doseringen, da der ikke tilsættes additiv ved udsprøjtningen. En anden forskel på herbiciderne er, at phenmedipham og ioxynil+bromoxynil er kontaktherbicider, mens tribenuron, fluazifop-p samt clopyralid+fluroxypyr+MCPA er systemiske herbicider. Raps, hvidmelet gåsefod og flyvehavre repræsenterer plantearter, der er svære at befugte, mens lugtløs kamille og fliget tvetand er plantearter, der er lette at befugte.

På trods af at der ikke blev anvendt herbicider formuleret uden additiver, er der i flere tilfælde fundet en nedsat effekt med lavdriftdysen i forhold til fladsprededysen. Dette er mest udtalt på hvidmelet gåsefod og i mindre grad på raps og flyvehavre. Disse 3 arter er alle svære at befugte på grund af et repellerende vokslag, og for flyvehavrens vedkommende også en opret bladstilling. Welker (1979) fandt, at tilsætning af et additiv til vand forøgede afsætningen af sprøjtevæske mere på hvidmelet gåsefod end på raps. Dette resultat indikerer, at hvidmelet gåsefod er sværere at befugte end raps, hvilket kan forklare, at det specielt er over for hvidmelet gåsefod, at lavdriftdyserne har virket dårligere.

En medvirkende årsag til den mindre effekt af phenmedipham og ioxynil+bromoxynil med lavdriftdysen kan være, at der i visse tilfælde er anvendt lave herbiciddoseringer, fordi de anvendte plantearter er meget følsomme over for det pågældende herbicid. Det betyder, at additivkoncentrationen har været meget lav, hvilket øger sandsynligheden for, at afsætningen og dermed effekten bliver lavere med lavdriftdysen end med fladsprededysen. Omvendt er der i alle forsøgene anvendt lavere væskemængder med lavdriftdyserne end med fladsprededyserne, hvilket skulle favorisere lavdriftdyserne.

Med luftinjektionsdyserne er der oftere end med lavdriftdysen fundet en nedsat effekt. En nedsat effekt er hyppigst observeret over for de plantearter, der er svære at befugte, men der er også i enkelte tilfælde fundet en nedsat effekt på lugtløs kamille og fliget tvetand. En nedsat effekt med luftinjektionsdyser over for plantearter, der er svære at befugte, kan sandsynligvis tilskrives en mindre afsætning, mens en dårligere effekt på plantearter, der er lette at befugte, snarere skal tilskrives forskelle i dækningsgraden.

Kontaktherbicider formodes at stille større krav til afsætning og dækningsgrad end systemiske herbicider, og umiddelbart kunne man derfor forvente, at det specielt ville være

ved anvendelse af kontaktherbicider, at luftinjektionsdyserne ville være dårligere end fladsprededysen. Der er imidlertid ikke fundet nogen klar sammenhæng med herbicidernes egenskaber, idet der er fundet nedsatte effekter med både kontaktherbiciderne ioxynil+bromoxynil og phenmedipham samt de systemiske herbicider tribenuron og fluazifop-p.

Luftinjektionsdyserne producerer betydelig færre dråber pr. arealenhed end fladsprededyserne. Man kunne derfor tænke sig, at udover planteart og herbicidtype vil også ukrudtets størrelse have betydning på effekten, idet meget småt ukrudt vil opfange forholdsvis få sprøjtedråber. I figur 2 kan ses, at med undtagelse af tribenuron og raps er det kun på det tidligste udviklingstrin, at der er observeret en nedsat effekt med luftinjektionsdysen, hvilket indikerer, at ukrudtets størrelse er en af de faktorer, der er afgørende for effekten med luftinjektionsdyser. Det tidligste udviklingstrin i dette forsøg var 0-2 løvbladstadiet, men i praksis sprøjtes der f.eks. i roer allerede på kimbladstadiet, hvor forskellene må formodes at være endnu mere udtalte. På baggrund af de hidtidige resultater med ukrudt på forskellige udviklingstrin er der behov for at udbygge disse undersøgelser blandt andet ved at sammenligne effekten på ukrudtsarter, hvor kimbladene er af forskellig størrelse.

Lurmark luftinjektionsdysen er bygget anderledes op end både Lechler og Teejet luftinjektionsdyserne, idet det kammer, hvor der sker en indblanding af luft i sprøjtevæsken, er betydelig mindre. Lurmark dysen kan nærmest karakteriseres som en krydsning mellem en oprindelig luftinjektionsdyse og en fladspededyse.

Resultaterne i figur 3 indikerer, at i visse situationer synes det muligt at opnå en bedre effekt med Lurmark dysen end med de to andre luftinjektionsdyser. Dette resultat underbygger antagelsen om, at man ikke umiddelbart kan sætte lighedstegn mellem luftinjektionsdyser, da opbygningen af dyserne må formodes at have stor betydning for dråbespektrum og –hastighed.

Sammenfattende har semifieldforsøgene vist, at i sprøjtesituationer, hvor afsætningen af sprøjtevæske kan formodes at være den begrænsende faktor for herbicideffekten, er der i nogle situationer fundet en bedre effekt med fladsprededysen end med lavdriftdysen. Med luftinjektionsdyserne er der flere tilfælde af dårligere effekt end med lavdriftdysen, og her synes ikke kun afsætningen men også dækningsgraden at spille en rolle. Da luftinjektionsdyserne på grund af deres driftreducerende egenskaber er meget interessante for praksis, er der behov for yderligere at få undersøgt, under hvilke forhold denne dysetype kan anvendes, uden at det er nødvendigt at forøge herbiciddoseringen.

Sammendrag

Effekten af en række herbicider er undersøgt ved udsprøjtning med henholdsvis fladsprede-, lavdrift- og luftinjektionsdyser. Forsøgene viste, at i de fleste tilfælde blev der fundet den samme effekt med lavdriftdyser som med en standard fladsprededyse, men i situationer, hvor afsætningen af sprøjtevæske er kritisk for effekten af et herbicid, blev der fundet en bedre effekt med fladsprededysen. Med luftinjektionsdysen er der ofte fundet en dårligere effekt end med standard fladsprededysen også i situationer, hvor afsætningen ikke forventes at være

kritisk for effekten af et herbicid. Forsøgene har vist, at der er behov for yderligere undersøgelser, før luftinjektionsdyser kan anbefales til ukrudtsbekæmpelse.

Litteratur

Cecil, A.R.G. 1997. Modified spray nozzle design reduces drift whilst maintaining effective chemical coverage. Proc. 1997 Brighton Crop Protection Conference – Weeds, 543-548

Jensen, P.K. 1998. Lowdrift-dyser – afdrift og effekt. Bilag til Seminar om Planteværn 1998, 58-59.

Jensen, P.K. 1999. Nye dysetyper og herbicideffekt. 2. Markforsøg. 16. Danske Planteværnskonference 1999, DJF rapport nr. 9, Pesticider og miljø/Ukrudt.

Jensen, P.K. & Kirknel, E. 1997. Sammenligning af afdrift fra konventionel sprøjte, Hardi Twin, Kyndestofte Airsprayer og Danfoil. 14. Danske Planteværnskonference 1997, SP rapport nr. 7 Pesticider og Miljø/Ukrudt, 159-168.

Knott, L. 1998. Weniger Abtrift beim Ausbringen von Pflanzenschutzmitteln. Gesunde Pflanzen, 50, 65-70.

Lund, I. 1997. Analysering af afdriftspotentialet fra marksprøjter 14. Danske Planteværnskonference 1997, SP rapport nr. 7 Pesticider og Miljø/Ukrudt, 149-157.

Welker, O.A. 1979. Retention von Spritzflüssigkeiten bei Unkräuter in Beziehung zu ihrer Blattmorphologie. Dissertation Universität Hohenheim, 79 p.

16. Danske Planteværnskonference 1999
Ukrudt

Nye dysetyper og herbicideffekt. 2. Markforsøg

Weed control with new nozzle types. 2. Field trials

Peter Kryger Jensen
Danmarks JordbrugsForskning
Afdeling for Plantebeskyttelse
Forskningscenter Flakkebjerg
DK-4200 Slagelse

Summary

The influence of coverage on herbicide efficacy was investigated with flat fan nozzles and low drift nozzles. No general relationship between coverage and efficacy was found. The efficacy of low drift nozzles and air clusion nozzles were compared with standard flat fan nozzles controlling *Brassica napus* and *Lolium perenne*. Efficacy with low drift nozzles and with the Turbo TeeJet were close to that obtained with the standard flat fan nozzle. Efficacy with the air injection nozzles on the other hand was significantly lowered compared to the standard flat fan nozzle.

Indledning

Ved marksprøjtning med hydrauliske sprøjter anvendes der dysetyper, som forstøver sprøjtevæsken i dråber, der dækker et forholdsvis bredt spekter. Dråbestørrelsen giver en række fordele og ulemper. Fordelen ved små dråber er, at de giver en god afsætning selv på vanskelige mål samt en høj dækningsgrad. Ulempen ved de små dråber er, at deres faldhastighed er lille (Elliott & Wilson, 1983). Det betyder, at de har en dårlig nedtrængningsevne i en plantebestand. Det gør dem samtidig meget vindfølsomme, hvilket kan medføre en dårlig fordeling i marken samt afdrift ud fra det behandlede areal. Store dråber har en stor faldhastighed, hvilket gør dem velegnede til at trænge dybere ned i en plantebestand. Den højere hastighed betyder også, at de er mindre vindfølsomme, og dermed er fordeling og afdrift i marken mindre påvirket end med små dråber. Ulempen ved store dråber er, at de er vanskeligere at afsætte på sprøjtemål, som er svære at befugte. De giver desuden en mindre dækningsgrad, men betydningen af dette er ikke veldokumenteret inden for relevante kombinationer af dyser og væskemængder (Knoche, 1994). Blandingen af store og små dråber fra traditionelle dyser betyder, at dyserne bliver mere allround, men det betyder også, at det er vanskeligere at afgøre, hvilken effekt dråbestørrelsen har, da der mellem to dyser, kan være forskel på såvel middeldråbestørrelse som dråbestørrelsesfordeling. Forsøg med low-drift eller lavdrift dyserne (Jensen, 1994; Nordbo & Steensen, 1994) har vist, at de finest forstøvende af disse dyser (Lurmark SD015 og Hardi SL4110-12) giver effekter, som er

på højde med den foretrukne almindelige fladspredедyse, Hardi S4110-14, selv ved vanskelige opgaver, som ukrudtsbekæmpelse i roer med kontaktmidler. Forsøgene har dog også vist, at der findes opgaver, hvor lavdrift dyserne giver en nedsat effekt i forhold til en traditionel fladspredедyse (Jensen, 1998). De 2 pågældende opgaver drejer sig ikke om sprøjtninger, der er relevante i praksis, men det viser, at der er en effektmæssig vekselvirkning mellem sprøjteteknik, pesticid og sprøjtemål. Dette er undersøgt i det foregående indlæg (Kudsk & Mathiassen, 1999). Denne artikel indeholder et sammendrag af forsøg hvor dækningsgradens betydning for ukrudtseffekten er undersøgt. Desuden er det undersøgt, om der er forskel på den biologiske effekt opnået med forskellige fabrikater af lavdriftdyser og luftinjektionsdyser. Endelig er der medtaget effektresultater med en refleksdyse.

Metode

Alle forsøg er udført som markforsøg i perioden 1995-1998 på Afdeling for Plantebeskyttelse i Flakkebjerg. Forsøgene er udført på udsået testukrudt i renbestand i parceller med en bruttostørrelse på 3 * 2,5 m. Der er som standard anvendt 4 gentagelser pr. behandling, i enkelte tilfælde med græs som testplante dog 5 gentagelser. Forsøgsbehandlingerne er udført med en selvkørende parcelsprøjte, hvor kørehastighed og dysetryk kan reguleres trinløst. I forsøg, hvor kørehastighed ikke indgår som forsøgsbehandling, er der anvendt en hastighed på 6 km/t. Der er anvendt dyser, som er tilsendt af de respektive fabrikanter/importører. De dyser, der er anvendt på parcelsprøjten, er testet, således at dyseydelsen fra de enkelte dyser max afviger +/- 2% fra gennemsnitsydelsen.

Nedenstående viser en oversigt over fabrikater af dysetyper.

	Fabrikat			
Type	Hardi	Lechler	Lurmark	TeeJet
Alm. fladsprede	S4110-	LU120-	-F110	XR110-
Lavdrift	SL4110-	AD120-	SD-	DG110-
Luftinjektion	Injet-	ID120-	DB-F120	AI110-
(Refleks)				TT110-

Hver dysetype i oversigten omfatter en serie af dyser med dyseydelser, der kan variere op til en faktor 20. De enkelte dyser i serien kendes ved yderligere et tal der, hvor "-" er angivet i tabellen. Den almindelige fladspredедyse fra Hardi S4110-, kan eksempelvis være den velkendte Hardi S4110-14. Lavdrift dyser er fladspredедyser med en restriktor indsat, som betyder, at disse dyser har en lidt grovere forstøvning end en almindelig fladspredедyse ved samme dyseydelse. Traditionelle luftinjektionsdyser har et eller 2 huller i dyselegemet, hvorigennem luft bliver suget ind i på grund af det vakuum, som væskestrømningen forårsager, når væsken passerer en indsnævring i dysen. Lurmark's DriftBeta dyse har en anden udformning, hvor luftindblandingen sker ved, at sprøjtevæsken mellem to dysedele passerer fri luft. Formålet med luftinjektion er at få en grovere forstøvning, samt hævdes det,

luftfyldte dråber. Luftinjektionsdyser har en væsentlig grovere forstøvning end fladsprede- og lavdriftdyser ved samme dyseydelse. Den sidste dysetype, der har været afprøvet, er Turbo TeeJet dysen, der minder en del om refleksdyser. Denne dyse har en dråbestørrelse på niveau eller lidt mindre end lavdriftdyser ved samme dyseydelse.

Herbicideffekten er registreret ved reflektansmålinger (Jensen & Christensen, 1993). I effektforsøg hvor biomassen alene udgøres af det udsåede ukrudt, giver disse registreringer et direkte udtryk for biomasse, og dermed herbicideffekt. Anvendelsen af 5-6 doseringer giver mulighed for at estimere doseringskurver for de prøvede sprøjteteknikker. Følgende doseringskurve blev fittet til forsøgsresultaterne:

$$U = (D - C)/(1 + \exp\{- 2[a + b * \ln (Rz)]\} + C, b<0$$

hvor U er telemålingsresultatet, og z er doseringen af herbicidet. D og C er henholdsvis doseringskurvens øvre og nedre asymptote, b er hældningen, og a doseringskurvens horisontale beliggenhed. Tidligere forsøg har vist, at doseringskurverne for et herbicid udsprøjtet med forskellige dysetyper kan antages at være parallelle. Det betyder, at doseringskurven for et herbicid udsprøjtet med forskellige dysetyper har fælles D, C, a og b parametre, mens den relative styrke (R) udtrykker den forskel i dosering mellem standarddysen (R = 1,00) og testdysen, der giver samme biologiske effekt. R -værdier for testdyserne under 1 betyder, at herbicidet udsprøjtet med testdysen har givet en lavere effekt end standarden og omvendt med værdier over 1. Den inverse værdi af den relative styrke (1/R) er den faktor, man skal gange doseringen med for at opnå samme effekt som med standarddysen.

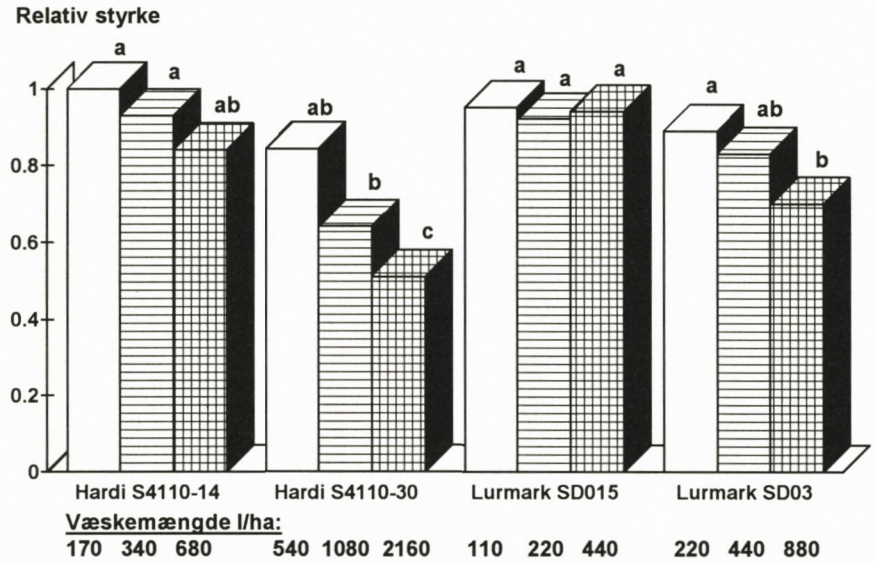
Resultater

Dækningsgrad

I figur 1 er vist resultatet af et forsøg, hvor det er undersøgt, hvilken betydning dækningsgraden har på effekten af betanal over for raps på kimbladstadiet. Med de 4 dyser er der anvendt samme dysetryk, og dermed forstøvning, ved alle behandlinger. De forskellige dækningsgrader, normal, dobbelt og firedobbelt er opnået ved at regulere på kørehastigheden fra 6, 3 og til 1,5 km/t. Samtidig ændres væskemængden i samme forhold for pågældende dyse, det vil sige normal, dobbelt og firedobbelt. Som det fremgår af figuren, er der tendens til effektfald for standarddysen, Hardi S4110-14, når væskemængden/dækningsgraden øges. For såvel den store almindelige fladsprededyse, Hardi S4110-30, som den store lavdrift dyse, Lurmark SD03, er den aftagende effekt med øget væskemængde/dækningsgrad statistisk sikker. Med Lurmark SD015 har denne parameter ikke påvirket effekten.

Resultaterne fra 3 tilsvarende forsøg, hvor 2 små lavdrift dyser er sammenlignet med standardfladsprededysen, Hardi S4110-14, fremgår af figur 2. Også her er der anvendt samme tryk ved alle behandlingerne og dråbekvaliteten har været den samme. De 3 væskemængder og dermed dækningsgrader er frembragt ved at anvende kørehastigheder på 6,8 – 3,4 – eller

1,7 km/t i de 2 forsøg, mens det sidste forsøg er sprøjtet 1, 2 eller 4 gange straks efter hinanden og med normal kørehastighed. Samlet for forsøgene er der igen en lille effektnedgang, når dækningsgraden/væskemængden øges med referencedysen. Med Hardi SL4110-10 lavdriftdysen er der fundet mere variable resultater, herunder en statistisk signifikant effektforøgelse ved at fordoble væskemængden/dækningsgraden fra det laveste til det mellemste niveau. Med Lurmark SD015 lavdrift dysen er der ikke fundet nogen effekt af dækningsgrad/væskemængde i de 2 forsøg, mens der i det tredje forsøg faktisk er fundet statistisk sikker effektnedgang, hvor væskemængde/dækningsgrad er øget.

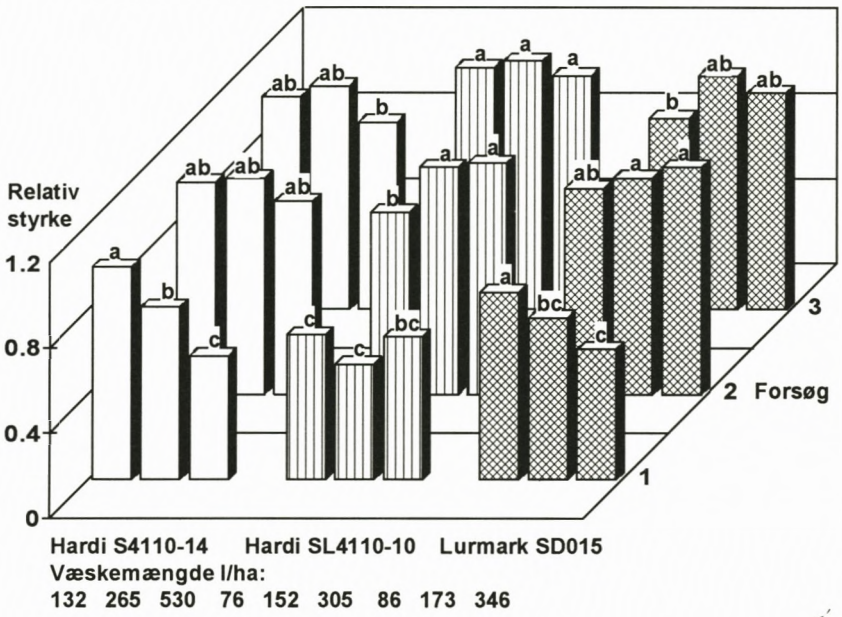


Figur 1. Betydning af stigende væskemængde/dækningsgrad for den relative effekt af dyser ved bekæmpelse af raps på kimbladstadiet med Betanal. De 3 væskemængder er opnået ved at anvende en kørehastighed på 6, 3 eller 1,5 km/t. Statistiske forskelle (p=0,05) er angivet ved a, b, c etc. Influence of carrier volume/coverage on relative potencies of nozzles controlling *B. napus* at the cotyledon stage with phenmedipham. The different volumes were obtained using a driving speed of 6, 3 or 1.5 km h^{-1}. Statistical differences (p=0.05) are given by a, b, c etc.

