DJF
rapport

Februar 2000

Nr. 23 • Markbrug

17. Danske Planteværnskonference I
Formidling/miljø/ukrudt

17th Danish Plant Protection Conference I
Overview/environment/weeds

Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri
Danmarks JordbrugsForskning

17. Danske Planteværnskonference I
Formidling/miljø/ukrudt

17th Danish Plant Protection Conference I
Overview/environment/weeds

DJF rapport Markbrug nr. 23 • februar 2000

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.	
Forsidefotos:	Henny Rasmussen	

Indholdsfortegnelse

Formidling

Hvordan kan Rådgivningstjenesten bidrage til realisering af Pesticidhandlingsplanen?
How can The Danish Agricultural Advisory Service participate in realising the pesticide action plan?
Poul Henning Petersen 5

Hvad er planteavlskonsulenternes rolle i forhold til Pesticidhandlingsplanen?
What is the role of the crop husbandry advisors in connection with the Pesticide Action Plan?
Ole Hansen 13

Hvordan kan forskningen bidrage til fremtidens plantebeskyttelse?
How can research contribute to future plant protection?
Arent B. Josefsen 21

Er agronomuddannelsens indhold relevant i forhold til krav der kan stilles til rådgivning vedrørende plantebeskyttelse?
Is the content of the agronomist education relevant compared with the demands which can be made on guidance concerning crop protection?
Flemming Frandsen 25

Den agrokemiske industris forventninger til fremtidens plantebeskyttelse i forhold til Pesticidhandlingsplanen
The Crop Protection Industry's views on use of Crop Protection Products with regard to The Danish Pesticide Reduction Plan II
Per Kristensen 33

Miljø

Varslingssystem for udvaskning af pesticider til grundvand
Pesticide leaching assessment program
Bo Lindhardt, Preben Olsen & Ruth Grant 41

Påvisninger af pesticider i overfladevand
Detection of pesticides in Danish surface waters
Betty Bügel Mogensen & Brian Kronvang 51

Naturen i vandløbsbræmmer
Nature values of stream border ecotones
Anna Bodil Hald 63

Kan risikoen for punktforureninger med pesticider minimeres?
Minimizing pollution risk at filling and washing sites for sprayers?
Lars Stenvang & Arne Helweg 73

Detergenter er også tilsætningsstoffer til pesticider
Detergents are also pesticide additives
Hans Løkke 79

Naturlige chlorerede forbindelser
Natural chlorinated compounds
Pia B. Holst & Kjeld C. Engvild 87

Makroporetransport af stærkt bundne pesticider i jord
Macropore transport in soil of strongly sorbing pesticides
Ole Hørbye Jacobsen, Hubert de Jonge & Lis W. de Jonge 97

Ukrudt

Indeksering af vinterhvedesorters konkurrenceevne over for ukrudt
Index of the competitive ability against weeds of winter wheat varieties
Preben Klarskov Hansen & Svend Christensen 103

Nye herbicider til bekæmpelse af ukrudtsgræsser i vintersæd
New herbicides for grass weed control in winter cereals
Solvejg K. Mathiassen, Per Kudsk, Peter K. Jensen & Peder E. Jensen 115

Ukrudtsarternes følsomhed over for glufosinat-ammonium
The sensitivity of weed species to glufosinate ammonium
Jørgen Pedersen 129

Sprøjtetidspunktets betydning for effekt på ukrudt ved efterårsbekæmpelse i vintersæd
Spraying time in relation to effect on weed in winter cereals when spraying in autumn
Hans Kristensen & Poul Henning Petersen 139

Hvordan kan Rådgivningstjenesten bidrage til realisering af Pesticidhandlingsplanen?

How can The Danish Agricultural Advisory Service participate in realising the pesticide action plan?

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

Summary

The objective of Pesticide Action Plan II proposed by the government is a treatment index of 2,0 before the end of 2002. The treatment index on several farms shows, that the difference between farms is considerable. The calculations done by the Bichel Committee point out, that the economic stimulus of reducing the use of pesticides is absent. A committee has identified the barriers, which prevent the use of existing knowledge to reduce the use of pesticides. Realising the barriers makes it possible to intensify and direct the advisory service. An important element is to make the treatment index visible on farm level and makes it possible to compare the actual treatment index with the objective of the action plan. In addition there is focus on several other objectives, which are supposed to contribute to obtaining the political objective.

Indledning

Bicheludvalget konkluderede, at pesticidforbruget målt som behandlingshyppighed kan reduceres med 30-40 procent over en periode på 5-10 år uden væsentlige økonomiske tab og sædskifteændringer. Det forudsætter, at eksisterende viden udnyttes fuldt ud, at varslings- og beslutningsstøttesystemer videreudvikles, og at metoder inden for mekanisk ukrudtsbekæmpelse videreudvikles (Bichel, 1999).

Landbrugets organisationer har gennem "Handlingsplan for en reduktion af landbrugets pesticidanvendelse", også kaldt "Den grønne plan", erklæret deres opbakning til Bicheludvalgets anbefalinger om en trestrenget strategi:

- generel reduktion af pesticidanvendelsen til en behandlingshyppighed på 1,7 inden for en periode på 5-10 år,
- yderligere beskyttelse af våde naturområder,
- og øget økologisk omlægning inden for markedets rammer.

På baggrund af Pesticidhandlingsplan I fra 1986 er der allerede gennem det sidste årti sket en væsentlig mængdemæssig reduktion i pesticidanvendelsen. Behandlingshyppigheden er stort set uændret som følge af et kraftigt øget areal med vintersæd. Et mål for landbrugets indsats er den afgrødekorrigerede behandlingshyppighed, som i forhold til referenceperioden 1981-85 er faldet med 27 procent frem til 1998. Dette har været muligt gennem en intensiveret forsknings-, udviklings-, rådgivnings- og informationsindsats.

Regeringens forslag om målsætning i Pesticidhandlingsplan II er en behandlingshyppighed på 2,0 inden udgangen af år 2002. Det er en stor udfordring for rådgivningstjenesten at intensivere udnyttelsen af den producerede viden og de opnåede erfaringer, således at pesticidanvendelsen fortsat kan reduceres og de politisk fastlagte mål nås.

Stor variation i bedrifternes pesticidforbrug

Registreringer af pesticidforbruget på studielandbrugene i 1997/98 viser, at der mellem ejendommene er en meget stor variation i forbruget, som ikke kan forklares ved forskelle i behov. Tabel 1 viser det gennemsnitlige behandlingsindeks for vinterhvede og vårbyg for ejendommene inddelt i fire lige store grupper efter stigende indeks.

Tabel 1. Behandlingsindeks (BI) i vinterhvede og vårbyg på studielandbrugene i 1997/98. Treatment index in winter wheat and spring barley on selected farms in 1997/98.

	Antal ejendomme i alt Number of farms	**BI Gruppe 1** Group 1	**BI Gruppe 2** Group 2	**BI Gruppe 3** Group 3	**BI Gruppe 4** Group 4
Vinterhvede Winter wheat	40	1,29	1,80	2,34	3,39
Vårbyg Spring barley	34	0,67	1,16	1,71	2,62

Tabel 2 viser det gennemsnitlige behandlingsindeks i vinterhvede og vårbyg for ejendommene opdelt efter brugstype. Brugstypen forklarer ikke hele den store forskel i behandlingsindeks, der er observeret i de to afgrøder, selv om planteavlerne tydeligvis har det største behandlingsindeks. Det tyder således på, at reduktionsmuligheder på de enkelte ejendomme er meget forskellige.

Tabel 2. Behandlingsindeks i vinterhvede og vårbyg på kvægbrug, planteavlsbrug og svinebrug. Treatment index in winter wheat and spring barley on cattle farms, crop production farms and pig production farms.

	Vinterhvede Winter wheat			**Vårbyg** Spring barley		
	Kvæg Cattle	**Planteavl** Crop	**Svin** Pigs	**Kvæg** Cattle	**Planteavl** Crop	**Svin** Pigs
Antal ejendomme Number of farms	19	10	11	17	8	9
Herbicider Herbicides	1,06	1,04	1,04	1,10	1,09	0,88
Fungicider Fungicides	0,85	0,93	0,84	0,24	0,39	0,16
Insekticider Insecticides	0,08	0,39	0,26	0,14	0,54	0,28
I alt Total	2,01	2,48	2,18	1,51	2,02	1,31

Barrierer for formidling og anvendelse af eksisterende viden

Bicheludvalget har ved beregning af dækningsbidrag for 10 ejendomstyper påvist, at der ikke i gennemsnit er noget direkte økonomisk incitament til at reducere pesticidanvendelsen yderligere (Josefsen *et al.*, 1999). Det viser, at landmanden som forventet handler rationelt og benytter bekæmpelsesstrategier, som er sikre. På baggrund af dette har det været relevant at analysere, hvilke barrierer der eksisterer for alligevel at kunne nå den reduktion i forbruget, som Bicheludvalget har vurderet mulig uden væsentlige omkostninger for erhvervet.

Et udvalg under Miljøstyrelsen med repræsentanter fra en række institutioner og organisationer har derfor analyseret barrierer for anvendelse af den eksisterende viden og muligheder for at optimere anvendelsen af pesticider (Ann., 1999). I det følgende omtales udvalgets analyse.

Barrierer for landmanden

For landmanden er der en række barrierer, som kan have med økonomi, tidsforbrug, risiko, uddannelse, informationer og holdninger at gøre. I tabel 3 gives et bud på mulige barrierer.

Tabel 3. Barrierer for landmanden for anvendelse af eksisterende viden til at reducere anvendelsen af pesticider. Farmer's barriers, which prevent use of existing knowledge to reduce the use of pesticides.

Økonomi	Overordnet set begrænset økonomisk incitament. Vanskeligt på bekæmpelsestidspunktet at forudsige økonomi ved behandling. Usikkerhed om yderligere nedsættelse af pesticidanvendelsen fører til økonomiske tab. Ved mekanisk ukrudtsbekæmpelse er der ofte ikke rimeligt forhold mellem effekt og pris. Manglende sprøjtekapacitet og tid til at gennemføre bekæmpelse på det mest optimale tidspunkt.
Driftsledelse	Målsætning om reduktion i Pesticidhandlingsplan I har ikke været kendt på afgrøde- og bedriftsniveau. Manglende kendskab til potentialet for anvendelse af reducerede doser. Usikkerhed om reduceret herbicidanvendelse medfører opformering af ukrudt. Usikkerhed om bekæmpelse af svampe og skadedyr på grundlag af varslingsmodeller og skadetærskler. Øget tidsforbrug til monitering. Landmænd deltager ikke i ERFA-grupper med fokus på reduceret pesticidforbrug i det omfang de positive erfaringer med disse grupper berettiger til.
Holdninger	Manglende forståelse og accept af begrebet behandlingshyppighed. Manglende motivation hos nogle landmænd til at nedsætte forbruget af pesticider herunder faglig stolthed, der bl.a. siger, at der ikke må findes ukrudt i marken.

Barrierer for konsulenten

For konsulenterne og rådgivningstjenesten som helhed kan man ligeledes identificere en række barrierer (tabel 4).

Tabel 4. Barrierer for konsulenten for anvendelse af eksisterende viden til at reducere anvendelsen af pesticider. Adviser's barriers, which prevent use of existing knowledge to reduce the use of pesticides.

Rammer for rådgivningen	Pesticidhandlingsplan I definerede ikke reduktion af behandlingshyppighed som et entydigt mål, hvilket betyder, at konsulenterne i forskelligt omfang har inddraget behandlingshyppighed i rådgivningen. Oprettelse af ERFA-grupper for landmænd begrænses på grund af kapacitetsproblemer i spidsbelastningsperioden maj-juni. Konsulenter har ikke haft tilstrækkelig enkle værktøjer til rådighed, som kan synliggøre behandlingsindeks på afgrøde- og bedriftsniveau.
Rådgivningssituationen	Risiko for at miste landmandens tillid, hvis råd medfører tab. En vis sikkerhedsmargin kan være nødvendig for at eliminere fejlskøn. Usikkerhed om hvorvidt landmanden vil acceptere en vis risiko for utilstrækkelig effekt. Usikkerhed om anvendelighed af landsdækkende og regionale varslinger i lokalområdet.
Uddannelse og efteruddannelse	Nyuddannede agronomer har tilkendegivet, at de føler sig dårligt rustede til rådgivning om reduceret pesticidanvendelse. Vis usikkerhed om anvendelse af reduceret dosis under visse forhold.

Beslutningsstøtte

Der har været stillet store forventninger til beslutningsstøttesystemer i forbindelse med Pesticidhandlingsplan I. Når disse ikke er indfriet skyldes det, at der også her er en række barrierer:

- tilpasning af programmerne har i tempo ikke kunnet følge udviklingen af de lavdosis strategier, som er udviklet i praksis, f.eks. på basis af resultater i landsforsøgene
- EDB-tekniske besværligheder har gjort det vanskeligt at leve op til landmandens krav om enkelthed
- konsulenternes markedsføring har været begrænset på grund af ovenstående.

Endelig skal beslutningsstøttesystemer hos mange landmænd konkurrere med konsulenten som sparringspartner. Der stilles meget store krav til et beslutningsstøttesystem, der skal konkurrere med en dynamisk rådgivning, som hurtigt implementerer resultaterne fra forskning og forsøg. Eksempelvis kan blot nævnes, at resultaterne af årets landsforsøg er omsat til

konkrete anbefalinger blot få måneder efter høst af forsøgene.

Muligheder for at overvinde barrierer

Rådgivningstjenesten vil arbejde på en række fronter for at sikre, at der sker en tilpasning af pesticidforbruget til det lavest mulige, når der tages hensyn til at anvendelsen fortsat skal være økonomisk optimal.