Effektforsøg med fabrikater af lavdrift- og injektionsdyser

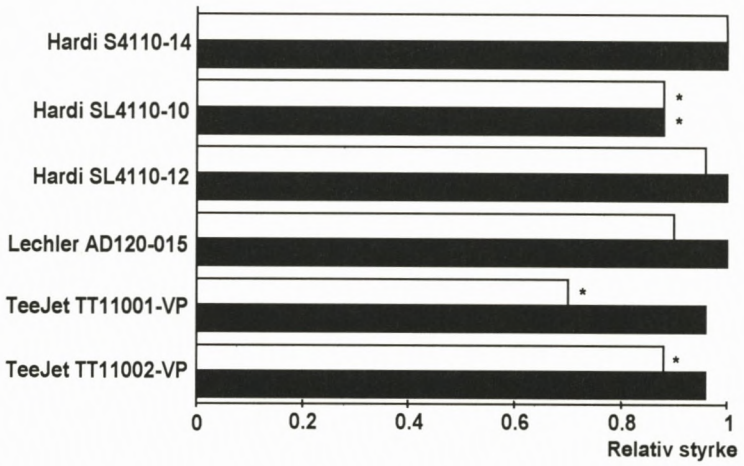
I 1998 er der udført 2 forsøgsserier for at undersøge effekten af forskellige fabrikater af lavdrift- og luftinjektionsdyser. Forsøgene er gennemført ved at bekæmpe raps på kimbladstadiet med Betanal, altså en relativt krævende sprøjteopgave. I begge forsøgsserier er fladspredедysen, Hardi S4110-14, anvendt som referencedyse. I den første plan (figur 3) indgik 3 lavdriftdyser samt Turbo TeeJet dysen i 2 størrelser. Denne dyse kan bedst betegnes som en refleksdyse. Med lavdriftdyserne er resultaterne af de 2 forsøg i serien enslydende.

Med Hardi SL4110-10 er der i begge tilfælde fundet en lille men signifikant mindre effekt i forhold til referencen. Med Hardi SL4110-12 samt med Lechler AD120-015 er der opnået samme effekt som med referencedysen. Med de 2 Turbo TeeJet dyser er der derimod opnået markant forskellige resultater i de to forsøg, med en sikker effektreduktion i det ene forsøg, men samme effekt som referencedysen i det andet forsøg.

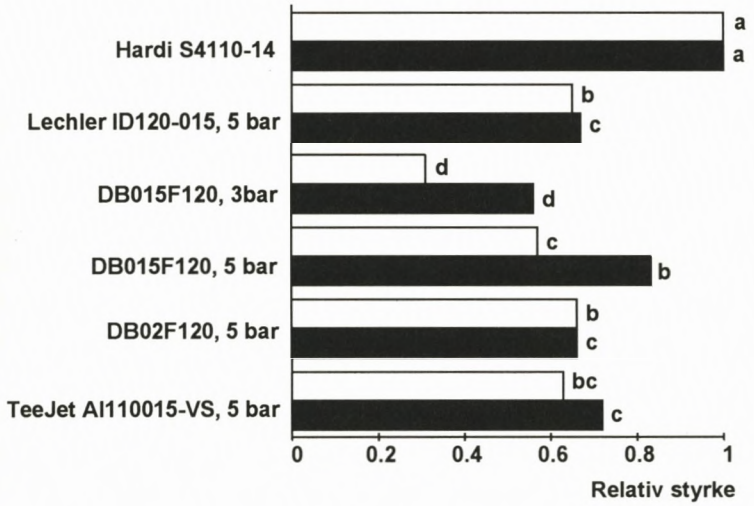


Figur 2. Betydning af stigende væskemængde/dækningsgrad for den relative effekt af dyser ved sprøjtning af raps på kimbladstadiet med Betanal. Betydning af stigende væskemængde/dækningsgrad. De 3 væskemængder er opnået ved at variere på kørehastighed eller ved flere sprøjtninger umiddelbart efter hinanden. Statistiske forskelle (p=0,05) er angivet ved a, b, c etc. Influence of carrier volume/coverage on relative potencies of nozzles controlling *B. napus* at the cotyledon stage with phenmedipham. The different volumes were obtained by varying the driving speed or spraying 1, 2 or 4 times just after one another. Statistical differences (p=0.05) are given by a, b, c etc.

I forsøgsserien med luftinjektionsdyser blev Lurmark's Drift Beta dyse 015 prøvet ved 2 forskellige tryk. I modsætning til de øvrige luftinjektionsdyser, der anbefaler et tryk på 5 bar, er det anbefalede tryk på 3 bar med Drift Beta. Som det fremgår af figur 4 ser den anbefaling ikke ud til at være korrekt. Generelt er der opnået en signifikant dårligere effekt med alle injektordyserne i forhold til referencen, men effektnedgangen er størst ved anvendelse af Drift Beta 015 dysen ved 3 bar. De opnåede resultater med denne dyse ved det lave tryk svarer til, at doseringen skulle øges med 100-200% for at give samme effekt som referencedysen.



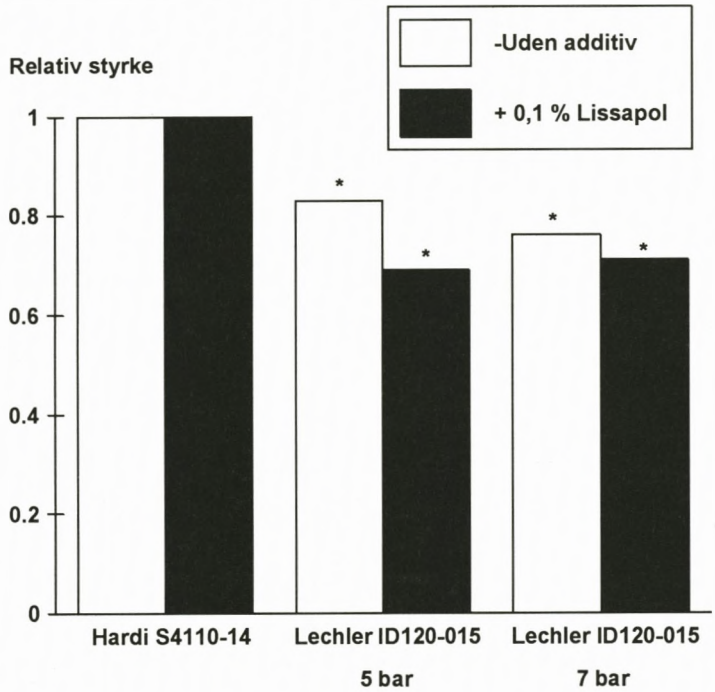
Figur 3. Effekt af lavdrift dyser og refleksdyser ved bekæmpelse af raps på kimbladstadiet med Betanal. Statistiske forskelle (p=0,05) er angivet ved *. Efficacy of low drift nozzles controlling *B. napus* at the cotyledon stage with phenmedipham. Statistical differences (p=0.05) are given by *.



Figur 4. Effekt af luftinjektionsdyser ved bekæmpelse af raps på kimbladstadiet med Betanal. Statistiske forskelle (p=0,05) er angivet ved a, b, c etc. Efficacy of air injection nozzles controlling *B. napus* at the cotyledon stage with phenmedipham. Statistical differences (p=0.05) are given by a, b, c etc.

Anvendt ved et tryk på 5 bar har den derimod i gennemsnit af de 2 forsøg givet en effekt, der ligger tæt på injektionsdyserne fra Lechler og TeeJet. Drift Beta 02 er kun anvendt ved et tryk på 3 bar og har i denne indstilling givet en effekt, der er på niveau med Lechler og TeeJet injektionsdyserne.

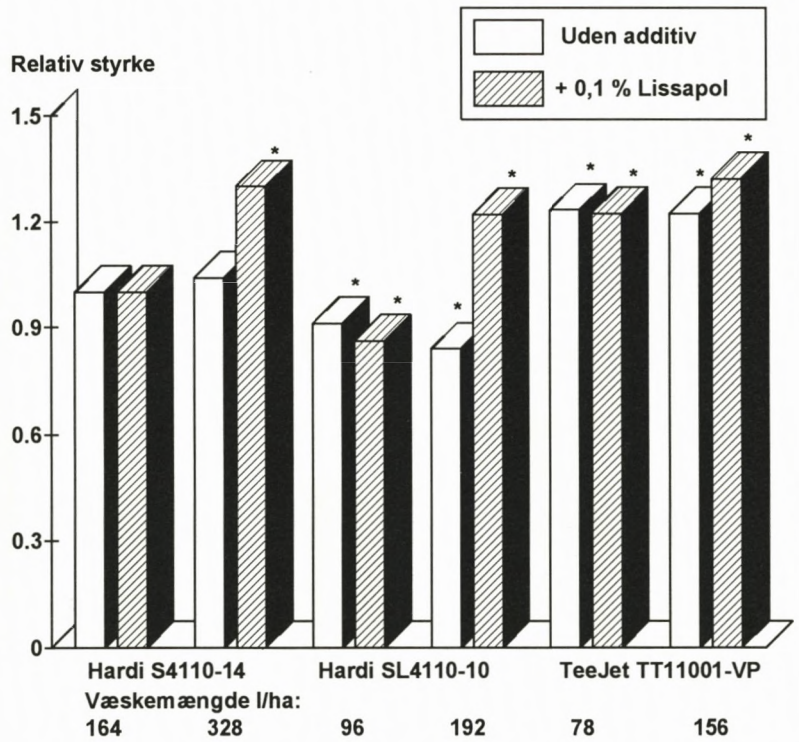
Lechler luftinjektionsdysen ID120-015 blev desuden sammenlignet effektmæssigt med referencedysen ved bekæmpelse af alm. rajgræs på 2-3 bladstadiet (figur 5). Som det fremgår, var der ved begge tryk og +/- additiv en væsentlig effektreduktion i forhold til referencedysen ved denne opgave.



Figur 5. Relativ effekt af dyser ved bekæmpelse af alm. rajgræs på 2-3 bladstadiet med Gallant +/- Lissapol. Statistiske forskelle (p=0,05) er angivet ved *. Relative potencies of nozzles controlling *L. perenne* at the 2-3 leaf stage with Haloxyfop +/- additive. Statistical differences (p=0.05) are given by *.

På baggrund af de varierende resultater der blev opnået med Turbo TeeJet dyserne i de to første forsøg, blev der gennemført yderligere 2 forsøg, hvor også Hardi SL4110-10 dysen deltog. I forsøgene blev alm. rajgræs på 2-3 bladstadiet bekæmpet med Gallant, med eller uden tilsætning af spredemiddel. De 3 dyser er anvendt ved 2 væskemængder/dækningsgrader, der er opnået ved at sprøjte parcellen 1 henholdsvis 2 gange straks efter hinanden. Effekten med referencedysen ved den lave væskemængde er sat lig 1,0 i

begge enkeltforsøg. En eventuel additiveffekt fremgår derfor ikke af figur 6, hvor det derimod ville fremgå, hvis der var vekselvirkning.



Figur 6. Relativ effekt af dyser ved bekæmpelse af alm. rajgræs på 2-3 bladstadiet med Gallant +/- Lissapol. Statistiske forskelle (p=0,05) er angivet ved *. Relative potencies of nozzles controlling *L. perenne* at the 2-3 leaf stage with Haloxyfop +/- additive. Statistical differences (p=0.05) are given by *.

I den normale væskemængde er der i begge forsøg fundet en signifikant dårligere effekt med Hardi SL4110-10 lavdriftdysen og en signifikant effektforbedring med Turbo TeeJet 01 dysen i forhold til referencedysen. Udsprøjtet uden additiv har der ikke været forskel på den effekt, der er opnået med dyserne i normal væskemængde i forhold til dobbelt væskemængde/dækningsgrad. Derimod er der i forsøget med tilsætning af spredemiddel fundet en øget effekt ved at fordoble væskemængden/dækningsgraden med alle 3 dyser, dog kun signifikant for referencedysen og Hardi SL4110-10 lavdriftdysen.

Diskussion og konklusion

Dækningsgraden fremhæves ofte som en væsentlig faktor for plantebeskyttelsesmidlernes virkning. Ved dækningsgraden menes antallet af dråber pr. arealenhed eller % af sprøjtemålet

dækket med sprøjtevæske. Der findes imidlertid meget begrænset dokumentation om, hvilken betydning dækningsgraden har for effekten, og i et stort review af Knoche (1994) var konklusionen, at forskelle i dækningsgrad havde begrænset betydning ved væskemængder i intervallet 100-250 l/ha. I nærværende forsøgsserie er det ligeledes vanskeligt at se nogen generel trend som følge af de forskellige niveauer af væskemængder/dækningsgrader, der er opnået med samme middeldråbestørrelse. Den væsentligste årsag til de effektforskelle, der ses mellem dysetyperne, skyldes derfor formodentlig forskellen i middeldråbestørrelse. Afhængigt af sprøjtemidlets formulering og sprøjtemålet vil dråber afsættes med varierende effektivitet, og kvalitet på målet og derigennem give anledning til effektforskelle.

Lavdrift dyser har været afprøvet effektmæssigt gennem en årrække såvel herhjemme som i udlandet. Selv ved planteværnsopgaver, der anses som krævende med hensyn til sprøjteteknik, er der normalt opnået effekter på niveau med den hidtidigt foretrukne fladsprededyse, Hardi S4110-14, med de små lavdriftdyser som eksempelvis Lurmark SD015. Disse dyser anvendes derfor nu som et alternativ til almindelige fladsprededyser. Nærværende forsøg har ikke vist effektforskelle mellem Lechler AD120-015 og referencefladsprededysen, og denne dyse kan derfor anbefales på linie med Hardi SL4110-12 og Lurmark SD015 lavdriftdyserne, der såvel i disse som i foregående forsøg har givet effekter på linie med den almindelige fladsprededyse, Hardi S4110-14. Turbo TeeJet refleksdyserne –01 og –02 har i forsøgene ligeledes opnået effekter på niveau med referencedysen. Den lille Hardi SL4110-10 lavdriftdyse har i flere forsøg givet en lille men signifikant dårligere effekt end referencedysen. Det samme er fundet med de grovere lavdriftdyser, som eksempelvis Lurmark SD03.

Der har hidtil kun været udført meget få effektforsøg med luftinjektionsdyserne, hvis grove forstøvning gør dem eminente til afdriftskontrol. I Tyskland anbefales dysetypen til en lang række opgaver, og der foreligger nogle få forsøg med injektordyser til svampebekæmpelse i korn (Giese, 1998). I disse er der dog anvendt så høje doseringer at eventuelle forskelle mellem teknikkerne ikke ses. I nærværende undersøgelse er luftinjektionsdyserne testet effektmæssigt på nogle af de planteværnsopgaver der anses som krævende med hensyn til sprøjteteknik, ved bekæmpelse af kimplanter med et kontaktmiddel, samt for den ene dyses vedkommende, på småt græsukrudt. Ved disse opgaver er der fundet en markant effektnedgang i forhold til referencefladsprededysen, Hardi S4110-14. Resultatet på græsukrudt er i overensstemmelse med de resultater, der er fundet i England (Cecil, 1997) og i Køge-Ringsted Landboforening (Anon., 1998). Såfremt de prøvede injektionsdyser havde klaret disse vanskelige opgaver på niveau med den traditionelle fladsprededyse var der grund til at formode, at de også ville kunne anvendes generelt som alternativ til fladsprededyser og lavdriftdyser. Med de opnåede resultater forestår der imidlertid et yderligere forsøgsarbejde for at indkredse de opgaver, luftinjektionsdyserne kan anbefales til uden at risikere mindsket effekt.

Sammendrag

Betydningen af dækningsgraden for herbicideffekten blev undersøgt med fladsprede- og lavdrift dyser. Forsøgene viste ikke nogen generel sammenhæng mellem dækningsgrad og effekt. Nye fabrikater af lavdriftdyser og luftinjektionsdyser samt refleksdysen Turbo TeeJet blev sammenlignet effektmæssigt til ukrudtsbekæmpelse af raps og rajgræs. Effekten med lavdriftdyser og Turbo TeeJet lå tæt på effekten med standardfladsprededysen, Hardi S4110-14. Effekten af luftinjektionsdyserne til de prøvede opgaver lå derimod væsentligt under standardfladsprededysen.

Erkendtlighed

Forsøgsarbejdet er udført med medfinansiering fra "Erhvervsfinansieret Planteavlsforskning".

Litteratur

Anon. 1998. Sprøjteteknik. Planteavlsberetning Køge-Ringsted Landboforening. 107-113.

Cecil, A.R.G. 1997. Modified spray nozzle design reduces drift whilst maintaining effective chemical coverage. Proc. 1997 British Crop Protection Conference – Weeds, 543-548.

Elliott, J.G. & Wilson, B.J. 1983. The influence of weather on the efficiency and safety of pesticide application. The drift of herbicides. Occasional Publications No. 3. BCPC Publications, London, 135pp.

Giese, K. 1998. Applikationstechnik im modernen Pflanzenschutz. Sonderdruck aus der Kartei für Rationalisierung 4.1.1.3.2, 557-572.

Jensen, P.K. 1994. Effekt af herbicider udsprøjtet med nye dysetyper. 11. Danske Planteværnskonference / Ukrudt, SP Rapport nr. 6, 193-203.

Jensen, P. K. (1998) Lowdrift -dyser - afdrift og effekt. Bilag til Seminar om Planteværn 1998, 58-59

Jensen, P.K. & Christensen, S. 1993. Reflectance measurements as a tool for monitoring herbicide efficacy and herbicide tolerance. Proc. EWRS Symp. "Quantitative approaches in weed and herbicide research and their practical application". 235-241.

Knoche, M. 1994. Effect of droplet size and carrier volume on performance of foliage-applied herbicides. Crop Protection 13, 163-178.

Kudsk, P.N. & Mathiassen, S. 1999. Nye dysetyper og herbicideffekt 1. Semifieldforsøg. 16. Danske Planteværnskonference/Ukrudt, DJF rapport.

Nordbo, E. & Steensen, J.K. 1994. Sprøjtevæske afsætning og ukrudtsbekæmpelse i sukkerroer med lavdriftdyser og luftforstøverdyser. 11. Danske Planteværnskonference / Ukrudt, SP Rapport nr. 6, 205-215.

Optimerede herbicidblandinger i PC-Planteværn - 3 års undersøgelser af potentiale og sikkerhed

Optimized mixtures of herbicides in PC-Plant Protection - 3 years studies on potential and reliability

Per Rydahl
Danmarks JordbrugsForskning
Afdeling for Plantebeskyttelse
Forskningscenter Flakkebjerg
DK-4200 Slagelse

Summary

In weed control, there is a general need for and a substantial experience in using mixtures of herbicides. The present version of PC Plant Protection (PCP) offers advise of single herbicides and of mixtures which have been tested and approved by Danish Institute of Agricultural Sciences (DIAS).

Among the disadvantages of the officially approved tank-mixtures can be mentioned that only a limited number exist and that the proportion of the mixture components has been fixed. For herbicide mixtures following the Additive Dose Model (ADM) (Streibig & Kudsk, 1993), (Kudsk & Mathiassen, 1997), the proportion of the mixture components can flow freely without affecting the level of efficacy. Consequently, the composition of mixtures can be optimised according to an arbitrary constant, e.g. price of the chemicals or the treatment intensity index (TII). There is an ongoing political pressure in Denmark to reduce the TII.

The calculations of rates and efficacy levels of 3-component ADM-mixtures are discussed from a theoretical as well as a practical viewpoint. The implementation of ADM in PCP will improve the capability of PCP to find recommendations for very complex weed infestations.

Based on the present models in PCP a rather simple prototype which can optimise 2-component mixtures of herbicides was established in 1996. This prototype has been tested in 12 field trials in spring barley and 16 field trials in winter wheat in 1996-98 with heavy weed infestations. Satisfactory weed control was achieved in all spring barley trials with 35% of normal dose on average and in all winter wheat trials with 44% of normal dosage on average. Compared to the present version of PCP, this is a reduction of 27-29% of TII and 18-24% reduction on chemical cost.

ADM will be integrated in the PC Plant Protection models of 8 cereal crops and distributed for 2500 subscribers with the ordinary updating per March 1999.

Indledning

Et herbicid-aktivstof kan oftest ikke alene give en tilstrækkelig effekt imod alle de ukrudtsarter, som forekommer i en mark. Som en naturlig følge heraf er der gennem mange år foregået udviklingsarbejde, således at der i mange handelsprodukter indgår mere end ét aktivstof. En generel ulempe ved herbicider, som indeholder flere aktivstoffer, er imidlertid, at blandingsforholdet mellem stofferne er fastlåst, hvormed mulighederne for eksakt at tilpasse sammensætningen af aktivstoffer til forholdene på den enkelte lokalitet mindskes.

Ud fra driftsøkonomiske og/eller forbrugsmæssige motiver vil det for en landmand ofte være interessant at blande forskellige handelspræparater i sprøjtetanken. Der er derfor allerede et betydeligt erfaringsgrundlag i at anvende såkaldte tankblandinger af herbicider. Ukrudtsmodellerne i PC-Planteværn (PCP) inkluderer de enkeltherbicider og tankblandinger af herbicider, som er afprøvet og anerkendt af Danmarks JordbrugsForskning. En tilbagevendende anke imod PC-Planteværn har imidlertid været, at mange af de tankblandinger, som er udbredte i praksis, ikke er blandt programmets løsningsforslag.

I foråret 1996 etablerede Danmarks JordbrugsForskning en simpel prototype til beregning af optimale herbicidblandinger, som er baseret på ADM (Rydahl, 1997; Streibig & Kudsk, 1993; Kudsk & Mathiassen, 1997). Med udgangspunkt i de doser, som beregnes i den verserende udgave af PC-Planteværn, kan denne prototype beregne 2-komponent blandinger, som valgfrit kan minimeres efter blandingens samlede kemikaliepris eller blandingens samlede behandlingsindeks (BI).

Her beskrives principperne for integration af ADM i den verserende udgave af PCP samt resultaterne af det samlede arbejde med afprøvning af modellen i kornafgrøder.