Målsætning synlig

Spørgeundersøgelser har vist, at de fleste landmænd har en opfattelse af at have reduceret pesticidanvendelsen så meget som muligt under de givne forhold (GfK, 1998). Dette skyldes sandsynligvis, at det hidtil kun er de færreste der har beregnet behandlingsindeks og sat dette i forhold til den overordnede målsætning. Rådgivningstjenesten er derfor i gang med at implementere måltal for behandlingsindeks som et rådgivningsværktøj. Årligt udarbejder konsulenterne ca. 17.000 sprøjtestrategier. For vækstsæsonen 1999/2000 beregnes behandlingsindeks på både mark-, afgrøde- og bedriftsniveau. Planen kan sammenlignes med de af Danmarks JordbrugsForskning opstillede måltal (Jørgensen og Petersen, 1999). Med udvikling af et simpelt beregningsprogram for behandlingsindeks forventes det, at en væsentlig del af disse 17.000 bedrifter over en 3 årig periode vil få beregnet deres behandlingsindeks på ejendomsniveau efter vækstsæsonen - grønt regnskab. Herudover må det forventes, at yderligere en del landmænd kan motiveres til at beregne behandlingsindekset, således at dette vil være en kendt størrelse for mere end halvdelen af samtlige landbrug om 3 år.

ERFA-grupper

ERFA-grupper har vist sig effektive, når det drejer sig om formidling af viden og erfaringer med reduceret pesticidanvendelse. Der planlægges derfor gennemført en analyse med det formål at afdække barrierer for etablering af yderligere ERFA-grupper. Med udgangspunkt i denne analyse, er det målet at øge antallet af deltagere med 15-20 procent pr. år i de kommende 3 år, det vil sige 600-900 nye deltagere pr. år. Da der løbende vil ske udskiftning i grupperne vil nettotilgangen til ERFA-grupper blive mindre end ovennævnte antal.

Afhængig af analysens resultat kan det blive aktuelt at gennemføre en koordineret markedsføring og afholde regionale workshops for konsulenter om ERFA-grupperådgivning.

Demonstrationer og egne erfaringer

Der planlægges iværksat et demonstrationsprojekt på 15-20 studielandbrug med det formål at demonstrere mulighederne for reduceret pesticidanvendelse. Sideløbende hermed vil Statens Jordbrugs- og Fiskeriøkonomiske Institut foretage analyser af de økonomiske konsekvenser. Informationsteknologien giver mulighed for, at der kan ske en hurtig formidling af de indsamlede erfaringer.

Landmændene giver udtryk for, at egne erfaringer har stor betydning for at anvende

reduceret dosis (Svendsen, Just og Søgaard, 1997). Formidlingsmæssigt er det derfor en udfordring at fremme anvendelsen af doseringsvinduer, som hidtil kun har været anvendt i et vist omfang. Det vil være meget aktuelt, at landmanden anlægger ikke blot doseringsvinduer men en demonstrationsparcel på måske en halv til en ha, hvor der maksimalt anvendes den pesticidmængde, der er angivet i måltallene.

Økonomisk optimering

Faldende produktpriser som følge af Agenda 2000 og fordoblingen af pesticidafgiften i november 1998 vil gøre flere behandlinger urentable. Forskellen i dækningsbidrag mellem vinterhvede og vårbyg bliver under disse betingelser mindre, hvilket vil trække i retning af mindre pesticidkrævende sædskifter.

Varslings- og beslutningsstøttesystemer

Planteavlskonsulenternes registreringsnet er ikke fintmasket nok til at give tilstrækkeligt sikre nuancerede oplysninger til landmanden om angrebsstyrken i forskellige landsdele og sorter. Nettet planlægges udvidet, så der kan udsendes varslinger på lokalt niveau og i forskellige sorter. I PC-Planteværn er en række forbedringer af modeller for svampe og skadedyr planlagt og brugertilgængeligheden søges forbedret ved at gøre programmet tilgængeligt via internettet. Målsætningen er, at gøre PC-Planteværn til et væsentligt og attraktivt supplement til den personlige rådgivning.

Information og efteruddannelse

Information og efteruddannelse vedrørende plantebeskyttelse intensiveres. Lokalt afholdes der traditionelt en række møder og kurser for landmænd. Landbrugets Rådgivningscenter vil støtte denne aktivitet ved udarbejdelse af et kampagnemateriale til brug fra 2000/2001.

Konsulenterne er allerede på nuværende tidspunkt grundigt orienteret om Bicheludvalgets konklusioner og om nødvendigheden af en intensiveret rådgivningsindsats for at reducere pesticidforbruget over de kommende år. Emner i relation til reduceret pesticidanvendelse vil blive højt prioriteret i efteruddannelsen for konsulenter.

En forudsætning for at kunne udmønte alle de ovennævnte tiltag er, at aktiviteterne støttes med tilbageførte pesticidafgifter, som regeringen ved forhøjelsen af pesticidafgiften i 1998 stillede i udsigt. Danmarks JordbrugsForskning, kemikaliefirmaerne, grovvarebranchen, forædlere, frøfirmaer og andre, som agerer i forhold til landbrugets pesticidanvendelse, vil også spille en betydelig rolle i forhold til at nå reduktionsmålene. Der er allerede etableret en meget konstruktiv dialog med alle involverede parter.

Målgruppe

Rådgivningen vil aldrig kunne nå alle. Ved en prioritering af indsatsen er det naturligt at satse på at nå de ca. 17.000 bedrifter med mere end 50 ha, som dyrker ca. 75 procent af landbrugsarealet. Det formodes, at disse bedrifter er ansvarlige for en tilsvarende del af det

samlede pesticidforbrug.

Konklusion

Rådgivningstjenesten vil spille en central rolle som formidler af den viden om reduceret pesticidanvendelse, som den enkelte landmand har behov for. Konsulenten må ikke tage chancer på landmandens vegne. Der ligger derfor en betydelig opgave - og en stor udfordring - i at forklare og synliggøre risikoen ved anvendelse af reduceret dosis og ikke mindst ved at undlade behandling.

Der er stor variation i pesticidforbruget bedrifterne imellem. Med kendskab til forskellige barrierer vil det være muligt at intensivere og målrette rådgivningen. Et væsentligt element i den fremtidige rådgivning bliver at synliggøre behandlingsindekset på afgrøde- og bedriftsniveau, således at den aktuelle pesticidanvendelse kan sammenlignes med realistiske måltal. Der er desuden udpeget en række indsatsområder, som kan bidrage til at nå de politisk fastsatte mål om reduceret pesticidanvendelse.

Sammendrag

Målsætningen i regeringens forslag til Pesticidhandlingsplan II er en behandlingshyppighed på 2,0 inden udgangen af 2002. Analyser på studielandbrugene har afsløret meget store forskelle med hensyn til behandlingsindeks ejendommene imellem. Bicheludvalgets beregninger viser, at der ikke som gennemsnit er noget direkte økonomisk incitament til at reducere pesticidanvendelsen. En arbejdsgruppe under Miljøstyrelsen har forsøgt at identificere, hvilke barrierer der hindrer, dels landmænd og dels konsulenter i at udnytte eksisterende viden om reduceret anvendelse af pesticider. Med kendskab til sådanne barrierer vil det være muligt at intensivere og målrette rådgivningen. Et væsentligt element i den fremtidige rådgivning bliver at synliggøre behandlingsindekset på afgrøde- og bedriftsniveau, således at den aktuelle pesticidanvendelse kan sammenlignes med realistiske måltal. Der er desuden udpeget en række indsatsområder, som kan bidrage til at nå de politisk fastsatte mål om reduceret pesticidanvendelse.

Litteratur

Ann. 1999. Barrierer for formidling og anvendelse af den eksisterende viden, om muligheder for at optimere anvendelsen af pesticider. Miljøstyrelsen. In press.

Bichel S. et al. 1999. Udvalget til vurdering af de samlede konsekvenser af en hel eller delvis afvikling af pesticidanvendelsen. Rapport fra hovedudvalget. Miljøstyrelsen.

GfK-undersøgelse 1998. De danske Landboforeninger.

Josefsen A.B. et al. 1999. Udvalget til vurdering af de samlede konsekvenser af en hel eller delvis afvikling af pesticidanvendelsen. Rapport fra underudvalget om jordbrugsdyrkning. Miljøstyrelsen.

Jørgensen L.N. og Petersen P.H. 1999. Bilag til Efterårskonference 1999, s. 23-27.

Svendsen S.V., Just F. og Søgaard V. 1997. Landmanden, konsulenten og pesticidforbruget.

Hvad er planteavlskonsulenternes rolle i forhold til Pesticidhandlingsplanen?

What is the role of the crop husbandry advisors in connection with the Pesticide Action Plan?

Ole Hansen
Landboorganisationerne i Storstrøms Amt
Agrovej 1
4800 Nykøbing F.

Summary

The Danish Agricultural Advisory Centre must advice the farmer so he/she can obtain optimum profit from his/her farm. At the same time, the advisory service is facing an increasing demand concerning guidance on how to minimise the use of chemicals within crop husbandry. Consequently, this calls for increased knowledge of the individual farmer's problems and especially knowledge of how to solve these problems. An actual calculation made for each property would be an important tool for the farmers to identify how they can decrease their consumption without increasing the costs.

A calculation of the treatment index based on each property will also provide important knowledge so that advising situations, advisory visits, ERFA groups etc. can be fully utilised in order to decrease the consumption of chemicals without any losses for the farmer.

The experiences from the Tubæk Å (stream) project seem to indicate that a reduction of chemicals was possible in winter wheat primarily, whereas only a minor reduction can be made in spring barley based on the present conditions.

If a bigger total reduction of the treatment frequency within agriculture is to become a reality, focus must be on a reduction in the use of herbicides. The possibilities for reducing the consumption of fungicides are smaller and a reduction of the consumption of insecticides will only have limited importance for the total treatment frequency in the area tested.

Indledning

Der er i rådgivningstjenesten en stærk tradition for, at konsulenterne er uvildige og uafhængige. Den tradition bruges til at rådgive landmændene, så de får det størst mulige økonomiske udbytte på deres bedrift.

Med Bicheludvalgets rapport og anbefalinger samt miljøministerens udmelding om, at behandlingshyppigheden i løbet af år 2002 skal ned på 2,0, stilles der stigende fokus på, hvordan den enkelte konsulent håndterer rådgivningssituationen.

Med konklusionerne i Bichelrapporten bliver der dermed samtidig stillet krav om, at konsulenterne skal gå ud og få landmændene til at nedsætte deres kemikalieforbrug. Det mener jeg dog

ikke ændrer ved det første udsagn, nemlig at det er konsulentens pligt at rådgive landmændene til størst muligt økonomisk udbytte.

Det nye er, at der bliver mindre og mindre plads til at sikre sig, og dermed bliver risikoen for fejlvurderinger med økonomiske konsekvenser større.

Det bliver derfor en stor udfordring for konsulenterne at ramme det reelle behov mere præcist uden at sætte landmandens tillid over styr eller påføre ham uacceptable tab.

Nuværende rådgivning

I dag sker rådgivningen inden for planteværn enten som

1. Personlig rådgivning. En stor del af landmændene får i forbindelse med deres årlige planlægning udarbejdet en overordnet sprøjteplan. Denne bliver der fulgt op på og justeret i løbet af sæsonen enten ved personligt konsulentbesøg eller på baggrund af nedennævnte pkt. 2 og 3.
2. ERFA-grupper. Grupper af landmænd udveksler erfaringer, viden og løsningsforslag i løbet af vækstsæsonen. Når de mødes, vil der hyppigt være en konsulent med enten fra rådgivningstjenesten eller fra anden side.
3. Information igennem nyhedsbreve. Rådgivningstjenesten udsender løbende viden om udviklingen af skadegørere og løsning af aktuelle problemer. Langt de fleste landmænd holder enten selv et nyhedsbrev eller følger med via naboens abonnement, nyhedsbreve fra firmaer etc.

Derudover er der en aktiv fagpresse med artikler fra blandt andet forskere, konsulenter, firmaer m.m. Det er derfor mit indtryk, at landmanden har en god adgang til viden, information og løsningsforslag til, hvordan han skal håndtere sin anvendelse af kemikalier.

Landmandens problem er derfor ikke kun at få en løsning på sine problemer, men i høj grad at få vurderet om de løsninger han får er gode nok, og om den foreslåede indsats er relevant, eller om der er tale om den næstbedste løsning eller sågar "overkill".

Jeg synes det er værd at bemærke, at megen viden i dag tilflyder landmanden, og vi derfor også er kommet langt med at reducere kemikalieanvendelsen.

Men skal vi videre, mener jeg det er vigtigt at sætte mere fokus på evalueringen af den enkelte landmands indsats. Ikke kun om den ønskede effekt er opnået, men få ham til at sætte tal på, hvordan han i hver enkelt afgrøde har løst problemerne, hvor stort har behandlingsindekset været og vigtigst: kunne den ønskede effekt være opnået med en mindre indsats.

På det område stilles der fremover større og større krav til landmand og konsulent.

Det fremadrettede

Vi skal altså fremover arbejde endnu mere på at finde de situationer hos den enkelte landmand, hvor der kan ske en reduktion af kemikalieanvendelsen, uden at det går ud over hans økonomi.

Her skal nævnes, at vi i regi af Landboorganisationerne i Storstrøms Amt sammen med Storstrøms Amt igennem snart 3 år har kørt et miljøprojekt - Tubækprojektet. Baggrunden for projektet er, at de mange tiltag, der gennem det sidste tiår er gennemført for at styre landbrugets

påvirkning af natur og miljø, har vist sig ikke at kunne leve helt op til forventningerne - og er forvirrende og uoverskuelige for landmanden. Erfaringerne viser, at det i højere grad er nødvendigt at samordne, koordinere og konsekvensvurdere helhedsløsninger, tilpasset og målrettet den enkelte landmand.

Projektet har følgende formålsparagraf:

Formål

Det overordnede formål med projektet er at udvikle metoder til at reducere en uhensigtsmæssig påvirkning af natur og miljø som resultat af landbrugsdrift. Helhedsløsninger skal integrere hensyn til jordbrugsproduktion, forureningsbegrænsning og naturbeskyttelse.