Metodebeskrivelse

Integration af ADM i eksisterende beregningsalgoritmer

Beregning af doseringer og effekter i den verserende udgave af PCP-ukrudt foretages ved hjælp af følgende formel, som giver en kontinuert sammenhæng mellem dosering af et herbicid og relativ effekt på en ukrudtsart:

$$E_n = \frac{S_i}{1+\exp(-2(a_n+b_h*\log(d/(r_s*r_t*r_v))))} \qquad (1)$$

hvor:

E_n	angiver relativ effekt på ukrudtsart *n*.
S_i	kvantificerer konkurrenceevnen af sort *i*. Anvendes aktivt i vårbyg og vinterhvede. I andre afgrøder benyttes neutral defaultværdi = 1,0.
a_n	udtrykker den horisontale placering af doseringskurven for ukrudtsart *n*. Baseres på resultater fra forsøg hovedsagelig udført ifm. officiel anerkendelse.
b_n	udtrykker stejlheden af doseringskurven for herbicid *h* omkring ED_{50}. Baseres på resultater fra semi-field forsøg.

d angiver aktuel dosering.

r_s kvantificerer betydningen af ukrudtets størrelse. Baseres på resultater fra forsøg i semi-field anlæg.

r_t kvantificerer betydningen af aktuel minimums-, maksimumstemperatur samt relativ luftfugtighed. Baseres på resultater fra forsøg i klimasimulatorer.

r_v kvantificerer betydningen af tørkestress. Baseres på resultater fra forsøg i klimasimulatorer. Anvendes kun, når der indberettes ukrudt med mere end 4 blade. I andre situationer benyttes defaultværdi = 1,0.

Denne beregningsmetode anvendes både for enkeltherbicider og for anerkendte tankblandinger, hvor der i doseringsberegningerne for sidstnævnte holdes et konstant forhold mellem doserne af de indgående blandingskomponenter.

Alle resultater fra anerkendelsesforsøg er opnået ved et sæt kendte værdier for ukrudtets størrelse, minimums-, maksimumstemperatur og hermed indirekte også RH samt vandstress. Med udgangspunkt i den 'basiskurve', som etableres på baggrund af anerkendelsesforsøg, anvender PCP estimater for r_s, r_t og r_v, som er baseret på resultater fra forsøg i semifield anlæg og klimasimulatorer. Hermed kan PCP simulere doseringskurver i mange forskellige scenarier. Metoden for indbygning af disse parametre i formel (1) har givet anledning til betegnelsen 'faktorkorrektion'.

Hvis der indberettes n ukrudtsarter, og der findes N tilgængelige herbicider, kan der via formel (1) beregnes i alt $n*N$ doser. Idet PCP imidlertid ikke rummer doseringskurver for alle kombinationer af mulige ukrudtsarter og mulige herbicider, og de enkelte herbiciders virkningsspektrum er mere eller mindre begrænset, vil der være følgende mulige udfaldsrum for disse $n*N$ kombinationer:

1. foreliggende doseringskurve godtgør, at en reduceret dosering kan beregnes
2. foreliggende doseringskurve godtgør, at selv den højest tilladte dosering ikke kan give den ønskede effekt
3. doseringskurve foreligger ikke

Dette giver anledning til følgende vedtagelser i relation til input af doser fra det verserende program til de efterfølgende ADM-beregninger:

- hvor der jævnfør formel (1) er beregnet en reduceret dosering, benyttes denne
- hvor der jævnfør formel (1) ikke med selv den højest tilladte dosering kan opnås den ønskede effekt, benyttes den beregnede (forhøjede) dosering, som kan give den ønskede effekt
- hvor der ikke findes en doseringskurve benyttes en meget høj talværdi for den 'beregnede' dosering

Der er endvidere vedtaget følgende, generelle begrænsninger i relation til umiddelbart forestående integration af ADM i PCP:

- omfattede afgrøder er: vårbyg, vårbyg med græs- og kløverudlæg, havre, vårhvede, vinterhvede, vinterbyg og vinterrug
- brugeren vælger, hvorvidt ADM-beregninger skal ske med henblik på at minimere kemikaliepris eller BI. Programmets løsningsforslag sorteres i overensstemmelse hermed
- potentielle blandingspartnere skal være anerkendte enkeltvis
- der kan beregnes 2-, 3- og 4-komponent blandinger, og det fastlægges administrativt hvilke blandinger, der skal være adgang til at vælge
- der gives i vid udstrækning adgang til 2-komponent blandinger som:
    - ud fra afgrøde- og sæsonmæssige betragtninger er relevante
    - ikke er i modstrid med ADM
- der gives ikke adgang til ADM-blandinger, hvor blandingskomponenterne:
    - indeholder fælles aktivstoffer
    - udgøres af anerkendte tankblandinger
- der gives kun adgang til 3-komponent blandinger i de situationer, hvor det kan være fagligt relevant at anvende midler med meget snævre virkningsspektra (specialmidler)
- der gives ikke adgang til 4-komponent blandinger kornafgrøder. Denne facilitet forventes imidlertid anvendt i kommende modeller f.eks. bederoer

Teoretisk beregning af doser i en 3-komponent ADM-blanding

I det følgende vises teoretisk, hvordan en 3-komponent ADM-blanding kan beregnes. En 3-dimensional doserings isobol (Kudsk & Mathiassen, 1997) for én ukrudtsart (n) kan etableres ved at opstille og løse nedenstående ligningssystem, som baseres på beregnede doser af 3 herbicider A, B og C jævnfør (1):

$$\text{dosis}_{A,n} = a_n * 0 + b_n * 0 + c_n \quad (2)$$

$$0 = a_n * \text{dosis}_{B,n} + b_n * 0 + c_n \quad (3)$$

$$0 = a_n * 0 + b_n * \text{dosis}_{C,n} + c_n \quad (4)$$

Løsning af dette ligningssystem giver følgende:

$$a = -\text{dosis}_{A,n} / \text{dosis}_{B,n} \quad (5)$$

$$b = -\text{dosis}_{A,n} / \text{dosis}_{C,n} \quad (6)$$

$$c = \text{dosis}_{A,n} \quad (7)$$

Hvis der forekommer 3 ukrudtsarter *n1* , *n2* og *n3* sammen, kan der på basis af (5), (6) og (7) etableres 3 isoboler i et nyt ligningssystem:

$$\text{dosis}_A = a_{n1}*\text{dosis}_B + b_{n1}*\text{dosis}_C + c_{n1} \quad (8)$$

$$\text{dosis}_A = a_{n2}*\text{dosis}_B + b_{n2}*\text{dosis}_C + c_{n2} \quad (9)$$

$$\text{dosis}_A = a_{n3}*\text{dosis}_B + b_{n3}*\text{dosis}_C + c_{n3} \quad (10)$$

hvoraf dosis_A, dosis_B og dosis_C kan isoleres. Disse 3 doser udgør den eneste mulige 3-komponent ADM-blanding, hvis der kun forekommer 3 ukrudtsarter, og der kun er 3 herbicider til rådighed. Grafisk kan man forestille sig 3 planer, som defineret i henholdsvis (8), (9) og (10) i et 3-dimensionalt koordinatsystem. Såfremt der ikke forekommer paralleliteter mellem de 3 planer, vil de skære hinanden i punktet: (dosis_A, dosis_B, dosis_C).

Det er vedtaget at bortkaste beregnede blandinger, hvor en eller flere af de indgående komponenter udgør mindre end 5% af de respektive normal doseringer. Årsagen hertil er, at en så lille dosis af en blandingskomponent er uden praktisk interesse, idet der i de fleste af sådanne tilfælde vil være et alternativt løsningsforslag, hvor en sådan komponent er udeladt.

Kontrol af en 3-komponent beregning

Ved en indberetning til den verserende udgave af PCP, som vist i figur 1, fås løsninger af henholdsvis Ally, Logran 20 DF, Starane 180 som vist i tabel 1, når arterne indberettes enkeltvis.

Heraf fremgår, at Starane 180 kan bekæmpe burresnerre med en relativ lav dosering, medens Logran og Ally på tilsvarende måde bekæmper henholdsvis gul okseøje og bleg pileurt. Hvis der kun rådes over disse 3 herbicider til løsning af det foreliggende problem ses umiddelbart, at de 3 arter kun kan bekæmpes tilfredsstillende med disse 3 herbicider ved at etablere en 3-komponent blanding. Med udgangspunkter i doserne i tabel 1 findes den aktuelle 3-komponent ADM-blanding ved at løse ligningssystemet, som vises nedenfor:

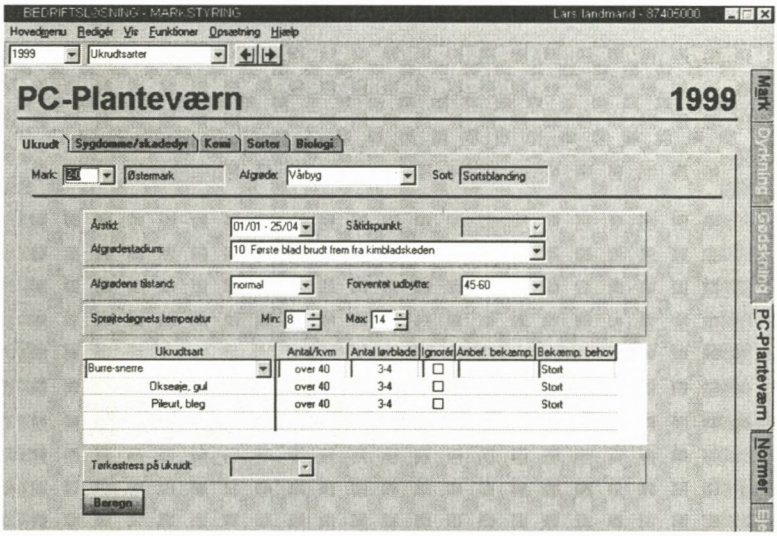
$$dosis_{Ally} = -\frac{100000 dosis_{Logran}}{27{,}250} - \frac{100000 dosis_{Starane}}{0{,}253} + 100000 \quad (11)$$

$$dosis_{Ally} = -\frac{19{,}293 dosis_{Logran}}{9{,}895} - \frac{19{,}293 dosis_{Starane}}{100000} + 19{,}293 \quad (12)$$

$$dosis_{Ally} = -\frac{1{,}740 dosis_{Logran}}{100000} - \frac{1{,}740 dosis_{Starane}}{100000} + 1{,}740 \quad (13)$$

hvilket giver følgende løsning:

$$(dosis_{Ally}, dosis_{Logran}, dosis_{Starane}) = (1{,}7398; 9{,}0026; 0{,}1694) \quad (14)$$



Figur 1. Indberetning til PCP af 3 ukrudtsarter i vårbyg. Report to PC Plant Protection of 3 weed species in spring barley.

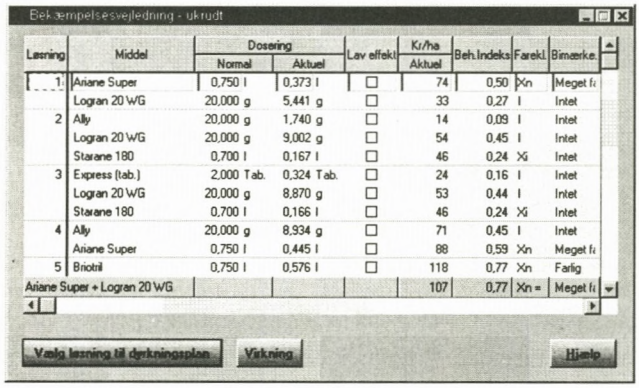
Tabel 1. Beregnede doser i verserende udgave af PCP og doser, som videreføres til ADM for 3 herbicider imod 3 ukrudtsarter. [1] '-' = **doseringskurve findes ikke** [2] '*' = **maksimal dosering giver mindre end den ønskede effekt.** Calculated rates in running version of PC-Plant Protection and rates used in ADM for 3 herbicides against 3 weed species. [1] '-'= dose/response curve not available [2] '*' =maximum rate cannot provide satisfactory efficacy.

		Herbicid navn / Herbicide name		
		Ally Metsulfuron methyl	**Logran** Triasulfuron	**Starane 180** Fluroxypyr
Normal dosering / Normal rate		20,000 g/ha	20,000 g/ha	0,700 l/ha
Pris pr. enhed / Price per unit		8,10 DKK	6,50 DKK	276,00 DKK
Ukrudtsnavn/Weed names				
Burresnerre	**PCP-beregning** / PCP-calcul.	[1] -	[2] *20,000	0,253
Galium aparine	**Input ADM** / Input ADM	100.000,000	27,250	0,253
Okseøje, gul	**PCP-beregning** / PCP-calcul.	19,293	9,895	[1] -
Chrysanthemum segetum	**Input ADM** / Input ADM	19,293	9,895	100.000,000
Pileurt, bleg	**PCP-beregning** / PCP-calcul.	1,740	[1] -	[1] -
Polygonum lapathifolium	**Input ADM** / Input ADM	1,740	100.000,000	100.000,000

Integreret i PCP vil der ved tryk på 'Beregn'-knappen i figur 1 fremkomme et skærmbillede med løsningsforslag, som vist i figur 2. Det aktuelle regneeksempel vises som 'Løsning 2', der er beregningsmæssigt relativt simpelt, idet der kun skal løses 2 sæt á 3 ligninger med 3 ubekendte. Hvis der alternativt indberettes 10 ukrudtsarter, skal der jævnfør formlerne (2), (3), (4) og (8), (9) og (10) for hver af de tilladte 2-komponent blandinger opstilles og løses 2*K(10,2)=90 sæt á 2 ligninger med 2 ubekendte og for hver af de tilladte 3-komponent blandinger opstilles og løses 2*K(10,3)=240 sæt á 3 ligninger med 3 ubekendte. Herefter skal de løsninger, som er optimale med hensyn til den valgte optimeringsparameter, kemikaliepris eller behandlingsindeks (BI), udvælges.

Den tekniske integration af doseringsberegningerne er sket ved hjælp af et særligt værktøj til brug for lineær optimering. De nye beregninger giver imidlertid ingen nævneværdig forøgelse af beregningstiden i forhold til det verserende program på en PC, som allerede afvikler Bedriftsløsningen® med tilfredsstillende hastighed.

Løsning 2 i figur 2 er et eksempel på, at ADM kan anvendes til at beregne blandinger med herbicider, som har tilnærmelsesvis komplementære virkningsspektra. I god overensstemmelse hermed ses, at de beregnede doser i tabel 1 mod arterne enkeltvis ligger tæt på doserne af de 3 komponenter i 'Løsning 2' i figur 2. Det er tidligere vist, hvordan der kan beregnes optimerede løsninger af 2-komponent ADM-blandinger (Rydahl, 1997).



Figur 2. Løsningsforslag i testversion af PCP efter indbygning af ADM og input som vist i figur 1. Solutions suggested by test version of PCP after integration of ADM and field input as shown in figure 1.

Effektberegninger

Den generelle facilitet i PCP´s ukrudtsmodeller, som viser beregnede effekter af foreslåede løsninger, er bibeholdt efter integrationen af ADM. Løsning 2 i figur 2 giver anledning til de effektberegninger, som er vist i figur 3. Heraf fremgår, at der opnås netop den ønskede effekt på alle de 3 indberettede ukrudtsarter. Dette er en principiel ændring i forhold til det verserende program, hvor kun én art bekæmpes med netop den ønskede effekt, medens de

øvrige arter bekæmpes med en højere effekt. Resultatet er imidlertid en naturlig følge af definitionen af ADM, hvilket afspejles i ligningerne (11), (12) og (13), som udtrykker 'vekslekurserne' mellem doser af henholdsvis Ally, Logran og Starane ved netop de ønskede effektniveauer for burresnerre, gul okseøje og bleg pileurt. Generelt for ADM-blandinger gælder, at:

$$a_{ukrudt} = a_{komp} - a_{maxkomp} \qquad (15)$$

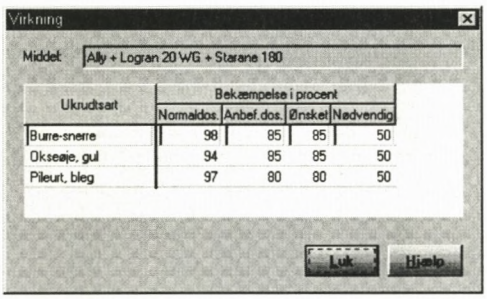
hvor:

a_{ukrudt} er antal ukrudtsarter, som bekæmpes med netop den tilstræbte effekt

a_{komp} er antallet af komponenter i ADM-blandingen

$a_{maxkomp}$ er antallet af komponenter i ADM-blandingen, som indgår med maksimal dosering

Når der forekommer flere arter end a_{ukrudt}, vil de arter, som ikke ligger på grænseisobolen, blive bekæmpet med en højere effekt end ønsket. Der kan ikke anvises en generel formel til beregning af effekt på disse arter. Til brug for integrationen i PCP er der derfor udviklet et særligt sæt beregningsalgoritmer, som baseres på en iterativ beregningsprocedure.



Figur 3. Ønskede effekter og beregnede effekter af doserne i 'Løsning 2' i figur 2. Aimed efficacy levels and calculated efficacies of the rates from 'Løsning 2' in figure 2.

Resultater

Doseringskurverne, som ligger til grund for ADM-beregninger, er hovedsagelig baseret på resultater fra anerkendelsesforsøg, hvor 25% af normal dosering er laveste afprøvede dosering. Det er derfor afgørende, når der beregnes ADM-blandinger med oftest meget lave doser af enkeltkomponenterne, at det faglige princip i ADM også fungerer under markforhold.

I 1996 udviklede DJF på basis af den verserende udgave af PCP en prototype, som kan beregne 2-komponent ADM-blandinger. Efter brugerens valg kan blandingernes sammensætning optimeres efter kemikaliepris eller BI. Robusthed og potentiale for denne prototype er afprøvet i 28 landsforsøg perioden 1996-98. I tabel 2 vises resultater fra 12 forsøg til afprøvning af ADM i vårbyg og resultater fra 16 forsøg til afprøvning af ADM i

vinterhvede. I forhold til 'Oversigt over Landsforsøgene' 1997 og 1998 (Pedersen, 1997), (Pedersen, 1998), er 2 forsøg i hver af disse forsøgsserier udeladt af denne artikel, idet disse var prægede af misvækst i afgrøden og meget høje dækningsgrader af ukrudt ved høst i alle forsøgsled. I forsøgsled 2 er anvendt den verserende udgave af PCP. Dog således, at der i vårbyg er valgt en tilpasset dosering af den anerkendte blanding af Express + Oxitril, medens der i vintersæd ikke var nogen begrænsninger for middelvalget. I led 3 og 6 er valgt 2-komponent ADM-blandinger med henholdsvis det laveste og næstlaveste BI. Forsøgene i vårbyg havde i gennemsnit 263 ukrudtsplanter pr. m^2, og forsøgene i vintersæd havde i gennemsnit 205 planter pr. m^2, hvilket må betragtes som endog meget høje ukrudtstryk.

Tabel 2. Resultater fra landsforsøg til validering i vårbyg og vinterhvede 2-komponent ADM-blandinger i PCP. Results from validation trials of integration of 2-component ADM-mixtures in PCP.

Led: Behandling Plot: Treatment	**Antal ukrudt pr. m^2 i ubeh.** No. of weeds per m^2 untreated	**Pct. dækning af ukrudt ved høst** Pct. weed cover at harvest	**Udbytte og merudbytte (hkg/ha)** Yield and extra yield (hkg/ha)
Gennemsnit af 12 forsøg i vårbyg 1996-97/ Mean of 12 trials in spring barley 1996-97			
1: **Ubehandlet** *1:* Untreated	263	18,5	51,2
2: **Verserende PCP** *2:* Present version PCP		4,6	4,6
3: **ADM-blanding I** *3:* ADM-mixture I		5,3	4,0
6: **ADM-blanding II** *6:* ADM-mixture II		5,8	4,6
$LSD_{.95}$ led 2, 3 og 6 LSD_{95} plot 2, 3 and 6		n.s. *n.s.*	n.s. *n.s.*
Gennemsnit af 16 forsøg i vinter hvede høstet 1997-98/ Mean of 16 trials in winter wheat harvested 1997-98			
1: **Ubehandlet** *1:* Untreated	205	23,4	61,6
2: **Verserende PCP** *2:* Present version of PCP		10,3	7,8
3: **ADM-blanding I** *3:* ADM-mixture I		11,8	7,8
6: **ADM-blanding II** *6:* ADM-mixture II		9,9	6,7
$LSD_{.95}$ led 2, 3 og 6 LSD_{95} plot 2, 3 and 6		n.s. *n.s.*	n.s. *n.s.*

Flere af forsøgene i vinterhvede, som alle blev konsulteret og behandlet om efteråret, havde betydelige forekomster af ukrudt i alle forsøgsled ved optællingen i april, men der blev ikke i noget tilfælde foretaget genkonsultation af modellen om foråret, skønt modellen generelt opfordrer hertil. De høje ukrudtstryk gav anledning til betydelige merudbytter både i vårbyg og vinterhvede i forsøgsled med standardbehandling og ADM. I vårbyg forsøgene var der i alle tilfælde en tilfredsstillende lav dækning af ukrudt ved høst, i gennemsnit 4-6%. Den gennemsnitlige dækning af ukrudt ved høst i vinterhvede forsøgene var 9-12%. Heri er inkluderet ét forsøg, som i april havde 63 ukrudtsplanter pr. m^2 efter referencebehandlingen og 33-42% dækning ved høst efter både reference- og ADM-behandlinger.

Optimeringsberegningerne i PCP omfatter også løsninger, som ikke er ADM-blandinger, det vil sige enkelt produkter og anerkendte tankblandinger, såfremt dette er fordelagtigt. I de gennemførte valideringsforsøg er der imidlertid bevidst valgt løsninger, som består af ADM-blandinger, idet hovedformålet med valideringsforsøgene netop var at validere effekten af ADM-blandinger. I tabel 3 vises beregnede kemikaliepriser og BI for de afprøvede ADM-løsninger i vårbyg og i vinterhvede. Med henblik på at vurdere ADMs potentiale for at reducere BI og kemikaliepris, er der i tabel 3 også vist gennemsnitlig kemikaliepris og BI, når der ud fra behandlingerne i led 2, 3 og 6 i hvert forsøg vælges behandlingen med den laveste værdi for BI eller kemikaliepris. Det fremgår heraf, at ADM-løsningerne er gennemført med gennemsnitligt lavere kemikaliepris og lavere BI sammenlignet med løsningsforslagene i den verserende udgave af PCP.