Herunder afprøves, hvor langt man kan komme med at reducere tab af næringsstoffer og bekæmpelsesmidler fra bedrifterne til miljøet inden for rammerne af de eksisterende markeds- og støtteordninger.

Der udvikles en dialog-model, der på den ene side fremmer landmandens forståelse for hensigten med naturbeskyttelse og naturgenopretning samt hensigten med arealudpegninger på den anden side fremmer den offentlige administrations forståelse for og hensyn til landbrugets produktionsvilkår og kultur.

Projektområdet er Tubæk Å ved Præstø på Sydsjælland med et opland på 54 kvadratkilometer, hvilket skønnes at svare til godt 100 bedrifter.

Miljøkontrakter

Blandt de tiltag, der er gennemført er såkaldte "miljøkontrakter". En "miljøkontrakt" er en individuel tilpasset miljøstøtteordning tilpasset den enkeltes bedrift. To af dem har interesse her i pesticiddebatten, nemlig

1. Fleksibel sprøjtefri randzone. Randzonen kan variere i bredde fra 10 til 30 meter, og kompensationen beregnes udfra arealet.
2. Delvis pesticidfri dyrkning. Der kan søges på en naturligt afgrænset del af ejendommen.

For begge kontrakter gælder, at der kan gives dispensation til anvendelse af flyvehavremidler samt glyphosatmidler efter høst, og at kompensation forhandles individuelt ud fra, hvor langt landmanden ønsker at gå med restriktioner på bedriften.

Sidstnævnte har vi først fået med fra 1999 og har således endnu ingen praktiske erfaringer med disse.

Med hensyn til sprøjtefri randzone er det vores erfaring, at landmændene er meget glade for, at den kan tilpasses de aktuelle forhold, men samtidig er den store papirmængde, der skal udfyldes for at få del i det trods alt relativt beskedne beløb nok til, at de alligevel ikke går med i ordningen.

Miljø- og Ressourcestyring

Et andet tiltag er, at samtlige bedrifter har fået tilbudt Miljø- og Ressourcestyring. Her er et af

elementerne en beregning af behandlingsindeks på såvel ejendomsniveau som afgrødeniveau. I det følgende er der med hensyn til behandlingsindeks givet nogle af konklusionerne på de første 2 års opgørelser. Der er her medtaget ca. 30 ejendomme med i gennemsnit godt 100 ha. Behandlingsindeksene er opgjort på basis af ejendommens samlede forbrug.

Behandlingsindeks Tubæk

Alle ejendomme:

TOTAL	Behandlingsindeks	Ændring fra 1997 til 1998 i Tubæk-området	DK - gns.*
vægtet mht. areal 1997	2,90		2,45
vægtet mht. areal 1998	2,41	-0,49	2,27

*)iflg. Miljøstyrelsen

Beregning af behandlingsindeks på de enkelte ejendomme viser et fald på ca. 0,5 enheder fra 1997 til 1998. Da der i Danmark generelt er sket et fald på ca. 0,2 enheder, må det yderligere fald på 0,3 enheder tilskrives den øgede bevidsthed om kemikalieforbruget hos den enkelte landmand, eftersom der i projektet kun bliver sat fokus på, hvilket niveau landmanden befinder sig, mens der ikke bliver ydet decideret rådgivning i marken.

Enkeltafgrøder

Hvis vi går ind og ser på henholdsvis vårbyg og vinterhvede, som er de 2 afgrøder, der dominerer i området, er der interessante iagttagelse. For vårbyg ligger behandlingsindeks i 1998 på 1,62. Ved sammenligning med måltallene, som er gengivet sidst i indlægget, er det kun 0,32 over dette mål. I vinterhvede mangler vi i projektområdet cirka 0,7 enheder for at nå måltallet.

Ved en gennemgang af registreringerne kommer det dog frem, at der, hvis der er foretaget en insektbekæmpelse (hvilket er sket på halvdelen af markerne), i stor udstrækning er anvendt 0,7 til 1,0 enheder i både vårbyg og hvede. Rådgivningen har typisk anbefalet, at 0,5 enheder kunne klare problemet.

Stort set alle marker er behandlet med svampe- og ukrudtsmidler. En gennemgang af materialet viser, at navnlig i vinterhvede er der endog meget stor forskel på de anvendte doseringer, når der bekæmpes ukrudt eller svampeangreb. Samtidig er det ukrudtsbekæmpelsen, der "trækker det store læs", når de samlede behandlingshyppigheder bliver gjort op.

Hvad kan det bruges til?

Gennemgang af de enkelte ejendommes behandlingsindeks vil være et værdifuldt supplement til den eksisterende rådgivning, ERFA-grupper etc. Særligt har en gennemgang af registreringerne afsløret så store variationer, at der specielt i vinterhvede kan opnås en væsentlig reduktion i det samlede forbrug, hvis vi får fundet de behandlinger på de enkelte landbrug, hvor der er et større forbrug end nødvendigt ud fra allerede eksisterende viden.

Effekten vil dels kunne opnås ved at bevidstgøre landmanden om hans eget forbrug, og dels ved at rådgiveren får et redskab til at afdække, hvor landmanden har nogle problemer. Problemer, som tidligere er blevet negligeret, eller hvor landmanden - når han skal løse problemet ude i marken - ikke tør/vil følge den vejledning, han får.

Barrierer

Vi har i projektet også interviewet landmændene for at afdække hvilke barrierer, der er for ikke at sænke forbruget eller for ikke at deltage i de støtteordninger, der allerede eksisterer.

Under interviewene giver landmændene følgende begrundelser som hindringer for at nedsætte deres kemikalieforbrug:

1. Frygt for opformering af problemukrudtsarter som ikke kan bekæmpes de kommende år (specielt frø-, roe- og specialafgrødeproducenter)
2. Manglende incitament med de nuværende kvoteordninger for kvælstof til at vælge sorter ud fra sygdomsresistens
3. Generel frygt for at komme bag efter problemerne (specielt de større ejendomme)

Med hensyn til at etablerer sprøjtefri randzoner (som er tilskudsberettiget i hele projektområdet) er hindringerne:

4. Alt, alt for meget papirarbejde for de begrænsede støttebeløb, der er tale om
5. Enkelte har en frygt for, at ukrudtsproblemer skal brede sig ind på den øvrige mark

Med hensyn til at dyrke jorden uden brug af pesticider (som er tilskudsberettiget i hele projektområdet) er hindring(erne):

6. Betragtes som fuldkomment urealistisk på planteavlsbrug som helhed med sukkerroer og frøgræs. De frygter, at de i fremtiden vil være afskåret fra at dyrke højværdiafgrøder på grund af ukontrollabelt ukrudtstryk.

Måltal

Nedenfor er gengivet de måltal, som Landbrugets Rådgivningscenter, Skejby, har udarbejdet for de enkelte afgrøder. Måltallene er Rådgivningscentrets bud på, hvor behandlingsindekset skal ligge på landsplan i de enkelte afgrøder, for at det samlede behandlingsindeks bliver 2,0. Der er anvendt arealdata fra 1994.

Afgrøde					
	Herbicider	Fungicider	Insekticider	Vækstregulatorer	Måltal ved BI=2,0
Vinterhvede	1,20	0,70	0,25	0,15	2,30
Vinterrug	0,80	0,30	0,10	0,30	1,50
Vinterbyg	1,00	0,50	0,00	0,00	1,50
Vårbyg	0,70	0,30	0,30	0,00	1,30
Vinterraps	0,80	0,15	0,40	0,00	1,35
Vårraps	0,50	0,05	0,90	0,00	1,45
Andre frø	0,90	0,10	0,10	0,10	1,20
Ærter	1,80	0,20	0,80	0,00	2,80
Havre	0,60	0,25	0,25	0,00	1,10
Kartofler, lægge	2,00	3,50	0,00	0,00	5,50
Kartofler, mel	1,20	6,50	0,50	0,00	8,20
Kartofler, konsum	1,50	5,00	0,50	0,00	7,00
Roer	1,80	0,15	1,30	0,00	3,25
Majs	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00
Græs	0,03	0,00	0,10	0,00	0,13
Grønsager	2,50	2,50	1,50	0,00	6,50
Kvikbekæmpet areal	0,25	0,00	0,00	0,00	0,25
Totaltal	**1,18**	**0,44**	**0,33**	**0,05**	**2,00**

Kilde: Landbrugets Rådgivningscenter, Skejby

Sammendrag

Rådgivningstjenesten skal rådgive landmanden til at få en optimal indtjening på hans bedrift. Samtidig står rådgivningstjenesten foran et øget krav om at rådgive om anvendelse af mindst mulige kemikalier i planteavlen. Dette kræver øget viden om den enkelte landmands problemer, og navnlig øget viden om, på hvilken måde disse problemer bliver løst.

En aktuel beregning på de enkelte ejendomme vil være et vigtigt redskab for landmændene til at få identificeret, hvor deres forbrug kan sænkes uden omkostninger. En beregning af behandlingsindekset på ejendomsniveau vil også give vigtig viden, så rådgivningssituationer - konsulentbesøg, ERFA-grupper og lignende - kan udnyttes fuldt ud til at sænke kemikalieforbruget uden tab for landmanden.

Erfaringerne fra Tubæk Å projektet tyder på, at det primært er i vinterhvede, der kunne opnås en reduktion af kemikalieindsatsen, mens der i vårbyg kun kan ske en mindre reduktion

ud fra de nuværende forudsætninger.

Hvis der skal ske en større samlet reduktion af behandlingshyppigheden inden for landbruget, skal der fokuseres på en reduktion i anvendelsen af ukrudtsmidler. Mulighederne for at reducere forbruget af svampemidler er mindre, og en reduktion af forbruget af insektmidler vil kun have begrænset betydning for den samlede behandlingshyppighed i det her undersøgte område.

Hvordan kan forskningen bidrage til fremtidens plantebeskyttelse?

How can research contribute to future plant protection?

Arent B. Josefsen
Danmarks JordbrugsForskning
Forskningscenter Foulum
Postboks 50
DK-8830 Tjele

Summary

As a follow-up to the Bichel-Committee and the Pesticide Action Plan II there is a need for initiating a number of both short-term and long-term research programmes.

These essential research programmes can be divided into preventive and non-chemical related pest control methods and chemical related areas.

Besides the short-term initiatives, it is imperative to allocate resources for a number of long-term initiatives, which do not have an effect directly on the Pesticide Action Plan II, but are essential in order to cover the long-term demand for knowledge on areas which are important for a continuos decrease of pesticide application.

Indledning

Anvendelsen af pesticider har i dag stor betydning for fødevareproduktionen. Samtidig er der stor fokus på anvendelsen af pesticider, idet anvendelsen indebærer en risiko for forekomst af disse stoffer i fødevarer. Det er ikke muligt at ophøre med brugen af pesticider fra den ene dag til den anden. Men den forskningsmæssige indsats må fastholdes og udbygges med henblik på at sikre en kraftig reduktion i forbruget.

I forbindelse med opfølgningen på Bicheludvalget og Pesticidhandlingsplan II er der behov for igangsætning af en række såvel kort- som langsigtede initiativer. Initiativerne skal understøtte de elementer, der indgår i handlingsplanen, som er:

- Nedsættelse af behandlingshyppighed
- Økologisk jordbrug
- Forbedring af godkendelsesordningen
- Udlægning af randzoner

Den nuværende stærke afhængighed af pesticider skal afløses af en langt bredere vifte af foranstaltninger til forebyggelse af virkningen af skadegørere og til begrænsning af produktionstab i plante- og husdyrproduktionen ved ophør eller stærkt reduceret anvendelse af pesticider. Med henblik på at understøtte denne udvikling skal der ske en forstærket videnopbygning, der koncentrerer sig om forebyggelse af angreb af skadegørere, reducerer de produktionsmæssige negative følgevirkninger, og som særligt fokuserer på at reducere de negati-

ve følgevirkninger, der er tilknyttet pesticidanvendelsen herunder den usikkerhed, der er knyttet til de langsigtede konsekvenser ved brugen af pesticider.

Der er endvidere behov for en løbende udvikling og forbedring på pesticidområdet af analysemetoder, kontrol og overvågning af disse stoffers forekomst i miljøet og fødevarerne samt deres eventuelle indvirkning på vigtige sundhedsforhold. Nærværende indlæg koncentrerer sig dog alene om plantebeskyttelsessiden.

Forskningsinitiativer

Inden for de næste 10 år må det forventes, at der vil ske en fortsat teknologisk udvikling, der kan bidrage til en yderligere nedsættelse af pesticidforbruget. Især vurderes nedenstående forskningstiltag som potentielle og vigtige at støtte:

Forebyggende og ikke-kemisk relaterede bekæmpelsesmetoder

- Forskning i skadegøreres populationsdynamik i forskellige dyrkningssystemer/bedrifter.
- Forskning i forebyggelsesstrategier via afgrødevalg og kulturtekniske faktorer herunder indflydelsen af gødningsniveau på skadegørere.
- Udvikling af nye teknikker til mekanisk ukrudtsbekæmpelse vil kunne forbedre bekæmpelsen. Der forventes bl.a. at være gode muligheder for udvikling af lugerobotter, som kan afløse manuel lugning.
- Udvikling af sorter med forbedret resistens og forskning i mekanismerne bag resistens.
- Forskning og udvikling af alternative metoder til bekæmpelse af udsædsbårne sygdomme.

Kemisk relaterede områder

- Intensiveret udvikling af varslings- og beslutningsstøttesystemer, som kan forudsige de situationer, hvor der vil udvikles betydelige angreb, som bør afbødes med sprøjtning.
- Udvikling af beslutningsstøttesystemer for specialafgrøder, som inddrager både forebyggelse og kemisk bekæmpelse.
- Udvikling af forbedrede kemiske bekæmpelsesmetoder til anvendelse i kombination med mekanisk bekæmpelse i rækkesåede afgrøder.
- Udvikling og anvendelse af informationsteknologi til formidling af viden og vejledning i plantebeskyttelse.
- Udvikling af positionsbestemt plantedyrkning og plantebeskyttelse, hvor bekæmpelsen begrænser sig til de områder af marken, hvor der er behov for bekæmpelse eller regulering af skadegørere.
- Intensiveret fokus på håndteringen af pesticider i forbindelse med påfyldning og rengøring af sprøjter. Her vurderes der at være gode muligheder for at mindske risikoen for punktforureninger omkring gården.
- Intensiveret fokus på sprøjteteknik, der kan mindske risikoen for afdrift.
- Vurdering af sammenhæng mellem udbyttetab, sprøjtetidspunkt og restkoncentrationer i fødevarer med henblik på at minimere indtaget af pesticider.