Tabel 3. Kemikalieudgifter og behandlingsindeks (BI) på behandlinger ved afprøvning af ADM i vårbyg, reference 1996*) og vinterhvede, reference 1997. Cost of chemicals and treatment intensity index (TII) in treatments recommended by the ADM in spring barley, reference level 1996*) and in winter wheat, reference level 1997.

	Gennemsnit af 12 forsøg 1996-97 i vårbyg Mean of 12 trials 1996-97 in spring barley		**Gennemsnit af 16 forsøg 1997-98 i vinterhvede** Mean of 16 trials 1997-98 in winter wheat	
Led: Behandling Plot: Treatment	**BI** TII	**Kroner pr. ha** DKK per ha	**BI** TII	**Kroner pr. ha** DKK per ha
2: Verserende PCP 2: Present version of PCP	0,43	66	0,62	131
3: ADM-blanding I 3: ADM-mixture I	0,41	54	0,51	104
6: ADM-blanding II 6: ADM-mixture II	0,47	67	0,69	135
Frit ADM-valg i led 2, 3 og 6 Free ADM-choice in plot 2, 3 and 6	0,35	48	0,44	100

*) **Herbicidet Logran 20 DF blev tilføjet til PCP's model i vårbyg i 1997.** The herbicide Logran 20 DF was added to the PCP model in spring barley in 1997.

Diskussion

Med implementeringen af ADM i PCP's kornmodeller imødekommes et ønske, som har været stærkt udtalt siden den første frigivelse af programmet i 1991, idet programmet hermed får:

- nye og meget dynamiske muligheder for at sammensætte herbicidblandinger til bekæmpelse af komplekse ukrudtsbestande
- muligheder for at optimere sammensætningen af herbicidblandinger med hensyn til kemikaliepris eller BI.

44% af blandingskomponenterne i vintersæd og 79% af blandingskomponenterne i vårbyg var mindre end 1/4 af normal dosering. Disse behandlinger og de heraf opnåede resultater for effekt bekræfter i fællesskab den grundlæggende antagelse i ADM, at der for et givet effektniveau frit kan subtitueres mellem alle doser på en isobol for 2 herbicider.

Idet antallet af ukrudtsarter, som bekæmpes med netop den ønske effekt, automatisk stiger i takt med antallet af blandingskomponenter i ADM, vil der med integrationen af ADM blive anvist relativt mere præcise reguleringer af ukrudtet. Idet det tilstræbte effektniveau i de afgrøder i PCP, hvor ADM indbygges, er ca. 70% målt på biomassen 4-6 uger efter behandling, vil der alt andet lige blive en øget diversitet i den ukrudtsbestand, som efterlades. Så snart første testversion af integrationen af ADM i PCP var operationel, blev indberetningerne af afprøvningsforsøgene i vårbyg fra 1996 og 1997 genberegnet for at se, om muligheden for også at beregne 3-komponent blandinger ville have været aktuel i nogen af de gennemførte forsøg til afprøvning af 2-komponent prototypen. Dette viste sig ikke at være tilfældet i nogen af de 12 forsøg. Hermed understøttes vedtagelsen om at begrænse adgangen til at etablere ADM-blandinger, som indeholder 3 eller flere komponenter.

De i alt 28 landsforsøg som blev gennemført i 1996-98 til validering af ADM i PCP's kornmodeller havde i gennemsnit meget store ukrudtsbestande. Disse forsøg giver anledning til følgende konklusioner:

- ADM-blandingerne har i alle forsøg givet en tilfredsstillende ukrudtsbekæmpelse, som ikke i noget tilfælde har været signifikant forskellig fra referencebehandlingen. Optællinger af ukrudtsplanter i april indikerer imidlertid, at der i flere af validerings forsøgene i vinterhvede burde være foretaget genkonsultation af modellen om foråret
- ADM optimering har i forhold til den verserende udgave af PCP medført:
  - et gennemsnitligt BI på 0,35 og en kemikaliepris på 48 kr./ha i vårbyg
  - et gennemsnitligt BI på 0,44 og en kemikaliepris på 100 kr./ha i vinterhvede

  hvilket i forhold til den verserende udgave af PC-Planteværn er:
  - 27% lavere BI og 18% lavere udgifter i vårbyg
  - 29% lavere BI og 24% lavere udgifter i vinterhvede. Et eventuelt behov for genbehandling i vintersæd om foråret forventes ikke principielt at ændre på ADM-optimeringens relative potentiale
- Integrationen af ADM i PCP vil omfatte alle kornafgrøder og distribution vil ske med den ordinære opdatering af PCP pr. marts 1999.

Sammendrag

Der er generelt et stort behov for og stor praktisk erfaring i at anvende blandinger af herbicider til ukrudtsbekæmpelse. Den verserende udgave af PCP indeholder de herbicider og de tankblandinger, som har opnået officiel anerkendelse i Danmarks JordbrugsForskning (DJF). Blandt ulemperne ved de anerkendte tankblandinger er, at antallet er relativt sparsomt, og at blandingsforholdet mellem de indgående komponenter fastlåst. For de blandinger, som følger ADM (Streibig & Kudsk, 1993), (Kudsk & Mathiassen, 1997) kan blandingsforholdet mellem komponenterne varieres frit uden, at effektniveauet påvirkes. Som følge deraf kan der beregnes blandinger, som er optimerede med hensyn til ukrudtsarter og en arbitrær parameter, f.eks. kemikaliepris eller BI. Der er fortsat et politisk pres i Danmark for at reducere BI.

Doserings- og effekt beregninger af 3-komponent ADM-blandinger gennemgås både teoretisk og med et praktisk eksempel. Implementeringen af ADM i PCP giver stærkt forbedrede muligheder for at beregne løsningsforslag i meget komplekse ukrudtsbestande.

En simpel prototype, som på grundlag af beregningerne i den verserende udgave af PCP kan beregne 2-komponent ADM-blandinger, som er optimeret efter kemikaliepris eller BI er blevet etableret. Denne prototype er blevet afprøvet i 12 markforsøg i vårbyg og i 16 markforsøg i vinterhvede i perioden 1996-98. Der blev opnået tilfredsstillende ukrudtsbekæmpelse i alle forsøg med gennemsnitligt 35% af normal dosering i vårbyg og 44% af normal dosering i vinterhvede. I forhold til den verserende udgave af PCP er dette en reduktion på 27-29% af BI og en reduktion på 18-24% af kemikalieudgifter.

ADM bliver integreret i PCP`s kornmodeller og distribueret med opdateringen pr. marts 1999.

Erkendtlighed

Jens Erik Jensen fra Den Kongelige Veterinære Landbohøjskole takkes for konstruktiv medvirken ved etablering af algoritmer til beregning af effekt på de ukrudtsarter, som ikke ligger på en grænseisobol.

Litteratur

Kudsk, P. og Mathiassen, S.K 1997. Optimering af herbicidblandinger - principper og eksperimentel baggrund. 14. Danske Planteværnskonference, Ukrudt. SP rapport nr. 7, 1997, 87-97.

Pedersen, C.Å. 1997. Oversigt over Landsforsøgene. 113.

Pedersen, C.Å. 1998. Oversigt over Landsforsøgene. 77.

Rydahl, P. 1997. Optimering af herbicidblandinger – implementering i PC-Planteværn. 14. Danske Planteværnskonference, Ukrudt SP rapport nr. 7, 1997, 99-110.

Streibig, J. C. og Kudsk, P. 1993. Herbicidblandingers virkning. 10. Danske Planteværnskonference 1993, Ukrudt. Beretning nr. S 2236, 1993, 193-201.

16. Danske Planteværnskonference 1999
Ukrudt

Dyseslid i relation til god sprøjteteknik

Nozzle wear in relation to good application technique

Kristian Lybek Witt
HARDI INTERNATIONAL A/S
Helgeshøj Allé 38
DK-2630 Taastrup

Summary

Each year damaged or worn nozzles are the main reason to a great number of faults in the random test of sprayers in use in Denmark. In several of our neighbouring countries a voluntary or compulsory test of sprayers in use is (or will be) implemented at different intervals of time - an overview is given. In Germany, for instance, this has lead to a routine-based change of nozzles and maybe in the long term an increased understanding of the cost/benefit of timely nozzle change in relation to the money spent on chemicals.

The major influences of worn nozzles on the good application technique comprise poorer distribution, over-dosing, and small changes in droplet size spectrum. A proposed algorithm to calculate nozzle changing frequency is discussed.

Indledning

Beskadigede eller slidte dyser er hvert år årsag til et stort antal fejl ved stikprøvekontrollen af sprøjter i funktion i Danmark. I flere af vore nabolande er indført (eller indføres) frivillig eller obligatorisk sprøjtekontrol med få eller flere års interval. Dette har i Tyskland medført en rutinemæssig udskiftning af dyser og måske på sigt en øget forståelse for cost-benefit ved rettidig udskiftning set i relation til beløb anvendt til kemikalier.

Formålet med de foreliggende forsøg er at beskrive variationer i sprøjtearbejdet afstedkommet af dyseslid samt en mulig algoritme til beregning af dyseudskiftningsfrekvens.

Status på funktionstest

I Danmark har der siden 1994 været gennemført stikprøvekontrol (Anonym, 1993; Anonym, 1994) af sprøjter i brug, som et led i sikring af gode og funktionsdygtige sprøjter samtidig med uddannelse af sprøjteførere ved tvungen sprøjteførerbevis. I flere af vore nærmeste nabolande er (eller bliver) indført frivillig eller obligatorisk funktionstest af alle sprøjter i brug (tabel 1).

Tabel 1. Oversigt over funktionstest i nabolande, type, karakteristika og årstal for indførsel. Summary of sprayer tests in neighbouring countries: Types, characteristics, and year of implementation.

Land	Type	Karakteristika	Implementeret
Belgien	Obligatorisk	Manometer, dyseydelse (bomfordeling)	1995 (1998)
Danmark	*Stikprøve*	*Manometer, dyseydelse*	*1994*
England	Frivillig	Manometer, dyseydelse	1997
Finland	Obligatorisk	Manometer, dyseydelse	1995
Polen	Obligatorisk	Manometer, dyseydelse, bomfordeling	1999
Sverige	Frivillig	Manometer, dyseydelse, bomfordeling	
Tyskland	Frivillig		1965
	Obligatorisk	Manometer, dyseydelse, bomfordeling	1992/1993

Der er ikke i hverken det Europæiske (CEN) eller internationale (ISO) standardiseringsarbejde opnået enighed om funktionstestens udformning. På trods af den ovenstående generalisering eksisterer derfor store forskelle i udførslen af f.eks. en manometertest, samt hvilke "grænser" der ligger for den enkelte test i de forskellige lande.

Oftest forekommende fejl er slidte dyser - detekteret på den ene eller anden vis. I tabel 2 er angivet de typiske fejl fundet ved stikprøvekontrollen i Danmark siden dens indførsel i 1994.

Tabel 2. Oversigt over hyppigste fejl fundet ved stikprøvekontrollen i Danmark (Anonym, 1995, 1996, 1997). Summary of most frequent errors during random test of sprayers in Denmark.

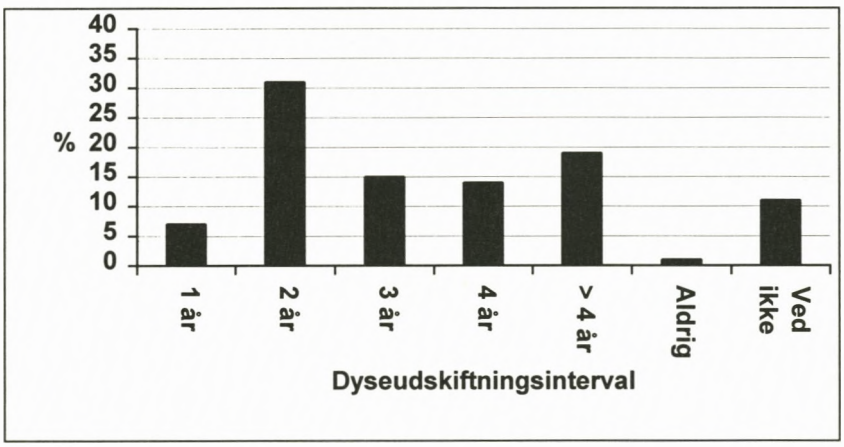
År	Antal tests	Total fejl %	Årsag	% af total fejl
1995	454	75	*Dyser*	34
			Manometer	21
			Sugefilter	23
1996	288	65	Ikke specificeret	-
1997	408	78	*Dyser*	83
			Manometer	64

Som det fremgår tegner slidte eller beskadigede dyser sig for størstedelen af fejlene fundet ved stikprøvekontrollen. Der er fundet mange fejl på manometre - også på helt nye - hvilket selvfølgelig har givet anledning til en del frustration. Ofte skyldes det, at brugeren glemmer at

prikke hul på den membran, der skal udligne trykket på et ny-installeret manometer. I Danmark er der ingen sanktionsmuligheder, når uregelmæssigheder afsløres.

Dyseudskiftningsintervaller

Der eksisterer i dag ikke offentligt tilgængelige statistikker over dyseudskiftningsintervaller. HARDI INTERNATIONAL A/S har foranlediget telefoninterviews med ca. 1000 landmænd i Tyskland, England og Frankrig i foråret 1998. Heraf fremgik det bl.a., at i Tyskland - hvor funktionstest med 2 års interval har været obligatorisk siden 1992/1993 (BBA pers. komm.) - er landmændene begyndt at udskifte dyserne rutinemæssigt hvert 2. år (figur 1) - enten før eller umiddelbart efter testen. Flere af respondenterne angav funktionstesten som årsag til dyseudskiftning. I modsætning til Danmark er der i Tyskland deciderede sanktionsmuligheder, såfremt der findes fejl på sprøjten.



Figur 1. Dyseudskiftningsintervaller (Tyskland). Landbrug > 50 ha, 300 telefonrespondenter (Kleffmann & Partner, 1998). Nozzle changing frequency (Germany). Farm size > 50 ha, 300 telephone responds.

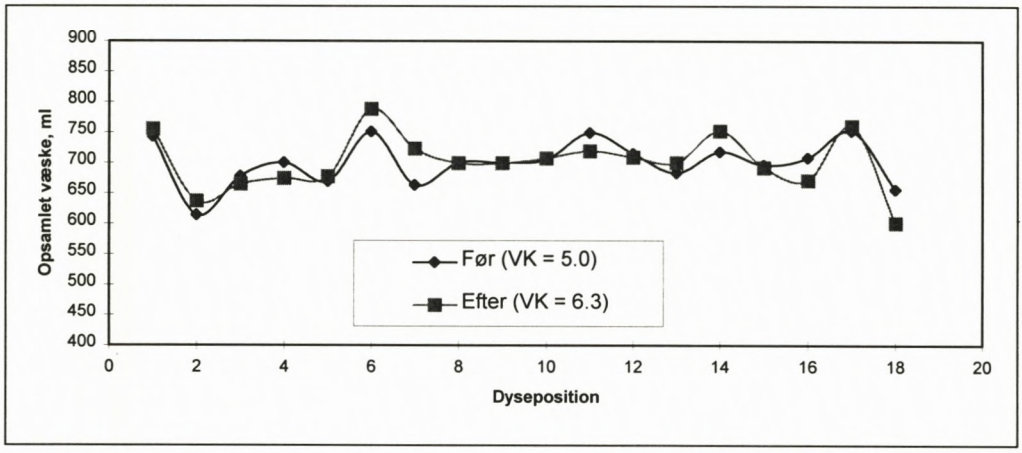
Kendetegnende for Frankrig, hvor der endnu ikke er indført funktionstest, er, at udskiftningsintervallet er noget større. I Frankrig domineres udskiftningsintervallet dog af, at den langt overvejende del af markedet benytter keramiske dyser med større slidstyrke. I England er det foretrukne dysemateriale meget lig med det tyske marked, men her har brugsstørrelsen blandt de interviewede været > 100 ha, altså de større landmænd - og her sprøjtes væsentligt flere ha pr. dyse, så her spiller hensyn til cost/benefit måske mere ind ved udskiftning af dyserne, idet funktionstest endnu ikke er indført. De gennemsnitlige dyseudskiftningsintervaller for de 3 markeder er vist i tabel 3.

Tabel 3. Gennemsnitlige dyseudskiftningsintervaller (år) for England, Frankrig og Tyskland - ved antal telefonrespondenter (Kleffmann & Partner, 1998). Mean nozzle changing frequency (years) for UK, France, and Germany - at number of telephone responds.

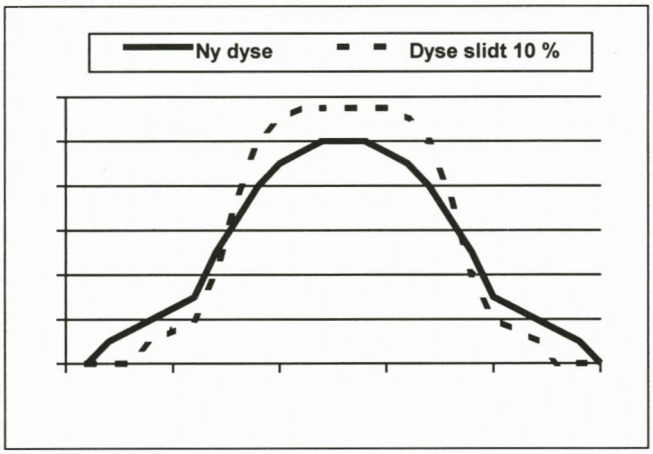
Land	England	Frankrig	Tyskland
Gennemsnitligt dyseudskiftningsinterval, år	2,22	3,72	3,08
Antal respondenter	300	400	300

Påvirkning af sprøjteteknik ved slidte dyser

Den væsentligste ulempe ved slidte dyser er en dårligere væskefordeling. I figur 2 er vist fordelingskurver for henholdsvis nye dyser og dyser slidt til 10% større ydelse. Ikke overraskende stiger variationskoefficienten ved anvendelse af slidte dyser. Årsagen skal bl.a. findes i, at hver enkelt dyses fordelingsprofil ændres, som det er illustreret i figur 3, i og med at spredevinklen reduceres, og dysen yder mere direkte under dysen. Tilsvarende observationer er fundet af bl.a. Rautmann & Rietz (1988) og Bengtsson (1993). Uensartetheden i fordelingen, som resultat af slidte dyser, fører til en dårligere markfordeling. Umiddelbart ser ændringerne ikke dramatiske ud - det er de heller ikke. Pointen er dog, at det er begyndt at skride - og fra nu af bliver det blot værre, derfor anbefales dyseskift ved 10% større ydelse.



Figur 2. Fordelingstest for 4110-14 fladsprededyser før og efter slid til 10% større ydelse, testet ved 2 bar og 50 cm bomhøjde. Nozzle distribution test for 4110-14 flat fan nozzles before and after 10% increased flow rate, tested at 2 bar and 50 cm boom height.



Figur 3. Illustration af enkeltdysefordelingens ændrede udseende for 4110-14 fladsprededyse før og efter slid til 10% større ydelse. Illustration of changes in the single nozzle distribution profile for 4110-14 flat fan nozzle before and after 10% increased flow rate.

En anden vigtig faktor er, at man med slidte dyser risikerer at overdosere, såfremt der bibeholdes samme arbejdstryk for slidte dyser som for nye. Det udmønter sig f.eks. i - når der er 2 ha tilbage - at der kun er væske nok i beholderen til 1 ha. Enten må man så "strække" væskemængden - med deraf dårligere resultat til følge - eller man må tilbage og blande op til den sidste ha, hvilket koster tid og selvfølgelig penge. Populært betyder det - omregnet i kroner - f.eks., at man med dyser slidt til 10% større ydelse årligt vil spilde ca. 10.000 kr. ved et kemikalieforbrug på 100.000 kr. Prisen for et sæt nye dyser taget i betragtning, burde der være god ræson i at skifte disse på en rutinemæssig base.

En tredje - og måske overset parameter – er, at dråbespektret for slidte dyser ændrer sig (tabel 4).

PDPA er Phase Doppler Particle Analyzer (Aerometrics). Indeks $_{efter/tryk}$ indikerer efter slidt til 10% og at trykket er bibeholdt v. 3 bar (flow = 0,97 l/min), og indeks $_{efter/flow}$ indikerer efter slid, og at flowet er bibeholdt ved 0,88 l/min (tryk = 2,5 bar). Ved bibeholdt tryk stiger flowet, hvorfor antallet af dråber stiger. Fraktionen af helt små dråber stiger også (volumenmæssigt, men ikke signifikant set i forhold til før slid), hvilket mindsker VMD'en. Det omvendte er tilfældet ved at bibeholde flowet. Lignende observationer er påvist af Szulc (1996), mens Ozkan *et al.* (1992) og Bengtsson (1993) ikke fandt en sådan sammenhæng mellem dyseslid og ændring i dråbespektrum.

Tabel 4. Ændring i dråbespektret for 4110-14 fladspredедyse før og efter slid til 10% større ydelse, målt v. lige tryk/flow på PDPA. Changes in droplet size spectrum for 4110-14 flat fan nozzle before and after 10% increased flow rate, measured at equal pressure/flow rate with PDPA.

Dyse - 3 bar	Antal dråber, n	Volumen % < 100 µm	VMD, µm	Volumen % < 300 µm
$4110\text{-}14_{før}$	56.000	11,8	194,3	88,0
$4110\text{-}14_{efter/tryk}$	59.900	12,0	191,4	89,0
$4110\text{-}14_{efter/flow}$	48.500	10,4	197,7	87,5
LSD	1.549	0,4	1,8	0,3

Hvorvidt dette har nogen praktisk betydning for resultatet i marken er uvist. Der findes dog enkelte opgørelser af forstøvningsgradens indflydelse på den biologiske effekt (tabel 5).

Tabel 5. Resultat af skift til finere forstøvning på biologisk effekt ved sprøjtning med blad herbicider (Knoche, 1994). Biological effect of shift to finer atomisation when spraying foliage-applied herbicides.