Forædlingspotentiale

Der vurderes inden for en 10 årig horisont kun at være begrænsede muligheder for reduktion i pesticidforbruget baseret på inddragelse af nye genmodificerede planter. På længere sigt kan der dog vise sig at være store muligheder for sorter med bedre sygdomsresistens.

Det vurderes ikke umiddelbart muligt for forædlerne at honorere alle ønskede krav til sorter samtidig. Det er derfor ikke sandsynligt, at der inden for en 10 årig periode vil fremkomme sorter, som kombinerer resistens mod alle væsentlige sygdomme med god vinterfasthed, god konkurrenceevne, god stråstivhed, høje udbytter og gode kvalitetsegenskaber.

Forudsætningen for at kunne anvise vejledninger i forebyggelse og bekæmpelse er, at den fundamentale viden om skadegørernes biologi og udvikling øges.

Forskningen inden for havebrug

Mange af de ovenfor nævnte forskningstiltag gælder for både land- og havebrugsområdet. Inden for havebrugsområdet er der på grund af den relativt store sprøjteintensitet et specielt stort behov for at få belyst alternative metoder til de kemiske. Med vores nuværende viden skønnes det dog allerede muligt i noget omfang at reducere den nuværende anvendelse af pesticider inden for havebruget. Ukrudtsbekæmpelse uden herbicider er mulig i frugt- og bærkulturer. Der er i visse kulturer muligheder for at dyrke mere resistente sorter, men en ændring i sortimentet af f.eks. æbler vil tage 10-15 år. Der findes forskellige kulturtekniske metoder, som kan reducere, men ikke fjerne sygdoms- og skadedyrsangrebene. Mange af disse er dog ret bekostelige (fjernelse af gammelt løv, afklipning af inficerede skud m.m.) og vil fordyre produktionen betydeligt.

Inden for væksthusproduktion er biologisk og mikrobiologisk bekæmpelse muligt, og det bør videreudvikles, ligesom de alternative metoder til vækstregulering bør støttes.

Det er forventeligt, at der så vel på hjemmemarkedet som på eksportmarkedet vil være stigende efterspørgsel efter produkter, hvor produktionsmetoderne er certificerede. Forudsætningen for en sådan certificering er, at der udvikles de fornødne redskaber, procedurer og regler, herunder IP-regler.

Afslutning

Det skal understreges, at det er nødvendigt ud over kortsigtede initiativer at afsætte ressourcer til en række langsigtede initiativer, som ikke umiddelbart har effekt på Pesticidhandlingsplan II, men som er nødvendige for at dække de langsigtede behov for viden på områder, som har betydning for en fortsat nedsættelse af pesticidanvendelsen ud over handlingsplanens periode.

Er agronomuddannelsens indhold relevant i forhold til krav der kan stilles til rådgivning vedrørende plantebeskyttelse?

Is the content of the agronomist education relevant compared with the demands which can be made on guidance concerning crop protection?

Flemming Frandsen
Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole
Bülowsvej 17
DK-1870 Frederiksberg C

Summary

There is a great need in future to educate candidates within agronomy on plant protection and integrated pest management, since the use of pesticides will be reduced to a minimum within few years. The educational programmes at The Royal Veterinary and Agricultural University are under a constant change adapting the courses in ecology, control of pests and other courses to the requirements of the future. The education of candidates is primarily focusing on ways of solving problems, to obtain and adjust knowledge. The aim of the education is to equip the candidates with tools and methods which are long lasting. A list of course activities related to plant protection is given and at the same time it must be stressed that aspects of organic farming, sustainable productive systems also will be in focus in the coming years.

Aktuelle krav

I dagens Danmark er der en meget markant stigende fokusering på brug af hjælpestoffer i landbruget og herunder speciel vægt på pesticiderne (fungicider, herbicider og insekticider). Problemer med nedsivning af pesticider, resistens hos skadevoldere mod de anvendte stoffer og nedbrydningsprodukters rolle i økosystemet samt den utilsigtede sidevirkning på nyttedyr og indifferent fauna har sat pesticider og forbrug af pesticider højt på dagsordenen.

Der er gennemført flere tiltag, og på det seneste har vi set Bicheludvalgets rapport, hvortil kommer Aktionsplan II, med henblik på styrkelse af det økologiske jordbrug. Der har været adskillige forskningsprogrammer rettet mod nedsat brug af pesticider, andre måder at gribe tingene an på og mange andre initiativer over de senere år.

Agronomuddannelsen og plantebeskyttelse

For et par år siden var der nogen kritik af KVL´s undervisning i planteværn, som tog udgangspunkt i en undersøgelse, der fastslog, at yngre agronomer tilsyneladende ikke følte sig tilstrækkelig "klædt på" til at møde landmændene og deres problemer. Problemerne blev diskuteret indgående bl.a. med indlæg fra DJF og KVL.

En sådan diskussion er altid god og resulterer i en fokusering på en problemstilling. Der er mulighed for eftertanke og revurdering, det er så ikke afgørende, om den oprindelige påstand er strengt korrekt eller måske lidt overdrevet.

På KVL har det betydet, at de faglige miljøer, der beskæftiger sig med plantebeskyttelse, har brugt kritikken i den løbende tilpasning af de kursusaktiviteter, der udbydes. Er de løbende ændringer tilstrækkelige, dækker de problemstillingen, og er man på forkant med udviklingen, det er spørgsmål man, som ved al anden uddannelse, til stadighed må stille.

Agronomuddannelsen

Det er klart, at en uddannelse som agronom skal indbefatte de nyeste strømninger inden for jordbruget, give eksakt viden inden for en stor vifte af fag, baggrund for hvad der sker i jordbruget men samtidig være fremadskuende og inddrage nye aspekter, også inden de er blevet fuldt accepteret i erhvervet.

Hvad er det så for nogle agronomer, der uddannes på KVL. Følgende er citat fra formål i studieordning for agronomuddannelsen:

Formålet er at uddanne kandidater, der

1. På baggrund af deres naturvidenskabelige uddannelse er i stand til at løse opgaver inden for såvel landbrugets primærbedrifter som den agroindustrielle sektor og offentlige administration, undervise samt deltage i forskning
2. Er i stand til at formulere og arbejde med komplekse problemstillinger ud fra et helhedssyn
3. Er i stand til selvstændigt at vedligeholde og udvikle deres faglige kompetencer
4. Er bevidste om etiske problemstillinger og har viden om globale og internationale forhold samt miljøforståelse som en integreret del af deres uddannelse
5. Kan formidle viden på forskellige niveauer, er samarbejdsorienterede og har en bred erhvervs- og samfundsforståelse.