Dråbestørrelse		% test hvor en skift til finere forstøvning har givet			Antal
µm (micron)	(Dyse eks.)	større effekt	samme effekt	mindre effekt	test
< 150	(4110-10)	79	21	0	24
150-250	(4110-14)	71	20	8	49
250-350	(4110-20)	72	2	7	46
> 350	(4110-36)	65	25	10	40
Total		71	22	7	159

Beregning af dyseudskiftningsintervaller

Til forfatterens kendskab findes der i dag ikke et decideret værktøj til at beregne dyseudskiftningsintervaller. Der gives fra mange dyseproducenter vejledning om at tjekke dyseydelsen fra tid til anden f.eks. for hver 100 ha, hvilket f.eks. ikke tager hensyn til bombredden, eller råd á la "for at være på den sikre side bør dyserne skiftes hvert år". Noget præcist billede af dysens levetid ved almindelig brug er svært at give, idet der skal tages hensyn til f.eks. dysestørrelse, arbejdstryk, udbringningsvolumen, koncentration af kemikalie og kemikalieformulering (pulver/flydende) eller flydende gødning, som bliver mere og mere populært i Danmark. F.eks. viste forsøg udført i Sverige (Bengtsson, 1993) en tydelig

sammenhæng mellem brug, hvor flydende gødning anvendtes, og dyseslid. Intentionen med nærværende undersøgelser har derfor været at forsøge at give en algoritme til beregning af dysens levetid under hensyntagen til de ovenstående parametre. Algoritmen er vist i figur 4.

Figur 4. Dyseudskiftningsalgoritme. Nozzle changing algorithm.

$$\frac{V_{10(p)} \bullet S \bullet B}{Y_{(p)} \bullet 600} = \text{ha sprøjtet før dyseskift}$$

hvor,

$V_{10(p)}$	=	Volumen til 10% større ydelse (v. arbejdstryk, p) (l)
S	=	Kørehastighed i marken (km/t)
B	=	Bombredde (m)
$Y_{(p)}$	=	Dyseydelse (v. arbejdstryk, p) (l/min)

Metode

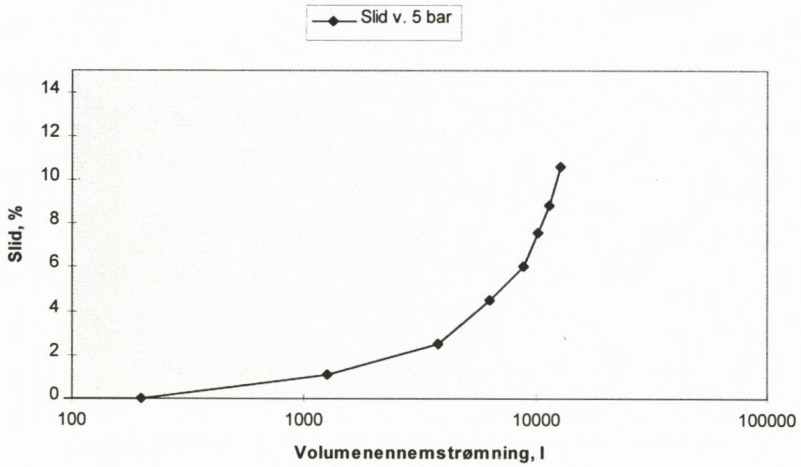
For at beregne, hvor mange liter en dyse kan udsprøjte, før væskegennemstrømningen er øget med 10%, anvendtes en modificeret ISO-norm slidtest. I stedet for - som normalt ved en accelereret slidtest - at anvende et decideret slibemiddel, er anvendt en væske for at simulere "worst case", en pulverformulering ved 2 kg/ha. Testen forløb, indtil 10% øget dyseydelse var fundet ($V_{10(p)}$). Der er gennemført tests for 4110-14 dyse ved 5 bar svarende til et udbringningsvolumen på ca. 200 l/ha ved 7 km/t, udført med 8 repetitioner.

Resultater

Resultaterne er vist i tabel 6 og figur 5.

Tabel 6. $V_{10(5)}$ (l) til 10% øget dyseydelse for 4110-14 dyse ved 5 bar med pulverformuleret sprøjtevæske. Volume (l) to reach 10% increase in flow rate for 4110-14 nozzle at 5 bar working pressure for powder formulated spraying liquid.

4110-14, v. arbejdstryk (bar)	$V_{10(5)}$ (l)
5	12.000



Figur 5. Slidforløb for 4110-14 dyser ved 5 bar for pulverformuleret sprøjtevæske (2 kg/ha). Wear characteristics for 4110-14 nozzles at 5 bar for powder formulated spraying liquid (2 kg/ha).

Benytter man således 4110-14 dyser på en 12 m sprøjte, vil man ved 7 km/t og 5 bar for et pulverformuleret middel forvente at kunne sprøjte ca.

$$\frac{12000 \bullet 7 \bullet 12}{0{,}88 \bullet 600} = 1909 \text{ ha}$$

før dyseskift. Laboratoriederiverede tal som dette kan kun være vejledende, idet svagheden - som ved accelererede slidtests - er at væsken recirkuleres, hvorved partiklerne i sig selv deformeres.

Slidforløbet beskrives her meget simplificeret, og der tages ikke højde for, at volumengennemstrømningen stiger ved øget slid. Funktionen for slidforløbet beskrives korrekt således.

$$V_{10(p)} = F(h) = h + Y_p \bullet 60$$

hvor,

Y_p= Dyseydelse (v. arbejdstryk, p) (l/min)

h = Antal timer forløbet til 10% øget ydelse er fundet (timer)

Kalibrering af marksprøjten med rent vand er stadig den sikreste metode til at bestemme, hvorvidt dysen er slidt eller ej - erfaringen viser dog, at en sådan kalibrering desværre ofte undlades.

Diskussion

Rettidig udskiftning af dyser må anses som en væsentlig faktor for at nedbringe fejlantallet ved den årlige stikprøvekontrol af sprøjter i funktion. Data fra vore nabolande tyder på, at en udvidelse af funktionstesten vil kunne sikre en rettidig udskiftning af dyser og andre sliddele. Mange parametre i den gode sprøjteteknik afhænger af dyserne og kan tillige værdisættes. Anvendelige værktøjer til at estimere udskiftningsintervaller har ikke hidtil været tilgængelige, men det formodes at laboratorieudviklede algoritmer, der kan tilpasses de faktiske forhold fra markbrug, vil være et godt skridt i den rigtige retning. Det vil være nødvendigt at gennemføre tests for forskellige kemikalieformuleringer ved forskellige tryk og forskellige dysestørrelser samt typer for at afdække så mange variable som muligt - disse bør følges op af praktiske studier fra normal anvendelse i marken, hvorefter en tilpasning vil kunne ske. Givet er det, at sådanne værktøjer vil have stor værdi for slutbrugeren.

Sammendrag

Funktionstest af sprøjter i brug foretages i såvel Danmark som vore nærmeste nabolande. Den hyppigste fejl i Danmark er slidte eller beskadigede dyser, og det er oplagt, at rettidig udskiftning af dyser vil kunne mindske antallet af rapporter med fejl betragteligt. Resultatet af slidte eller beskadigede dyser er dårlig fordeling, overdosering og ændret dråbestørrelsesspektrum. Laboratorietest indikerer, at dyseudskiftningsintervaller kan beregnes, og at anvendelige værktøjer bør kunne implementeres. Flere forsøg kræves. Dette kan - måske i kombination med en udvidet (obligatorisk) funktionstest - medvirke til at sikre en mere rettidig udskiftning af dyser.

Litteratur

Anonym 1993. Lov om journal over brug af plantebeskyttelsesmidler og eftersyn af udstyr til udbringning af plantebeskyttelsesmidler i jordbruget. Lov nr. 266 af 6. Maj 1993. Landbrugsministeriet 1. Afd. 1. Kt. J.nr. 92-669-1.

Anonym 1994. Bekendtgørelse om sprøjtejournaler og eftersyn af sprøjteudstyr i jordbruget. Plantedirektoratets bekendtgørelse nr. 492 af 7. Juni 1994. Landbrugsministeriet, Plantedirektoratet j.nr. 93-726-1.

Anonym 1995, 1996. Plantedirektoratets Årsberetning.

Anonym 1997. Statistik over test af marksprøjter 1997. Plantedirektoratet.

Bengtsson, P. 1993. Praktisk förslitningstest av spridare för landbrukssprutor. Del 2. Resultat efter två års förslitningstest. 34.e svenska växtskyddkonferensen, pp. 273-289.

Kleffmann & Partner 1998. Survey on sprayers and sprayer related issues on the German, French and UK markets. HARDI INTERNATIONAL A/S intern.

Knoche, M. 1994. Effect of droplet size and carrier volume on performance of foliage-applied herbicides. Crop Protection vol. 13 (3) pp. 163-178.

Ozkan, H.E.; Reichard, D.L. & Sweeney, J.S 1992. Droplet size distributions across the fan patterns of new and worn nozzles. Transactions of the ASAE. Vol. 35 (4), pp. 1097-1102.

Rautmann, D. & Rietz, S. 1988. Verschleissuntersuchungen an Flachstrahldüsen für den Pflanzenschutz. Gesunde Pflanzen 40 (9) pp. 373-378.

Szulc, T. 1996. Selecting tests of field sprayer nozzles and influence of their wear on spraying quality. Org: Badania nad doborem koncowek rozpylajacych opryskiwaczy polowych i wplyw ich zuzycia na jaoksc oprysku. Prace Przemslowego Instytutu Maszyn Rolnicych (Poland) vol. 41 (4) pp. 61-66.

16. Danske Planteværnskonference 1999
Ukrudt

Afdrift reduktion ved forskellige dysetyper

Drift reduction using different nozzle types

Kristian Lybek Witt
HARDI INTERNATIONAL A/S
Helgeshøj Allé 38
DK-2630 Taastrup

Summary

Drift from sprayers is of major concern in most European countries due to the risks of pesticides contaminating the surrounding environment. Buffer or no-spray zones are given for the use of certain agrochemical products - in some countries restrictions on the use of such pesticides are linked to the spraying technique employed and as such there has been an increasing demand to develop drift reducing spraying techniques, comprising also nozzles.

Different nozzle types have different ability to reduce drift. Considering that drift consists of two parts: airborne drift and sedimentation drift or fallout, it is relevant to stress differences in the ability to reduce these two elements. New venturi types of nozzles - commonly known as air induction nozzles - such as the HARDI INJET nozzles have proven very successful in reducing both the airborne and the sedimentation drift.

The Danish Plant Protection Association has compiled a guideline for end users regarding proper handling of agrochemical products before, during, and after spraying. This is an example of the initiatives taken to stress the attention of spray operators to different possibilities of e.g. reducing drift. It would be interesting to see if this could lead to an official examination and approval of such techniques with the aim of reducing buffer zones in Denmark as well.

Indledning

I mange EU-lande findes restriktioner for brug af visse pesticider med specielt henblik på sprøjtefri bræmmer for at undgå afdrift til det omgivende miljø, især vandområder. Størrelsen af disse sprøjtefri bræmmer - eller buffer zoner - kan (for det samme produkt) variere kraftigt fra land til land. I visse lande tillades en reduktion af de sprøjtefri bræmmer, hvis speciel afdrift reducerende sprøjteteknik anvendes - i disse lande udføres officiel afprøvning af forskellige afdrift reducerende teknikker og oversigter herfor publiceres. Størrelsen af reduktioner i de sprøjtefri bræmmer med samme afdrift reducerende teknik er tillige forskellig fra land til land.

Formålet med denne artikel er at give en oversigt over størrelsen af de sprøjtefri bræmmer i forskellige lande, samt belyse forskellige dysetypers evne til at reducere afdrift.

Sprøjtefri bræmmer

I Danmark findes i dag en generel sprøjtefri bræmme på 10 eller 20 meter afhængig af kemikalie. På nuværende tidspunkt gives der ikke dispensation fra disse afstandskrav ved anvendelse af afdrift reducerende sprøjteteknik. I vore nærmeste nabolande findes også sprøjtefri bræmmer, men her er der taget initiativer til at undersøge afdrift reducerende sprøjteteknikker med henblik på at kunne mindske størrelsen af de sprøjtefri bræmmer. En oversigt herfor er givet i tabel 1.

Tabel 1. Eksempler på sprøjtefri bræmmer for marksprøjter; størrelser og mulighed for reduktion heraf. Examples of buffer zones for field sprayers: sizes and possible ways of reducing these.

Land	Størrelse, m	Type/Princip	Reduktion ?	Metode
Danmark	2, 10, 20	Kemikalietype afhængig	Nej	-
Sverige	2 - >50	Vind-, temperatur-, kemikaliedosis- og sprøjtetekniktilpasset	Ja	Grovere forstøvning, lavere dosering, lavere bomhøjde, luftassistance.
Tyskland	10 - 100	Kemikalietype afhængig	Ja	Grovere forstøvning, luftassistance
England	6	Kemikalietype og –dosis afhængig	Ikke endnu	-
Holland	3	Afgrøde afhængig	Ja	Grovere forstøvning, luftassistance

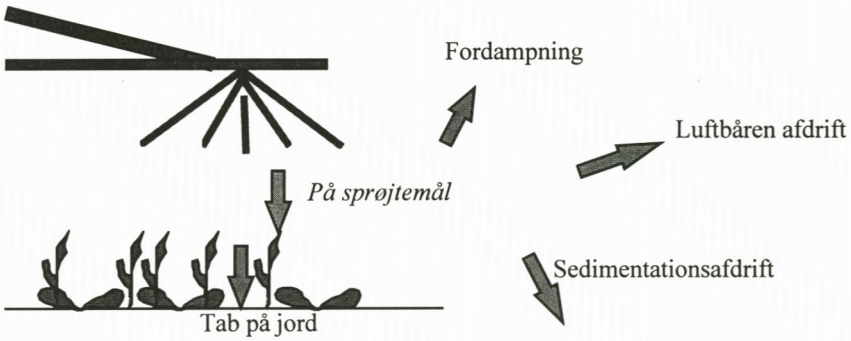
Dels efter Anonym (1998a), Anonym (1998b), Hammar *et al.* (1998) og Porskamp *et al.* (1995).

Afdrift

Jørgensen & Witt (1997) har bl.a. beskrevet elementerne i et regnskab for væsken under sprøjtearbejdet, som vist i figur 1. Tabskontiene udgør såvel utilsigtet tab på jord, fordampning og luftbåren såvel som sedimentationsafdrift.

Det er af bl.a. Jensen & Kirknel (1997) blevet demonstreret, at såvel luftbåren som sedimentationsafdrift kan reduceres med visse typer luftassisterede sprøjter (bl.a. HARDI TWIN). Ligeledes fremgår det af data fra Jensen & Kirknel (1997), at lav-drift dyser kan reducere den luftbårne afdrift, mens sedimentationsafdrift ikke reduceres betydeligt, og de derfor ikke er specielt velegnede til sprøjtning langs følsomme naboafgrøder eller til reduktion af sprøjtefri bræmmer. Dette fremhæves tillige af Porskamp *et al.* (1995). Endelig er det

velkendt, at afdrift kan reduceres ved at anvende en større vandmængde, typisk en større fladspredødyse, hvilket dog ofte afvises, da det koster mere vand.



Figur 1. Sprøjteregnskabets 5 konti. The spray account.

I Holland og Tyskland er bl.a. dyser af venturi-typen opført på lister over godkendt afdrift reducerende udstyr. Det bør fremhæves, at afdrift reducerende sprøjteteknik i disse lande "kun" behøver at blive anvendt på det yderste sprøjtespor, og man derfor kan anvende en anden - og for den biologiske effekt måske bedre - sprøjteteknik på det resterende areal. Med den megen fokus, der er på afdrift reduktion i de ovennævnte såvel som andre af vore nærmeste nabolande, er det klart at venturi-dyser har vundet indpas som en del af udrustningen på mange sprøjter. Det er derfor interessant at se, hvorledes de nye dyser af venturi-typen opfører sig med hensyn til afdrift reduktion.

Metode

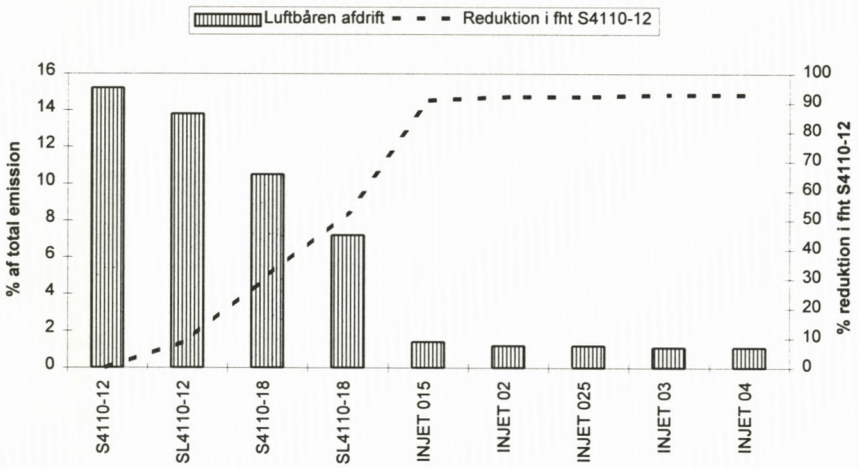
Forsøgene er udført i vindtunnel på Silsoe Research Institute, UK. Metodikken har været anvendelse af enkeltdyse, der traverseres i alt 5 gange på tværs af vindtunnelen i en højde af 0,50 meter med en hastighed på 2 m/s (svarende til 7,2 km/t). Der er påført en tværgående vindhastighed på 4 m/s, og der er benyttet Na Flourescin med et non-ionisk afspændingsmiddel (Agral) i en 0,1% opløsning som sporstof. Luftbåren afdrift er opsamlet i en afstand af 2 m fra dysen på 2 mm tykke plastsnore i henholdsvis 10, 20, 30, 40 og 50 cm højde (sum angivet). Sedimentationsafdrift er målt i 2 henholdsvis 3 meters afstand opsamlet på 0,45 x 1 m aluminiumsfolie (sum angivet). Alle værdier er normaliseret til 100 l/ha og er angivet som % af total udsprøjtet volumen. Der er udført i alt 4 gentagelser.

Resultater

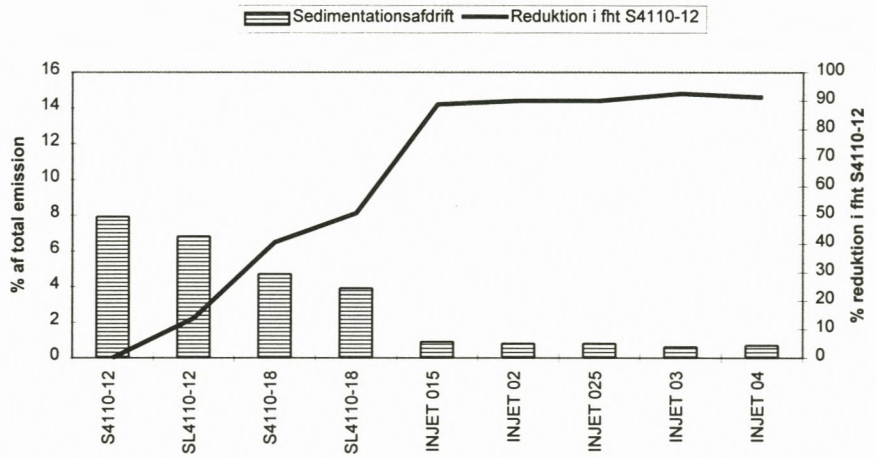
Resultaterne er vist i tabel 2 og figur 2 og 3.

Tabel 2. Reduktion i luftbåren og sedimentationsafdrift fra HARDI S4110 fladsprede-, SL4110 LowDrift- og INJET dyser. Reduction in air borne and sedimentation drift from HARDI S4110 flat fan, SL4110 LowDrift and INJET nozzles.

Dyse	Tryk bar	~Vand-mængde, l/ha	Luftbåren afdrift % af total emission	% reduktion i forhold til S4110-12	Sedimentations-afdrift % af total emission	% reduktion i forhold til S4110-12
S4110-12	2	105	15,2	-	7,9	-
SL4110-12	2	105	13,8	9,2	6,8	13,9
S4110-18	2,5	210	10,5	30,9	4,7	40,5
SL4110-18	2,5	210	7,2	52,6	3,9	50,6
INJET 015	3	105	1,4	90,8	0,9	88,6
INJET 02	3	140	1,2	92,1	0,8	89,9
INJET 025	3	170	1,2	92,1	0,8	89,9
INJET 03	3	210	1,1	92,8	0,6	92,4
INJET 04	3	275	1,1	92,8	0,7	91,1



Figur 2. Luftbåren afdrift fra HARDI S4110 fladsprede-, SL4110 LowDrift- og INJET dyser, samt reduktion heraf i forhold til S4110-12 fladspredедyse. Airborne drift from HARDI S4110 flat fan, SL4110 LowDrift, and INJET nozzles, and reduction thereof compared to S4110-12 flat fan nozzle.



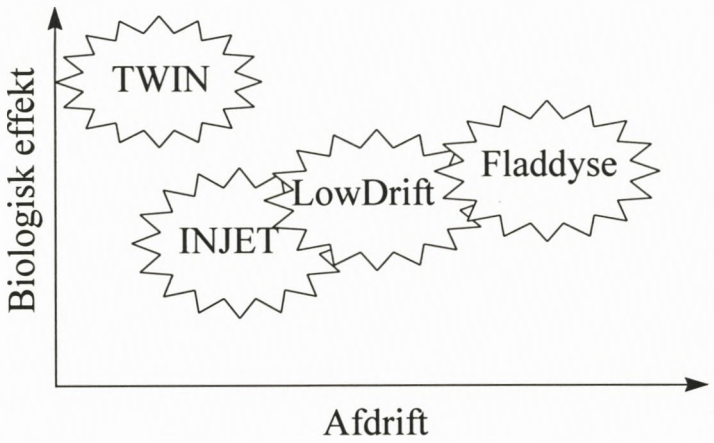
Figur 3. Sedimentationsafdrift fra HARDI S4110 fladsprede-, SL4110 LowDrift- og INJET dyser, samt reduktion heraf i forhold til S4110-12 fladsprededyse. Sedimentation drift from S4110 flat fan, SL4110 LowDrift, and INJET nozzles, and reduction thereof compared to S4110-12 flat fan nozzle.

Diskussion

Som det fremgår, er det muligt at reducere såvel luftbåren som sedimentationsafdrift med ca. 90% ved anvendelse af INJET dyser i forhold til en konventionel lille fladsprededyse. Lignende observationer er fundet for andre dysefabrikater af Knott (1998). Det mest interessante i denne sammenhæng er, at reduktionen i de to typer afdrift opnås med INJET dyser næsten uafhængigt af dysestørrelse, og noget tyder altså på, at venturi-princippet er ligeså effektivt til afdrift reduktion i alle dysestørrelser - eller uanset vandmængde.

Der rejses spørgsmål ved den biologiske effekt, der opnås med venturi-dyser. Knott (1998) konkluderer efter 3 års afprøvning, at der ikke er den store forskel i biologisk effekt mellem konventionelle og venturi-dyser. Forsøgene er imidlertid udført med ca. 200 l/ha og fuld dosering og siger måske mere om pesticidernes effektivitet end effekt af forskellig sprøjteteknik. Derfor er der - specielt i Danmark, hvor vandmængder på 100-120 l/ha ikke er usædvanlige - fortsat grund til at stille spørgsmål ved den biologiske effekt, idet det må formodes, at dækningsgraden vil være kritisk med venturi-dysernes særdeles grove forstøvning. Nedenfor er vist en mulig sammenhæng mellem afdrift reduktion og biologisk effekt ved specielt små vandmængder (figur 4).

Denne generalisering tager sig - for dysernes vedkommende - givetvis anderledes ud under stærke vindforhold, men giver dog anledning til at diskutere, hvorvidt en bestemt dysetype kan anvendes til alle formål og i alle situationer.



Figur 4. Indeks for afdrift vs. biologisk effekt. The drift - biological efficacy index.

Omvendt kan det udledes at sprøjtevinduet kan udvides betragteligt, idet LowDrift dyser kan anvendes indtil ca. 5 m/s og INJET dyser indtil ca. 8 m/s. Ved 8 m/s må man måske acceptere en lidt ringere effekt med INJET dysen, men står valget mellem nødvendigheden af at kunne sprøjte i dag under dårlige vindforhold, fremfor at vente måske flere dage indtil optimale sprøjtebetingelser indfinder sig, er INJET dysen en bedre løsning, fordi problemet da måske ellers vil være større og sværere at kontrollere selv med den bedst mulige sprøjteteknik.

HARDI TWIN kan som nævnt også reducere afdrift markant, men da man benytter almindelig fladsprededyser, sker der ikke det samme fald i den biologiske effekt (se f.eks. Knott, 1995 og May & Hilton, 1992), som må forventes med f.eks. INJET, idet afdrift reduktionen ikke baseres på ændret forstøvningsgrad.

Sammendrag

Afdrift vækker bekymring i de fleste Europæiske lande på grund af faren for, at pesticider forurener det omgivende miljø. Buffer zoner eller sprøjtefri bræmmer angives for de fleste pesticider - i visse lande er begrænsninger i brugen heraf koblet til den anvendte sprøjteteknik, og der har været et stigende behov for udvikling af afdrift reducerende sprøjteteknikker, herunder ikke mindst dyser.

Afdrift reduktionen er forskellig fra dyse til dyse. Idet afdrift består af to dele: luftbåren og sedimentationsafdrift, er det relevant ligeledes at understrege de forskellige dysetypers evne til at reducere de to elementer. Nye dyser af venturi-typen - også kaldet luftinjektionsdyser - som HARDI INJET har vist sig at være særdeles velegnede til at reducere såvel luftbåren som sedimentations afdrift.

Dansk Planteværn har i et bredt samarbejde mellem industrien, landbrugets organisationer, Danmarks JordbrugsForskning, Landbohøjskolen og Danmarks Miljøundersøgelser udgivet en vejledning (Anonym, 1998c) til sprøjteførere, hvor der bl.a. angives forskellige afdrift reducerende sprøjteteknikker (udgivet som delrapport til Bichel udvalgets arbejde angående udfasning af kemikalier i landbruget). Der er således taget initiativ til at gøre brugerne opmærksomme på de muligheder, der foreligger for at reducere afdriften - det kunne være interessant at se om det kunne føre til en officiel afprøvning og anerkendelse med tilhørende dispensationsmulighed for den ansvarlige landmand.

Litteratur

Anonym 1998a. Green Code. Code of Practice for the Safe Use of Pesticides on Farms and Holdings. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. Health and Safety Commission.

Anonym 1998b. Hjälpreda för bestämning af vindanpassat skyddsavstånd. Säkert växtskydd.

Anonym 1998c. God sprøjteadfærd. Tryksag til alle jordbrugere. Dansk Planteværn.

Hammar, O., Folkesson, Ö., Hagenvall, H., Nilsson, E. & Nilsson, IO. 1998. Bekämpningsmedel - användning, säkerhet och risker. Natur och Kultur/Statens Jordbruksverk.

Jensen, P.K. & Kirknel, E. 1997. Sammenligning af afdrift fra konventionel sprøjte, HARDI TWIN, Kyndestoft Airsprayer og Danfoil. 14. Danske Planteværnskonference 1997, SP rapport nr. 7 Pesticider og Miljø. Ukrudt. pp. 159-168.

Jørgensen, M.K. & Witt, K.L. 1997.Sprøjteteknik i relation til godkendelse og brug af pesticider i Nord Europa. 14. Danske Planteværnskonference 1997, SP rapport nr. 7 Pesticider og Miljø. Ukrudt. pp. 169-178.

Knott, C.M. 1995. Evaluation of downwards air assisted sprays in peas and beans. Brighton Crop protection Conference, Weeds, pp. 1099-1106.

Knott, L. 1998. Weniger Abtrift beim Ausbringen von Pflanzenshutzmitteln. Gesunde Pflanzen, 3 pp. 65-70.

May, M.J. & Hilton, J.G. 1992. New spray techniques for broad-leaved weed control. Aspects of Applied Biology, vol. 32.

Porskamp, H.A., Michielsen, J.M., Huijsmans, J.F., Zande & J.C.vd. 1995. Emissiebeperkende spuittechnieken voor de akkerbouw. De invloed van luctondersteuning, dopkeuze en teeltvrije zone de emissioe buiten hel perceel. IMGA-DLO rapport 95-19.

16. Danske Planteværnskonference 1999
Ukrudt

Diflufenican – det nye aktivstof med mange fordele

Diflufenican – the new beneficial active ingredient

Marianne Serritzlev og Oluf Juhl
Rhône-Poulenc Agro DANMARK A/S
Gladsaxevej 378
DK-2860 Søborg

Summary

In Denmark diflufenican (DFF) is a novelty within active ingredients which can be used for many different purposes. Denmark is one of the last countries in Europe to register diflufenican. By the registration of diflufenican the Danish farmers will have the possibility to use one of the most efficient herbicides available today.

When diflufenican is sprayed on the soil it will leave a thin layer on the surface, and the shoots of the germinating weeds will get in contact with and absorb the product. Used post emergence, the product penetrates the foliar tissues.

Diflufenican inhibits the phytoene dehydrogenase, a key enzyme of the carotenoid biosynthesis. The first symptoms after treatment are an extensive discoloration or whitening of new growth of weeds.

Diflufenican is always used in mixtures with other active ingredients, and this will give an even broader efficacy. By using diflufenican the Danish farmers can reduce the re-treatment frequency, and thereby reduce the total use of chemicals.

Diflufenican will in the future be one of the most commonly used active ingredients in Danish cereal growing.

Indledning

Diflufenican er i efteråret 1998 blevet godkendt til ukrudtsbekæmpelse. Diflufenican anvendes *altid* i blanding med andre aktivstoffer og kan derfor anvendes i forskellige sammenhænge. Diflufenican indgår i, eller kommer til at indgå i, produkter, der anvendes i vintersæd både om foråret og om efteråret, i vårsæd, i skovbrug, på planteskoler samt på alle former for udyrkede arealer, herunder gårdspladser.

Fordi diflufenican altid anvendes i blanding med andre aktivstoffer, omhandler de første sider udelukkende aktivstoffet i sin rene form, den mere brugsrettede anvendelse behandles på produktsiderne.

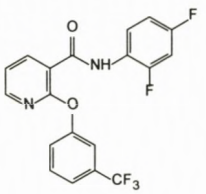
Ukrudtseffekt

Diflufenican har et meget bredt ukrudtsspektrum, og blandet med de rigtige aktivstoffer opnås færdigprodukter med en helt unik tilpasning til de enkelte anvendelsesområder. I kornmidlerne blandes diflufenican med f.eks. ioxynil og bromoxynil (Oxitril), eller med et andet i den række af nye stoffer, der forventes registreret i de kommende år. I skovbrug, på planteskoler, på udyrkede arealer og på gårdspladser blandes med f.eks. glyphosat.

Aktivstof

Diflufenican i sin rene form er et krystallinsk, hvidt, lugtløst stof. I brugsformen er stoffet mikroformalet og formuleret i vandige formuleringer (suspensioner) sammen med formulerings- og bærestoffer.

Molekylærformlen for diflufenican er: $C_{19}H_{11}F_5N_2O_2$



Diflufenicans miljødata

Toksikologi

Diflufenican har i test på rotter vist en lav akut toksicitet ved dosering oralt, dermalt, intraperitonealt samt ved inhalation. Diflufenican er ikke hud- og øjenirriterende i test udført på kaniner. I en sensibiliseringstest udført på marsvin var diflufenican negativ.

Art	Test	Resultat
Rotte	Oral LD_{50}	> 2000 mg/kg
Kanin	Oral LD_{50}	> 5000 mg/kg
Hund	Oral LD_{50}	> 5000 mg/kg
Rotte	Dermal LD_{50}	> 2000 mg/kg
Rotte	Inhalation LC_{50}	> 2,34 mg/l

Diflufenican er testet i langtidsforsøg på rotter, mus og hunde. Der er ligeledes udført studier til påvisning af mutagene-, kræftfremkaldende- og fosterbeskadigende effekter samt for reproduktionsskadende effekter. Resultaterne af disse undersøgelser har medført, at diflufenican er vurderet til **ikke** at være særlig farlig for sundheden, hvorfor diflufenican ikke skal indplaceres i en fareklasse eller have en farebetegnelse.

Økotoksikologi

Diflufenican har ingen uacceptable effekter på miljøet.

Art	Test	Resultat
And	LD_{50}	> 4000 mg/kg
Vagtel	LD_{50}	> 2150 mg/kg
Regnbue ørred	LC_{50} (96 timer)	56–100 mg/l
Karpe	LC_{50} (96 timer)	75 mg/l

Der er heller ikke observeret nogen påvirkning af micro-arthropoder (jordboende organismer) eller mikroorganismer, selv ikke ved doseringer, der langt overstiger den normalt anvendte.

Nedvaskning

Nedvaskningsrisikoen er meget lille. Både diflufenican og de metabolitter (nedbrydningsprodukter), der dannes, bindes meget kraftigt i de øverste jordlag, og sammenholdt med en lav vandopløselighed betyder dette, at risikoen for udvaskning er særdeles lav.

Testparameter	Værdi
Binding i jord	K_{OC} = 1600–2400
Opløselighed i vand	< 0,05 mg/l

Lavdosis-middel – reduceret mængde aktivstof/ha

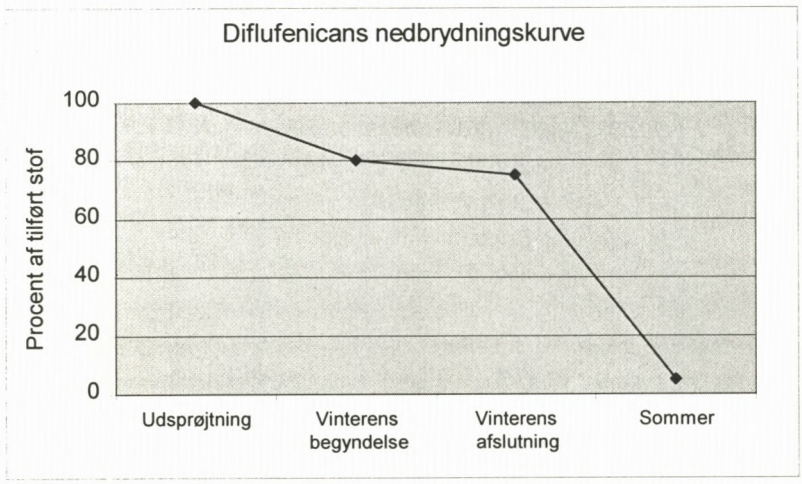
Diflufenican har en høj effektivitet og en særdeles god langtidseffekt. Anvendes diflufenican midler i vintersæd om efteråret, betyder den unikke langtidseffekt, at den procentdel af arealet, der må genbehandles om foråret, nedsættes markant.

Anvendes diflufenican midler i vårsæd eller vintersæd om foråret, kan behandlingen foretages tidligt uden risiko for nyfremspiring, og ved tidlig behandling kan doseringen endog nedsættes.

Derfor vil anvendelsen af diflufenican ikke blot sætte nye standarder inden for ukrudtsbekæmpelse men også være med til at reducere den totale mængde aktivstof anvendt pr. hektar.

Nedbrydning i jord

Diflufenicans nedbrydning er afhængig af jordtemperaturen. Under lune forhold er nedbrydningen middelhurtig, hvorimod nedbrydningen under kolde forhold er langsom.



(The degradation curve for diflufenican)

Ovenstående kurve viser en skematisk fremstilling af diflufenicans principielle nedbrydningskurve. Det præcise forløb er afhængigt af temperatur, jordtype og jordfugt, og vil derfor variere fra ovenstående. Diflufenican akkumuleres ikke i jorden.

Risiko for nedvaskning af diflufenican eller nedbrydningsprodukter

Diflufenican bindes meget kraftigt i de øverste jordlag. Risikoen for nedvaskning af diflufenican blev først undersøgt i et kolonneforsøg i laboratoriet. 94-95% af det tilsatte diflufenican forblev i de øverste 5 cm jord, selv efter tilsætning af store mængder vand.
Derefter blev det undersøgt, hvorvidt de to væsentlige metabolitter havde nogen risiko for at udvaskes. Det var tydeligt, at begge metabolitter er mere mobile end diflufenican, men da de dannes i små mængder under nedbrydningen, og ligeledes hurtigt omdannes videre, anses de ikke for at have noget nedvaskningspotentiale.

Der er desuden lavet nogle markforsøg, hvor 250 g diflufenican/ha er givet til forskellige jordtyper. 89-94% af den udbragte mængde blev fundet i de øverste 2 cm, og der blev ikke fundet noget diflufenican dybere end 5 cm.

Risikoen for nedvaskning blev ligeledes undersøgt i et lysimeterforsøg, hvor man også så på ældet diflufenican (for at sikre, at også metabolitterne ville være tilstede). Igen var der ingen bevægelse af diflufenican, hvorimod der kunne konstateres en vis bevægelse af de to metabolitter, nicotinamiden og nicotinsyren. Kun nicotinsyren nåede ned til det udvaskede vand, men i en meget lille koncentration (0,008 ppm).

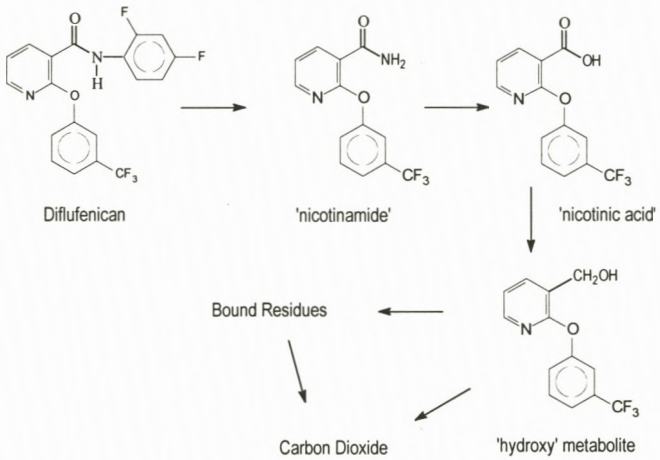
I forsøg til belysning af nedvaskningsrisikoen ved gennemskylning med store mængder vand fandtes 89-94% af den udbragte mængde i de øverste 2 cm - der er *aldrig* fundet diflufenican dybere end 5 cm.

Det er det første trin i nedbrydningen, som er hastighedsbestemmende (fra diflufenican til nicotinamide), da nedbrydningen af de næste trin i rækken går hurtigere end det første trin.

Nedbrydningen foregår konstant og kontinuert, da der i nedbrydningsforsøget konstant dannes CO_2, der er det optimale slutprodukt af nedbrydningen (total mineralisering).

Samme nedbrydningsforløb ses i vand/sediment, her går det bare meget langsommere. Det gælder også for den anaerobe nedbrydning.

Da nedbrydningen af metabolitterne går langt hurtigere end nedbrydningen af diflufenican, er der ingen risiko for akkumulering af nedbrydningsprodukter, så selv om metabolitterne bindes mindre kraftigt end diflufenican, anses disse ikke for at kunne nedvaskes.



Optagelse

Diflufenican optages både via jord og blade. Jordoptagelsen foregår ved, at diflufenican efter udsprøjtning danner en "film" i de allerøverste jordlag (få mm). Når ukrudtsplanten trænger igennem det behandlede lag, kommer den i kontakt med midlet, og optagelsen sker gennem plantens vækstpunkter og øverligt placerede rødder. Allerede fremspirede planter kan også optage diflufenican, når rødderne kommer i kontakt med midlet i de øverste jordlag. God jordfugt eller regn efter udsprøjtning giver en forbedret kontakt, og derved en øget effekt.

Fremspirede ukrudtsplanter kan ligeledes optage diflufenican gennem bladene. Efter udsprøjtning trænger diflufenican ind i planten og akkumuleres i skudspidser og vækstpunkter. Optagelsen sker langsomt, hvorfor synlig effekt i mange tilfælde først kan ses efter flere uger. Herudover ses en kontaktvirkning på yngre plantedele.

Virkningsmekanisme

Diflufenican virker ved at hæmme phytoen dehydrogenasen, hvilket er et nøgleenzym i carotenoid biosyntesen. De gule carotenoid pigmenter har forskellige funktioner i planten,

især absorption af lys til fotosyntesen samt beskyttelse af planten mod "afbrænding" på grund af overeksponering af lys. I fravær af carotenoid pigment blokeres dannelsen af chlorofyl, hvorved fotosyntesen hæmmes. Da carotenoider produceres i skudspidserne, er det her, diflufenican virker.

Diflufenican kan *ikke* ødelægge allerede dannede carotenoider, kun forhindre dannelsen af nye. Derfor kan der gå nogen tid fra udbringning af diflufenican til synlig effekt og herefter igen nogen tid, inden planten visner og forsvinder. Derfor virker diflufenican bedst og hurtigst på småt ukrudt.

Synlig effekt

Det er meget let at se, når diflufenican har virket. Fremspiret ukrudt får karakteristiske hvide områder på bladene, begyndende på nytilvækst. Små ukrudtsplanter kan blive helt hvide, inden de visner væk, medens større ukrudtsplanter får et sammentrykt, hvidspættet udseende og kan stå i flere uger, inden de visner. Efter behandling med diflufenican kan nyt ukrudt spire frem på helt normal vis, for så at få de karakteristiske symptomer. Endelig vil en stor del af ukrudtet aldrig komme over jordoverfladen men blive bekæmpet i fremspiringsfasen.

Selektivitet

Selektiviteten over for afgrøden opstår ved, at kulturplanterne optager ganske lidt diflufenican. I ganske få tilfælde kan der komme en forbigående lysfarvning eller lyse pletter på afgrøden, men denne påvirkning forsvinder i løbet af få dage og er uden betydning.

Anvendes diflufenican som jordmiddel, kommer kerner og frø ikke i kontakt med midlet, da de er placeret under det behandlede lag. Under fremspiring beskytter koleoptilen meristemet. Kerner, der ligger ubeskyttede på jordoverfladen, kan få spiren ødelagt ved fremspiring, blot få mm jorddække er nok til at forhindre dette.

Jordtype og klimabetingelser

Da diflufenican optages både som jord og bladmiddel har jordtypen en vis betydning. Der opnås god og sikker jordeffekt på mineraljorder, hvorimod jordeffekten vil være nedsat på humusjorder. Temperaturen omkring udsprøjtningstidspunktet er af mindre betydning, men vokser planterne langsomt, er effekten længe om at kunne erkendes, hvorimod kraftig plantevækst vil medføre hurtig effekt. God jordfugt på sprøjtetidspunktet er med til at sikre god optagelse og effekt. Under tørre forhold kan effekten nedsættes. Kommer der regn i perioden kort efter udsprøjtning, vil dette være at betragte som god jordfugt.

Ukrudtsarter

Diflufenican giver en meget sikker effekt på mange vigtige ukrudtsarter. Nedenstående skema viser effekten af diflufenican under gode forhold. Den bedste effekt opnås, når der sprøjtes på ukrudt omkring fremspiringsfasen og ved vækststart

Effekten af ren diflufenican

(The efficacy of pure diflufenican)

Specialist **> 90% effekt**	**Meget god effekt** **85-90% effekt**	**God effekt** **70-85% effekt**	**Nogen effekt** **50-70% effekt**	**Ingen effekt** **< 50% effekt**
Stedmoder	Agersennep	Burresnerre	Vindaks	Hanekro
Forglemmigej	Fuglegræs	Bleg pileurt		Kornblomst
Hyrdetaske	Kamille	Fersken pileurt	Enårig rapgræs	Agerrævehale
Hønsetarm	Tvetand	Raps	(*forår*)	
Pengeurt		Snerle pileurt		
Ærenpris	Enårig rapgræs	Vej pileurt		
	(*efterår*)	Valmue		

De enkelte produkter, hvori diflufenican indgår, vil have en bredere og mere komplet effektprofil.

Langtidseffekt

Diflufenican har et bredt virkningsspektrum, men den allervigtigste egenskab er den helt unikke langtidseffekt. Afhængig af dosering og udbringningsforhold giver diflufenican sikkerhed mod nyfremspiring i lang tid.

De doseringer, der anvendes i vårsæd, giver effekt i op til en måned.

De middelhøje doseringer, der anvendes i vintersæd, sammenholdt med en relativt langsom nedbrydning om vinteren, betyder, at der sikres mod en tidlig forårsfremspiring. De allerhøjeste doseringer anvendes på udyrkede arealer og giver effekt hele sommeren.

Opbevaring og opblanding

Produkter med diflufenican vil som regel være vandbaserede formuleringer og skal derfor opbevares frostfrit. Som alle andre midler, skal diflufenican midler opbevares forsvarligt i et aflåst rum, også uden for sprøjtesæsonen.

Ved opblanding fyldes sprøjten halvt med vand, og produktet iblandes under omrøring. Ved opblanding skal arbejdstilsynets krav til sikkerhedsudstyr følges. Ved udsprøjtning med lukket førerhus, anvendes sikkerhedsudstyr kun uden for traktoren.

Rengøring af sprøjteudstyr

Sprøjteudstyr anvendt til diflufenican produkter kræver ikke særlige rengøringsmidler. Normal rengøring ved gennemskylning med flere hold vand (foretages bedst i marken, med medbragt skyllevand), efterfulgt af rengøring med almindelig sprøjterens, er tilstrækkeligt.

Anvendelse af diflufenican

Diflufenican vil i fremtiden anvendes i en lang række produkter. Følgende produkter er p.t. godkendt:

Zeppelin : 40 g diflufenican/kg
160 g glyphosat/kg

Zeppelin - til ukrudtsbekæmpelse på gårdspladser, udyrkede arealer, skovkulturer, vejkanter, jernbanelegemer samt ikke spiselige havebrugs- og planteskolekulturer.
Zeppelin indeholder ud over diflufenican, også glyphosat, og anvendes hvor der ønskes en langtidsholdbar totalukrudtsbekæmpelse. Den bedste effekt opnås, når der behandles tidligt forår på fugtig jord. Da Zeppelin indeholder glyphosat, er det nødvendigt at anvende en udbringningsteknik, der sikrer, at sprøjtedushen ikke rammer beplantning, der kan skades. Når der skal behandles tæt på beplantning samt i juletræsbeplantninger, skal der således anvendes afskærmet sprøjtning. Nedenstående skema viser, hvordan Zeppelin anvendes og doseres.

Anvendelse og dosering
(Usage and Dose Rates)

Anvendelse	**Dosering**	**Sprøjtetidspunkt**	**Udsprøjtning**
Ikke spiselige havebrugs- og planteskolekulturer.	**Marksprøjte:** 2,5-5,0 kg/ha **Rygsprøjte:** 125-250 g/500 m^2 **Vandkande m/spredebom:** 20-40 g/80m^2	Februar til maj, når ukrudtet er i vækst, og temperaturen er over 2-4°C, men inden knopbrydning i vedagtige kulturer og juletræer. Supplerende behandling kan foretages i august-september. **Alle** behandlinger skal ske ved skærmet sprøjtning (kulturer, herunder rodskud af planter, der ikke ønskes bekæmpet, må ikke rammes).	**Marksprøjte:** Der anvendes 150 l vand pr. ha og low-drift dyser. **Rygsprøjte:** 10-15 l vand rækker til ca. 500 m^2 **Vandkande med spredebom:** 10 l vand rækker til ca. 80 m^2. Vand kun på det, der skal bekæmpes. ***Bemærk:*** *Denne metode er ikke så sikker som mark- og rygsprøjte.*
Skovkulturer.	**Marksprøjte:** 5,0 - 7,0 kg/ha **Rygsprøjte:** 250-350 g/500 m^2 **Vandkande m spredebom:** 40-56 g/80 m^2		
Gårdspladser og udyrkede arealer, herunder vejkanter og jernbanelegemer.	**Marksprøjte:** 7,0 kg/ha **Rygsprøjte:** 350 g/500 m^2 **Vandkande m/spredebom:** 56 g/80 m^2	Tidligt forår på nyfremspiret ukrudt, når jorden er godt fugtig. Eventuel supplerende behandling kan foretages i august-september.	

DFF•Oxitril

DFF•Oxitril DFF : 500 g diflufenican/l
Oxitril: 200 g ioxynil/l
200 g bromoxynil/l

DFF•Oxitril leveres i en praktisk Twin-Pack indeholdende 4,0 l Oxitril og 0,8 l DFF (diflufenican 500g/l). DFF•Oxitril anvendes til ukrudtsbekæmpelse i vintersæd forår og efterår samt i vårsæd.

Nedenstående skema giver forslag til dosering af DFF•Oxitril i forskellige anvendelsesområder.

Anvendelse og dosering

(Usage and Dose Rates)

	Afgrøde		
	Vårsæd + vintersæd tidligt efterår	**Vårsæd + vintersæd sent efterår**	**Vintersæd forår**
	Ukrudtets udvikling (løvblade)		
Ukrudtsproblem	**Op til 2 blade**	**3-4 blade**	**2-4/4-6 blade**
Stedmoder Forglemmigej Fuglegræs Haremad Hvidm. gåsefod Hyrdetaske Kamille Kornblomst Pengeurt Tvetand Ærenpris Bleg pileurt Fersken pileurt Hanekro [1] Burresnerre [2]	0,05 l DFF + 0,25 l Oxitril	0,08 l DFF + 0,4 l Oxitril	0,1/0,12 l DFF + 0,5/0,6 l Oxitril
Agersennep Limurt Snerle pileurt Raps Valmue Vej pileurt Enårig rapgræs [3]	0,08 l DFF + 0,4 l Oxitril	0,12 l DFF + 0,6 l Oxitril	0,12/0,15 l DFF + 0,6/0,75 l Oxitril

1) Ved forekomst af hanekro tilsættes ¼ dosis minimiddel.

2) Ved forekomst af burresnerre tilsættes 0,2-0,5 l Starane 180.

3) Ved de højeste doseringer og gode fugtighedsforhold opnås en kraftig hæmning af enårig rapgræs med op til 3-5 blade.

Om foråret anvendes DFF•Oxitril i vintersæd i de første uger efter vækststart. DFF´s langtidseffekt sikrer, at der ikke fremspirer nyt ukrudt efter sprøjtning. DFF•Oxitril bekæmper en lang række ukrudtsarter, særligt skal fremhæves den helt unikke effekt over for stedmoder. Forglemmigej, tvetand, hyrdetaske og ærenpris hører ligeledes til ukrudtsarter, hvor effekten er helt i særklasse. Små planter af enårig rapgræs hæmmes af behandlingen, hvorimod der ikke må forventes effekt på store planter samt kulturgræsser.

I vårsæd kan DFF•Oxitril anvendes, så snart sprøjtesporene kan ses. Fremspiret ukrudt bekæmpes effektivt, og langtidseffekten sikrer, at der ikke spirer nyt ukrudt frem. I 1999 vil der blive lavet forsøg til belysning af selektiviteten over for frøgræsser, da langtidseffekten vil være et vigtigt aktiv i renholdelse af frøudlægsmarker.

I vintersæd om efteråret anvendes DFF•Oxitril, så snart sprøjtesporene kan ses. Da diflufenicans nedbrydning er relativt langsom i vinterperioden, kan effekt forventes også om foråret, når der anvendes en dosering på mere end 50 g diflufenican/ha (0,1 l DFF). Effekten over for især vinterannuelle ukrudtsplanter er særdeles god, og anvendes DFF•Oxitril om efteråret fås en meget god effekt imod enårig rapgræs.

Produkter, der forventes registreret

Capture til ukrudtsbekæmpelse i vårsæd
50 g diflufenican/l
200 g ioxynil/l
300 g bromoxynil/l

Bacara til ukrudtsbekæmpelse i vintersæd om efteråret
100 g diflufenican/l
250 g flurtamone/l

Konklusion

Med registreringen af diflufenican og de produkter, der heraf følger, er der adgang til en lang række helt unikke midler. Den gode langtidseffekt betyder, at genbehandlingsfrekvensen af vintersæd om foråret vil falde, og sammenholdt med den meget fine miljøprofil samt den høje grad af effektivitet betyder dette, at der vil ske en kraftig ændring inden for ukrudtsbekæmpelse i de kommende år.

Primus* - et nyt bredspektret burresnerre-middel til korn

Primus* - a new broadspectrum *Galium aparine* product in cereals

Jacob Bennet & Anders Mondrup
Dow AgroSciences Danmark A/S
Sorgenfrivej 15
DK-2800 Lyngby

Summary

Primus is a new post-emergence broadleaf weed herbicide for use in cereals and grasses. It provides very effective control of *Galium aparine, Matricaria spp., Stellaria media, Polygonum convolvulus, Papaver rhoeas, Myosotis arvensis, Brassica spp.* and other weeds at very low dose rates. Primus is highly selective in both winter and spring cereals and can be used post-emergence in spring over a long application period (BBCH 12-39), starting very early at the beginning of vegetation.

Primus has received a biological approval by the Danish Institute of Agricultural Sciences.

Primus belongs to the 1-5 C triazolopyrimidine sulfonanilide herbicides and is under development in all Nordic and Baltic countries.

Primus can be mixed with most known herbicides, fungicides and insecticides.

Indledning

Det aktive stof i Primus er florasulam (foreslået ISO-trivialnavn). Florasulam hører til triazolopyrimidin gruppen af herbicider. Det er i øjeblikket under udvikling til bekæmpelse af tokimbladet ukrudt, inklusive burresnerre *(Galium aparine),* efter fremspiring i kornafgrøder. Produktet er indsendt til registrering i EU og er provisorisk godkendt i Belgien. Desuden er Primus registreret i Schweiz, Polen og Rumænien.

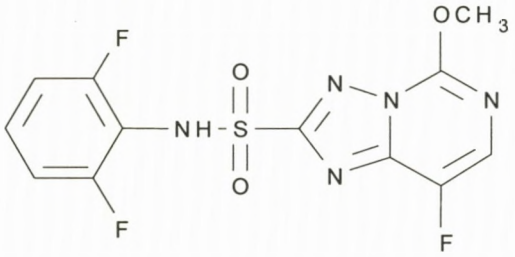
Det præsenterede produkt, Primus, er en SC formulering med 50 g/l florasulam. Den anbefalede dosering vil være mellem 75 - 150 ml/ha (3,75 - 7,5 g aktivt stof/ha).

Det aktive stofs kemiske, toksiske og biologiske egenskaber beskrives kort i efterfølgende afsnit.

*Trademark - Dow AgroSciences

Kemiske egenskaber

Foreslået ISO-trivialnavn	florasulam



Kemisk gruppe	triazolopyrimidine
Kemisk beskrivelse (CA)	N-(2,6-diflurophenyl)-8-fluoro-5-methoxy (1,2,4)triazolo(1,5-C)pyrimidine-2-sulfonamide

Toksikologi

Akut toksicitet:

Oral indgift (Rotte)	LD_{50}>5000 mg/kg
Indgift gennem huden (Kanin)	LD_{50}>2000 mg/kg
Hudirritation	negativ
Øjenirritation	negativ
Genotoksicitet	negativ

Subkronisk toksicitet:

Rotte 90 dages fodringsforsøg	NOEL 100 mg/kg kropsvægt/dag
Mus 90 dages fodringsforsøg	NOEL 100 mg/kg kropsvægt/dag

Adfærd i miljø

Fugle:

Akut oral toksicitet	LD50 i vagtel: 1045 mg/kg kropsvægt
Toksicitet på kort sigt (fodringsforsøg)	LC50 i vagtel: >5000 mg/kg foder LC50 i gråand: >5000 mg/kg foder

Vandorganismer:

Akut toksicitet for fisk	96 timer LC50 regnbueørred: >100 mg/l
Akut toksicitet for dafnie	48 timer EC50 (immobilisering): >292 mg/l
Alger	toksisk

Leddyr:

Akut toksicitet for bier	48 timers kontakt LD50: >100 µg as/bi
Akut toksicitet for regnorme	14 dage/LC50: >1320 mg/kg

Halveringstid, jord:

Laboratorium (DT_{50})	<1-4,5 dage
Mark (DT_{50})	2-18 dage

Sædskifte

Primus anvendt i mængder på 300 ml/ha (15 g aktivt stof/ha) i kornafgrøder har vist sig at være sikkert for efterfølgende dyrkning af raps, dyrket under normal landbrugsteknisk praksis. Sukkerroer, bønner og ærter er også blevet dyrket i sædskifte efter kornafgrøder behandlet med Primus uden nogen form for påvirkning af afgrøden.

Adfærd i planter

Efter behandling med Primus optages det aktive stof florasulam hurtigt og fordeles i planten. Transporten sker både i xylem og phloem.

Selektiviteten i korn er baseret på en hurtigere metabolisme af florasulam i forhold til de ukrudtsplanter, som ønskes bekæmpet. Halveringstiden i hvede er 3,5 timer, i burresnerre *(Galium aparine)* 48 timer. I kornplanten nedbrydes stoffet hurtigt til ikke fytotoksiske stofskifteprodukter. Der er ikke fundet restkoncentrationer i korn.

Virkemåde

Primus indgår i gruppen af triazolopyrimidin herbicider, en gruppe af midler, som vides at hæmme planteenzymet acetolactat synthase (ALS), et centralt enzym i biosyntesen for de forgrenede kædeaminosyrer leucin, isoleucin og valin.

Krydsresistensen til andre herbicider af gruppen ALS hæmmere er nøje undersøgt. Der er ikke forekommet nogle eksempler på arter med krydsresistens. I alle laboratorieundersøgelser var ALS-resistente og ikke-resistente fuglegræsser *(Stellaria media)* lige følsomme over for Primus.

Forsøg

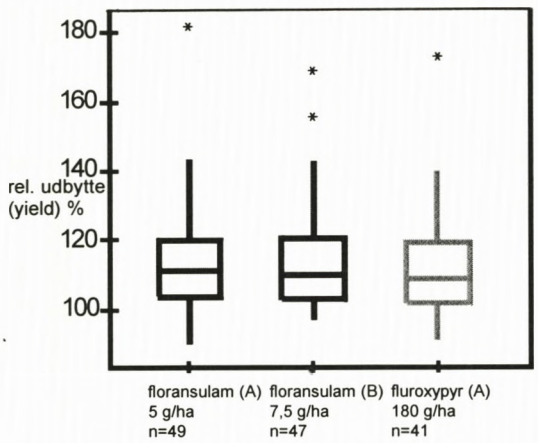
I perioden 1991 - 1998 er der blevet foretaget omfattende markforsøg i Danmark og i andre europæiske lande. Efterfølgende resultater er hentet fra forsøg i Tyskland og Danmark. Primus er blevet anvendt i en SC-formulering med et indhold på 50 g florasulam pr. liter.

Der blev foretaget behandling på to forskellige tidspunkter om foråret, tidspunkt A mellem begyndende vækst og BBCH 31, tidspunkt B mellem BBCH 32 og 39. Fluroxypyr (Starane®) blev brugt til sammenligning.

Udbytteforsøg

Primus er selektivt i alle kornarter. Hverken på forskellige tidspunkter eller behandling med øgede doseringer er der konstateret påvirkninger af afgrøderne hvede, byg, rug, havresorter og triticale. Udbyttemålingerne bekræftede den sikre selektivitet.

Resultaterne i figur 1 viser tilsvarende gennemsnits udbytteforøgelser (+ 15%), som er de samme som for Starane. Denne sikre selektivitet tillader brug af produktet i en lang periode fra fremspiringen indtil synligt flagblad.

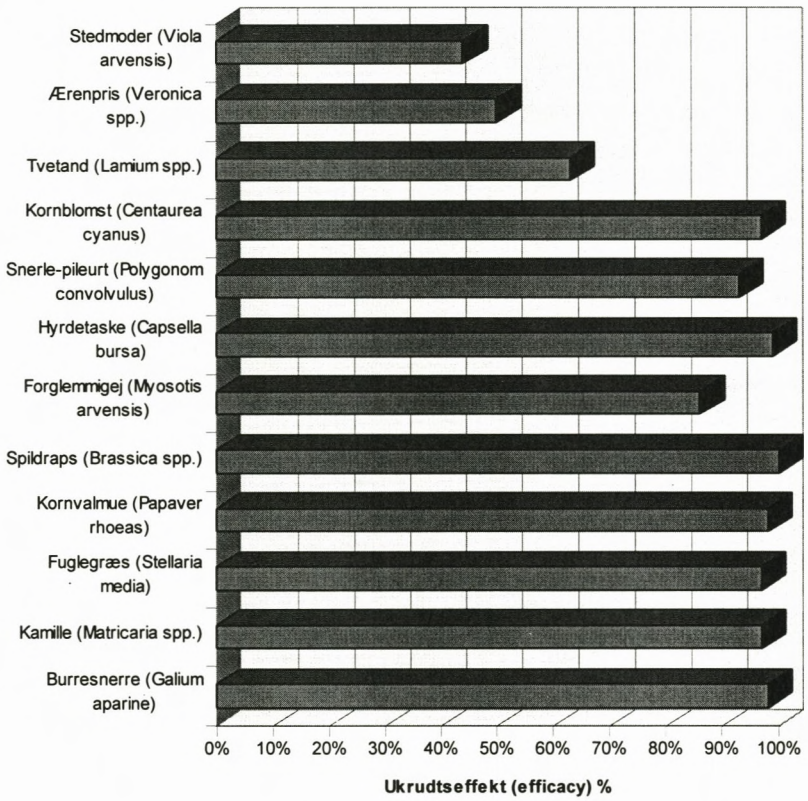


Figur 1. Udbytteresultater (rel. udbytte i % i forh. til ubehandlet) ved anvendelse af Primus i vintersæd, 5 g aktivt stof/ha på tidspunkt A (indtil BBCH 31) og 7,5 g aktivt stof/ha på tidspunkt B (mellem BBCH 32 og 39) ved tyske forsøg 1991 - 1997. Yield results (rel. yield in % vs. control) from applications of Primus in winter cereals, 5 g ai/ha at timing A (up to BBCH 31) and 7.5 g ai/ha at timing B (from BBCH 32 to 39) in German trials 1991 - 1997.

Effektivitet

Effektivitet i vinter- og vårsæd

Ved dosering svarende til 5,0 g aktivt stof/ha giver Primus en fremragende bekæmpelse af en række tokimbladede ukrudtstyper (figur 2). Blandt disse er de ellers svært bekæmpbare ukrudtstyper såsom burresnerre *(Galium aparine)*, kamille *(Matricaria spp.)*, spildraps *(Brassica spp.)*, fuglegræs *(Stellaria media)*, snerle-pileurt *(Polygonum convolvulus)*, kornblomst *(Centaurea cyanus)* og kornvalmue *(Papaver rhoeas)*.

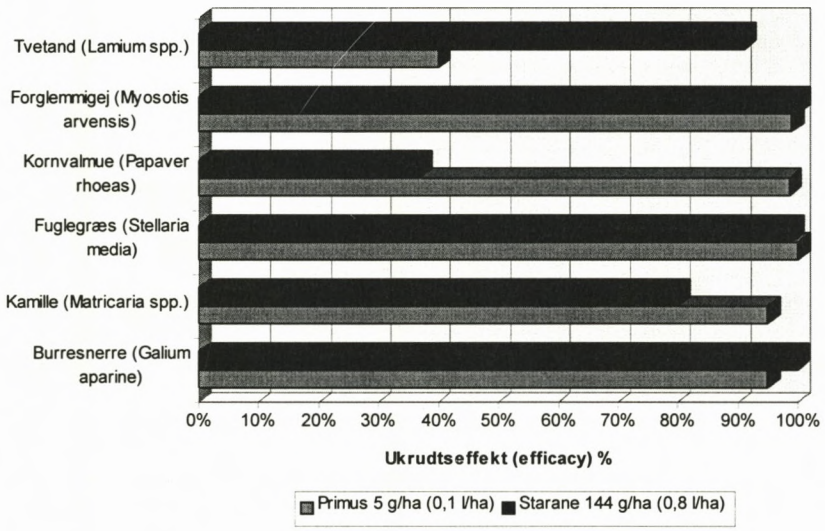


Figur 2. Effekt ved tyske forsøg 1991 - 1997 (n=205) i både vinter- og vårsæd ved 5 g/ha på tidspunkt A (indtil BBCH 31). Efficacy from German trials 1991 - 1997 (n=205) in both winter and spring cereals at 5 g/ha at timing A (up to BBCH 31).

Det optimale tidspunkt er tidlig behandling og indtil afgrødestadium BBCH 31 for vintersæd og BBCH 29 for vårsæd. Til større mængder ukrudt på tidspunkter fra BBCH 32 til BBCH 39, kræves der en større dosis. Mindre følsomme ukrudtsarter blev hæmmet i væksten og udviste reduceret evne til at konkurrere med afgrøden.

Symptomer på ukrudtsarter ses i kolde perioder efter 2-3 uger, og virkningen af aktivstoffet starter ved begyndende vækst i planterne om foråret. Der ses en hurtigere virkning ved højere temperaturer.

Også danske forsøg viser god effekt over for ukrudt, som normalt er svært at bekæmpe. Resultaterne i figur 3 er angivet i sammenligning med Starane.



Figur 3. Effekt ved danske forsøg i vintersæd både ved tidspunkt A (op til BBCH 31) 1997 - 1998 (n=18) Danmarks JordbrugsForskning. Efficacy from Danish trials in winter cereals at Timing A (up to BBCH 31) 1997 - 1998 (n=18) Danish Institute of Agricultural Sciences.

De danske resultater fra 1997 og 1998 viser, at Primus giver over 90% effekt over for burresnerre *(Galium aparine),* kamille *(Matricaria spp.),* fuglegræs *(Stellaria media),* kornvalmue (*Papaver rhoeas)* og forglemmigej *(Myosotis arvensis).*

Effekt over for burresnerre

Burresnerre *(Galium aparine)* bekæmpes med sikker effekt af Primus. Effekten afhænger af ukrudtets og afgrødens vækststadie (se tabel 1). Ved tidspunkt A (op til stadie BBCH 31 for

afgrøden og en ukrudtsstørrelse <20 cm for burresnerre), en effekt på 98% kunne opnås med en dosis på 5 g aktivt stof/ha i 89 tyske forsøg.

En stor dosis Starane viste en tilsvarende effekt på dette tidspunkt. Ved senere anvendelse er effekten lettere reduceret for Primus. Starane var overlegen på dette tidspunkt med en effekt på 99%.

Tabel 1. Effekt på burresnerre i vintersæd med forskellige doser og tidspunkter i tyske forsøg 1991 - 1997 (antal forsøg). Efficacy on *Galium aparine* in winter cereals at different dose rates and timings in German trials 1991 - 1997 (number of trials).

Dosering i g as/ha Dose rate in g ai/ha	Primus 5 g	Primus 7.5 g	Starane 180 g
Burresnerre - *Galium aparine* (< 20 cm) timing A (up to BBCH 31)	**98** (89)		**98** (72)
Burresnerre - *Galium aparine* (> 20 cm) timing B (from BBCH 32 to 39)		**93** (58)	**99** (12)

Effekt på kamille

I tillæg til dets gode effekt over for burresnerre *(Galium aparine),* giver Primus også en glimrende kontrol af kamille *(Matricaria spp.).* Resultaterne varierer afhængigt af tidspunktet (se tabel 2). Anvendt tidligt giver Primus en effekt på 97%. Starane er her underlegen.

Anvendt senere ses en lettere reduceret effekt. Der er ikke observeret forskelle i effekten af Primus over for forskellige kamillearter *(Matricaria spp.).*

Tabel 2. Effekt på kamille i vintersæd ved forskellige doser og tidspunkter i tyske forsøg 1991 - 1997 (antal forsøg). Efficacy on *Matricaria spp.* in winter cereals at different dose rates and timings in German trials 1991 - 1997 (number of trials).

Dosering i g as/ha Dose rate in g ai/ha	Primus 5 g	Primus 7.5 g	Starane 180 g
Kamille – *Matricaria spp.* timing A (up to BBCH 31)	**97** (29)		**61** (25)
Kamille – *Matricaria spp.* timing B (from BBCH 32 to 39)		**87** (28)	

Effekt over for fuglegræs

Primus giver også en glimrende bekæmpelse af fuglegræs *(Stellaria media).* Tabel 3 viser, at effekten er den samme som med Starane.

Tabel 3. Effekt på fuglegræs i vintersæd ved forskellige doser og tidspunkter i tyske forsøg 1991 - 1997 (antal forsøg). Efficacy on *Stellaria media* in winter cereals at different dose rates and timings in German trials 1991 - 1997 (number of trials).

Dosering i g as/ha Dose rate in g ai/ha	Primus 5 g	Primus 7.5 g	Starane 180 g
Fuglegræs – *Stellaria media* timing A (up to BBCH 31)	**97** (47)		**96** (36)
Fuglegræs – *Stellaria media* timing B (from BBCH 32 to 39)		**91** (29)	**93** (1)

Effektspektrum

Forsøg i Danmark og rundt om i Europa har demonstreret, at florasulam er et både yderst selektivt og effektivt nyt molekyle:

Meget god effekt (>95%)	God effekt (85-95%)	Middel effekt (50-85%)
Burresnerre *(Galium aparine)*	**Kornblomst** *(Centaurea cyanus)*	**Stedmoder** *(Viola arvensis)*
Kamille *(Matricaria spp.)*	**Hanekro** *(Galeopsis spp.)*	**Ærenpris** *(Veronica spp.)*
Fuglegræs *(Stellaria media)*	**Forglemmigej** *(Myosotis arvensis)*	**Tvetand** *(Lamium spp.)*
Korn valmue *(Papaver rhoeas)*	**Ager-tidsel** *(Cirsium arvense)*	**Vej-pileurt** *(Polygonom aviculare)*
Spildraps *(Brassica spp.)*	**Hundepersille** *(Aethusa cynapium)*	
Agersennep *(Sinapis arvensis)*	**Alm. brandbæger** *(Senecio vulgaris)*	
Agerkål *(Lapsana communis)*		
Hyrdetaske *(Capsella bursa pastoris)*		
Snerle-pileurt *(Polygonom convolvulus)*		
Fersken-pileurt *(Polygonom persicaria)*		

Primus bekæmper et bredt og interessant spektrum af ukrudtsarter ved 5 g aktivt stof/ha.

Strategier

Primus kan anvendes i flere forskellige strategier:

- Primus kan bruges alene ved ukrudtsproblemer såsom burresnerre *(Galium aparine)*, kamille *(Matricaria* spp.*)*, fuglegræs *(Stellaria media)*, snerlepileurt *(Polygonum convolvulus)* og kornvalmue *(Papaver rhoeas)* om foråret. Primus vil da alene sikre en effektiv ukrudtseffekt og et optimalt udbytte.

- Primus vil sammen med en blandingspartner give en næsten fuldstændig bekæmpelse af tokimbladet ukrudt. Specielt interessante er produkter, der også har effekt på stedmoder og ærenpris (*Viola arvensis* og *Veronica spp.*). Primus kan også blandes med

bekæmpelsesmidler mod græsser for at sikre både en effektiv bekæmpelse af tokimbladet ukrudt og græsukrudt.

Primus er et fleksibelt produkt, som både kan bruges alene og som "basis" for et blandingsprogram i kornafgrøder eller frøgræs.

Anerkendelse

Primus er anerkendt af Danmarks JordbrugsForskning til bekæmpelse af burresnerre *(Galium aparine)*, forglemmigej *(Myosotis arvensis)*, fuglegræs *(Stellaria media)*, hyrdetaske *(Capsella bursa pastoris)*, kamille *(Matricaria spp.)* og valmue *(Papaver rhoaes)* med 0,1 l/ha i vinterbyg, vinterhvede, vinterrug og triticale ved begyndende vækst i april.

Konklusion

Primus er en udvidelse af det eksisterende produktsortiment til bekæmpelse af tokimbladet ukrudt i kornafgrøder, både med hensyn til produktegenskaber og ukrudtsbekæmpelseseffekt. Mest bemærkelsesværdig er den glimrende kombination af bekæmpelse af burresnerre *(Galium aparine)*, kamille *(Matricaria spp.)* og fuglegræs *(Stellaria media)*.

Den fremragende selektivitet over for alle kornarter og den hurtige nedbrydning i jorden, giver valgfrihed for efterfølgende afgrøder i sædskiftet, hvilket gør Primus til et ideelt fremtidigt ukrudtsbekæmpelsesmiddel i kornafgrøder.

Litteratur

Schlotter, P., Zink, J., Fortmeier, R., Schmolke, E., Thompson, A. & McReath, A. 1998. Florasulam - ein neuer Wirkstoff zur Bekämpfung von breitblättrigen Unkräutern in Getreide, Z. PflKrankh. PflSchutz, Sonderh. XVI, 527-534.

Elbæk Jensen, P. & Christensen, J. 1997. Results from testing of herbicides and growth regulators, Cereals and seed grasses. Danmarks JordbrugsForskning.

Elbæk Jensen, P., Kristensen, K.J. & Christensen, J. 1998. Results from testing of herbicides and growth regulators, Cereals and seed grasses. Danmarks JordbrugsForskning.

Vælg Fenix til ukrudtsbekæmpelse i ærter

For weed control in peas your choice should be Fenix

Ivan Kloster
Rhône-Poulenc Agro DANMARK A/S
Gladsaxevej 378
DK-2860 Søborg

Summary

Advantages obtained for the pea-grower with the registration of Fenix!
With the registration of Fenix the Danish pea-growers have obtained several advantages:

- Fenix is absorbed by the hypocotyle and the cotyledons; no absorption through the roots. Therefore, Fenix is relatively independent of soil humidity and temperature at the time of spraying.
- On mineral soils Fenix can be applied both before and after germination, while Fenix should be applied *after* germination on humic soil.
- Fenix has a most reliable efficacy against *Galium aparine, Poa annua, Sinapis arvensis, Brassica campestris,* volunteer oilseed rape, *Polygonum lapathifolium,Polygonum persicaria, Myosotis arvensis, Stellaria media, Atriplex patula, Chenopodium album, Capsella bursa pastoris, Thlapsi arvense, Lamium spp and Veronica spp.*
- Fenix has a good efficacy against *Fumaria officinalis, Polygonum convolvulus* and *Matricaria spp.*
- Fenix has a limited efficacy against *Galeopsis tetrahit* and *Solanum nigrum.*
- The efficacy against especially *Galium aparine, Poa spp, Atriplex patula, Chenopodium album, Polygonum spp* should be emphasized as a strength, as these weeds can be difficult to combat in peas.
- In peas Fenix can be used in three ways: As a soil treatment just before germination of the peas, or after emergence in combination with Basagran 480 as a single treatment or as a split-treatment.

Indledning

Fenix blev sidste år introduceret til ukrudtsbekæmpelse i kartofler, konservesærter og specialafgrøder. Registreringen kom sent, men Fenix nåede alligevel at komme godt ind på markedet.

Dette indlæg omhandler Fenix til ukrudtsbekæmpelse i ærter til modenhed.

Aktivstof

Omkring aktivstoffet aclonifen henvises til 15. Danske Planteværnskonference 1997, hvor en beskrivelse af kemiske og fysiske egenskaber, toksikologi og økotoksikologi samt virkningsmekanismer er beskrevet. Herudover beskrives effekten over for enkelte ukrudtsarter både før og efter fremspiring.

Forbedret økonomi med kun én kørsel

Ukrudtsbekæmpelse i ærter foretages med ønsket om at opnå et merudbytte, men i særdeleshed for at lette høsten og sikre en ren og tør afgrøde.

Den omkostningskrævende splitbehandling i ærter er efterhånden blevet almindelig, men vælgers Fenix til ukrudtsbekæmpelse i ærter er én kørsel i de fleste tilfælde nok.

Ønsker man at nedsætte antallet af kørsler, behandles marken med Fenix + Basagran 480 af én gang. Herved lettes arbejdet, der sikres en ren mark, og er ukrudtstrykket lavt til moderat, kan doseringen reduceres uden risiko for svigtende effekt.

Én sprøjtning med Fenix + Basagran 480 anvendes i bl.a. Sverige, hvor den de seneste år har været anvendt med godt resultat.

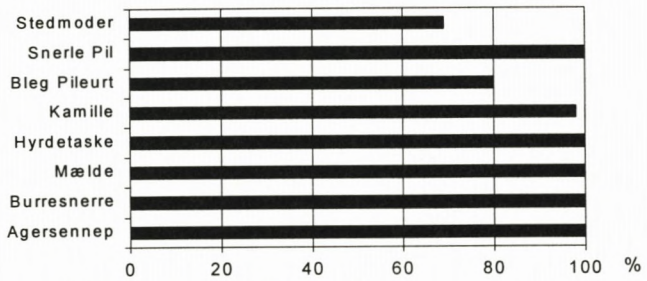
I ærter er det højt ukrudt, samt ukrudt, der kan klatre op af ærternes stængler, der giver de største problemer – særlig arter som agersennep, vej pileurt, mælder, burresnerre og snerle pileurt. Enårig rapgræs og kamille kan også visse steder give problemer. Vej pileurt kan især på forpløjninger og på sværere jorde være generende.

I Landbrugets Rådgivningscenters forsøg er det kun højt voksende ukrudt som agersennep/spildraps, kamille og mælder, der har kunnet betale for en ukrudtsbekæmpelse. Ærter giver derfor ikke det helt store afkast for bekæmpelse af ukrudt, hvorfor introduktionen af én kørsel til ukrudtsbekæmpelse i ærter kan være med til at forbedre økonomien.

Ét middel – 3 strategier

Fenix kan anvendes som jordmiddel før såning, eller i kombination med Basagran 480, enten som enkeltbehandling eller som splitbehandling. Alle tre muligheder er afprøvet i forsøg ved Landbrugets Rådgivningscenter.

En sprøjtning med 1,0 l Fenix + 1,0 l Basagran 480



Kilde: Landbrugets Rådgivningscenter (5 forsøg).

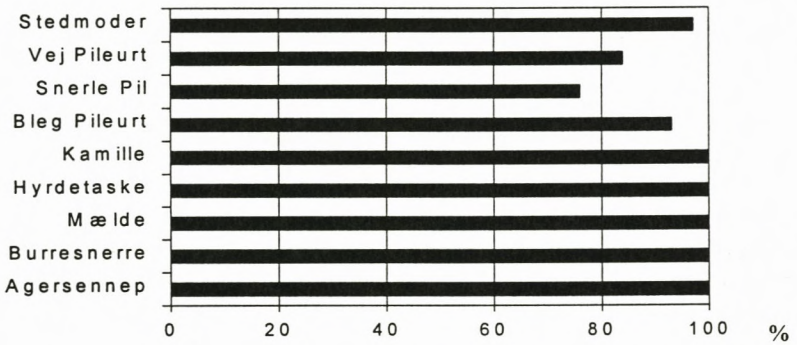
(One treatment with 1.0 litre Fenix + 1,0 litre Basagran 480)

Forsøgene er sprøjtet på 5 cm høje ærter med 1,0 l Fenix + 1,0 l Basagran 480.
Som figuren viser, er effekten meget høj over for problemukrudtsarter som mælder, kamille, agersennep, snerle pileurt og burresnerre. Der har i årets forsøg ikke været grundlag for at dele sprøjtningerne i to. *Én sprøjtning har været fuldt på højde med todelt sprøjtning.*

Split behandling

Er man vant til at behandle ærterne to gange, passer Fenix også perfekt i dette system. To gange med reduceret dosering sikrer en bred effekt, og som udgangspunkt kan dosis nedsættes ved lavt ukrudtstryk.

Splitbehandling med 2 x 0,75 l Fenix + 0,4 l Basagran 480



Kilde: Landbrugets Rådgivningscenter 1998 (5 forsøg).
(Split-treatment with 2 x 0.75 litre Fenix + 0,4 litre Basagran 480)

Figuren viser effekten af kombinationen 0,75 l Fenix + 0,4 l Basagran 480 x 2, som er udsprøjtet 1. gang på ukrudtets kimbladstadie og igen ca. 10 dage efter. Igen ses en høj effekt på nøgleukrudtsarter som burresnerre, agersennep, mælder, kamille og pileurter.

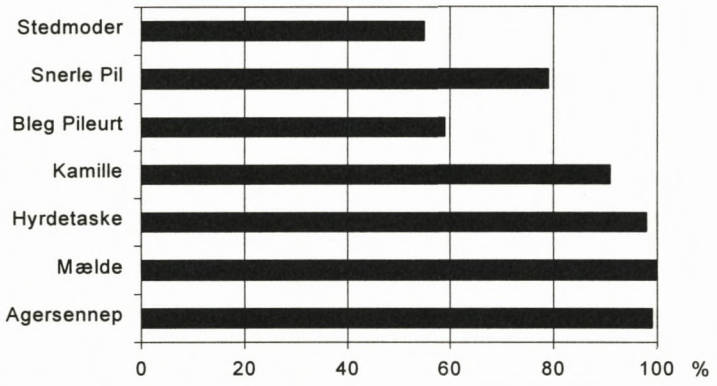
Fenix anvendt som jordmiddel lige før ærternes fremspiring

Behandling før fremspiring er en skånsom behandling, som kan udføres, indtil få dage før ærternes fremspiring. Behandlingen kan efter fremspiring suppleres med Basagran-midler efter behov. Fenix anvendt som jordmiddel før ærternes fremspiring er en sikker løsning mod problemukrudtsarter, som kamille, rapgræs, pileurter, agersennep og mælder.
Fenix udsprøjtes 2–3 dage før, ærterne spirer frem. Læg eventuelt en glasrude eller lignende ud. Under glas vil ærterne spire frem 3–5 dage før den øvrige del af marken.

Tørre forhold i forbindelse med behandling giver ingen risiko for svigtende virkning, da Fenix virker, blot ukrudtet er i vækst.

Behandling med Fenix, før ærternes fremspiring, sikrer en skånsom behandling og en god effekt over for problem ukrudtsarter.

2,5 l Fenix før fremspiring



Kilde: Landbrugets Rådgivningscenter 1998. (4 forsøg)
(2,5 litre Fenix pre-emergence)

Forsøgene i figuren viser 2,5 l Fenix anvendt som jordmiddel lige efter såning.

Behandlingen har givet en bred ukrudtseffekt på en bred ukrudtsflora. Fenix har i forsøget bekæmpet en blandet ukrudtsflora. Merudbytterne efter denne behandling har i gennemsnit været de højeste nemlig 4 hkg/ha.

Sådan anvendes Fenix i ærter

1. 1,0 l Fenix + 1,0 l Basagran 480 udspøjtes på én gang, når ærterne er 5–8 cm høje. For at behandlingen bliver så skånsom som muligt, er det vigtigt, at ærterne har opnået denne størrelse
2. 0,75 l Fenix + 0,4 l Basagran 480 udsprøjtets ad to gange på henholdsvis ukrudtets kimbladstadie og 10–12 dage efter 1. sprøjtning.
3. 2,0–2,5 l Fenix anvendes som jordmiddel lige før ærternes fremspiring. Et jævnt såbed uden knolde giver det bedste resultat.

Behovsbestemt dosering af Fenix i ærter til konserves og ærter til modenhed
Requirement adjusted weed control with Fenix for canned- and combining peas

<table>
<tr><th colspan="2">Ukrudtsarter</th><th>*Konservesærter og ærter til modenhed før fremspiring</th><th>Ærter til modenhed efter fremspiring</th></tr>
<tr><td>Agersennep
Bleg pileurt
Fersken pileurt
Forglemmigej
Fuglegræs
Mælde</td><td>Hyrdetaske
Kornvalmue
Natlimurt
Pengeurt</td><td>Fenix
2,0 l</td><td rowspan="3">Èn behandling:
0,75-1,0 l Fenix +
0,75-1,0 l
Basagran 480

eller

To behandlinger:
0,5 - 0,75 Fenix +
0,4 l Basagran 480 x 2</td></tr>
<tr><td>Burresnerre
Haremad
Kamille
Liden nælde</td><td>Raps
Rød tvetand
Snerle pileurt
Vej pileurt
Ærenpris</td><td>Fenix
2,5 l</td></tr>
<tr><td colspan="2">Enårig rapgræs</td></tr>
</table>

* Konservesærter må *kun* behandles før fremspiring

Hvornår vælges hvilken løsning?

Forsøgene viser meget ensartede resultater efter de tre metoder.

Løsningerne 1 og 2 har virket meget ens i forsøgene og har også givet det samme merudbytte. Løsning 1 er den billigste, og man sparer en kørsel.

Løsning 2: Første del udbringes på ukrudtets kimbladstadie, 2. tildeling udføres 10 – 12 dage efter. Effektmæssigt ligger de to løsninger tæt på hinanden, men løsning 2 bør foretrækkes på humusjorde, hvor jordeffekten vil være nedsat.

Løsning 3 sikrer en meget skånsom behandling og giver samtidig de højeste merudbytter. Fenix, anvendt som jordmiddel, sikrer god effekt på kamille, pileurter, agersennep/spildraps, rapgræs, hyrdetaske og mælder. Eventuel supplerende behandling kan udføres med Basagran 480/M75.

Jordtype

Fenix kan anvendes på alle jordtyper, et bekvemt såbed uden store knolde giver Fenix de bedste virkningsbetingelser. På humusjorde kan det være nødvendigt at behandle 2 gange ved stort ukrudtstryk.

Der kan tromles senest 1 uge før en Fenix-behandling. Tromling efter behandling vil nedsætte effekten betydeligt.

Sprøjteteknik

Ved udsprøjtning af Fenix skal der sikres en sprøjteteknik, som giver store dråber, hertil er Low-drift dyser særdeles velegnede. ***Der må ikke tilsættes luft ved sprøjtning efter afgrødens fremspiring.***

Vejrforhold

Vejrforholdene under og efter sprøjtning har ikke stor betydning for effekten af Fenix. Skulle det sætte ind med regnvej under sprøjtningen, vil bladeffekten blive reduceret, men jordeffekten kompenserer for dette.

Blandinger

Fenix kan blandes med Basagran 480 og pyrethroider, men må ikke blandes med Basagran M75 og dimethoat.

Sammendrag

Hvilke fordele har ærteavleren fået med godkendelsen af Fenix?

Med Fenix' indtog på det danske marked har ærtedyrkerne fået en række fordele:

- Fenix optages af kimstængel og kimblade; der er ingen rodoptagelse. Derfor er Fenix relativt uafhængig af jordfugt og temperatur på sprøjtetidspunktet.
- På mineral jorde kan Fenix udsprøjtets både før og efter ukrudtets fremspiring, mens den på humusjord bør anvendes efter ukrudtets fremspiring.
- Fenix har en meget sikker effekt på burresnerre, enårig rapgræs, agersennep/-kål, spildraps, bleg- og fersken pileurt, forglemmigej, fuglegræs, mælde, hyrdetaske, pengeurt, tvetand og ærenpris.
- Fenix har god effekt på lægejordrøg, snerle pileurt og kamille.
- Der er mindre god effekt på hanekro og sort natskygge.
- Effekten på specielt burresnerre, rapgræs, mælde, pileurt herunder vejpileurt, bør fremhæves som en styrke, idet disse ukrudtsarter kan være vanskelige at bekæmpe i ærter.
- I ærter kan Fenix anvendes på tre måder, enten som jordmiddel lige før ærternes fremspiring eller efter fremspiring i kombination med Basagran 480 - enten som enkelt behandling eller som splitbehandling.

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 Husdyrernæring og Fysiologi
Afdeling for Husdyrsundhed 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. 63 90 43 43. Fax 63 90 43 90

Afdeling for Prydplanter
Afdeling for Vegetabilske 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 16 06 00. Fax 58 16 06 06

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

ISSN 1397-9884