Kandidater, der kommer ud fra KVL, har mange jobmuligheder. Blandt andet rådgivningstjenesten, det må så indrømmes, at det måske ikke er det mest søgte erhvervsområde af en række årsager. En af opgaverne i forbindelse med rådgivning er at formidle teoretisk og praktisk viden til brugergrupperne. Det er nok det sidste område, som i mange situationer måske ikke føles fuldt indfriet i begyndelsen af en ansættelse på et rådgivningscenter.

Uddannelsen på KVL, som for andre universiteter, tager ikke primært sigte på at lære kandidaterne en meget stor mængde af paratviden, men på at give dem en akademisk indfaldsvinkel. Man skal lære principper, anvendelse af disse og erhverve en langsigtet viden, der kan bruges til at indhente den allernyeste viden, såvel af teoretisk som praktisk karakter, og sætte den nye viden i perspektiv.

Målet er at give de studerende et overordnet kendskab til grupper af markedsførte plantebeskyttelsesprodukter, deres gode og dårlige side samt indblik i den lovgivning og det kontrolapparat, der er med til at afgøre, hvilke produkter der anvendes og hvordan.

Med (den hastige) udvikling i begrænsningerne i anvendelse af hjælpestoffer i

jordbrugserhvervene vil et specifikt kendskab til produkter være noget man vil opnå, i forhold til den ansættelse man kommer i. Hertil kommer, at de studerende forventes at få viden opdateret gennem:

- forskellige former for efteruddannelse
- anvendelse af håndbøger
- viden indsamlet fra sektorforskningen, hvor den indhøstede praktiske erfaring er synliggjort.

Det er erfaringen, at der er brug for et grundigere kendskab til skadevolderes biologi, hvis der skal bruges færre hjælpestoffer, end hvis man bruger pesticider til at ændre situationen i en afgrøde. Derfor er kendskab til skadevolderes biologi et meget væsentligt element i undervisningen på KVL. Forenklet udtrykt, er det populationer af skadedyr man gerne vil holde styr på - vil holde på et lavt niveau - og i det spil er der mange parametre.

Nogle af dem er naturligt forekommende. Af dem vil nogle blive påvirket af en behandling. Andre er afhængige af, at der er skadedyr til stede, så den naturlige nyttepopulation kan opretholde en bestand, der eventuelt kan være regulerende. Andre faktorer - abiotiske - har vi ingen styr på, men de kan spille en væsentlig rolle i forbindelse med udarbejdelse af prognoser.

Undervisningen på KVL inden for plantebeskyttelse tager bl.a. udgangspunkt i skadetærskler for bekæmpelse, i dosis-respons sammenhænge og hertil kommer gennemgang af matematiske modeller og moniterings- og varslingssystemer, som i samspil kan give bedre værktøjer til optimering af plantebeskyttelse.

Områder, der også dækkes af undervisningen, er vigtigheden af forebyggelse af problemerne gennem sædskifte.

Det er ikke min rolle i dette indlæg at gennemgå og stå inde for de enkelte undervisningsaktiviteter inden for plantebeskyttelse på KVL men at forholde mig til de overordnede linier.

I det efterfølgende ses en oversigt over undervisningsaktiviteten på KVL i relation til plantebeskyttelse. Det skal pointeres, at der ud over de omtalte kursusaktiviteter er mulighed for dels at lave et bachelorprojekt på 18 ECTS (der skal 30 ECTS til et helt semester) og dels et afsluttende speciale på 36 eller 48 ECTS i plantebeskyttelse.

Økologisk jordbrug kunne også inddrages i listen, da det er et fagområde i ekspansion og med problemer omkring plantebeskyttelse. På det seneste er det besluttet på KVL at lave en kandidatlinie – agroøkologi - som er et nordisk initiativ inden for NOVA universitetet.

Det skal pointeres, at det forventes, at KVL´s kurser udvikler sig over tid, de må ikke være fastlåste og en evig gentagelse, at der ofte bør ske en større grad af interdisciplinære studieaktiviteter, og helheder skal inddrages. Det vil sige, at kurserne ikke nødvendigvis fremstår som enkeltprojekter, men indgår i helheder. Der er dog altid kurser, som vil bære præg af underviserens faglige interesse og indsigt, et meget værdifuld grundlag for specialuddannelser og kommende specialer.

Undervisning på KVL med relation til plantebeskyttelse

Temakursus i Planteproduktion, *gennemført i en årrække*
8. Semester - 24 ECTS
Plantebeskyttelse er i henhold til opslag inkorporeret, men ikke tilstrækkeligt, derfor et nyt tema - integreret plantebeskyttelse
Temakursus i Integreret Plantebeskyttelse *- oprettes i 2000 som ad hoc kursus*
8. Semester - 24 ECTS
Ukrudt, plantebiologi og zoologi
Ukrudtslære - Weed Science
3. Semester - 6 ECTS
Crop protection in the Tropics
5. Semester - 12 ECTS
Ukrudtslære, zoologi og plantepatologi
Biological Control of Pests and Diseases of Crop Plants
7. Semester - 6 ECTS
Zoologi og plantepatologi
Biologisk insektbekæmpelse
5. Semester - 6 ECTS
Landbrugszoologi
4. Semester - 6 ECTS
Havebrugszoologi
4. Semester - 6 ECTS
Diagnosis of Plant Diseases and Pests
6. Semester - 6 ECTS (3-ugers kursus)
Zoologi og plantepatologi
Zoologisk økologi
2. Semester - 6 ECTS

Hertil kommer:
Økologisk jordbrug
Introduktion til økologisk jordbrug
Almen Plantepatologi?
Disease resistance. The biological defence of plants

Kontakt til Sektorforskning og Rådgivningstjenesten

Med et stort batteri af bekæmpelsesmetoder kan det være vanskeligt for KVL at formidle detailviden om de enkelte produkters anvendelse, brugsanvisninger etc. Denne rolle har KVL heller ikke i denne sammenhæng. Derimod skal KVL gennemgå samspil mellem metoder, skadevoldere og afgrøder på marker, klimaet, jordbunden etc. og dermed give et generelt indblik i, hvorledes optimering i forhold til forskellige præmisser kan/vil give forskellige anbefalinger

fra beslutningsstøttesystemet i forhold til plantebeskyttelsen.

Det har vist sig, at der ved indførelse af dyrkningsmåder, der søger at nedbringe forbruget af pesticider, bliver et større behov for at kende skadevoldere (skadedyr), men også nyttedyrene. En behandling der bliver foretaget for sent - symptombehandling - kan være særdeles skadelig, fordi den ikke vil ramme skadevolderen men med stor sandsynlighed disses naturlige fjender.

Ved udvikling af IP systemer i Tyskland og Schweiz er der eksempelvis lavet håndbøger med illustrationer og beskrivelser af skadedyr og endnu tykkere håndbøger med samme type informationer om deres naturlige fjender.

Optimeringen i dag skal helt klart ske ikke efter produktionsmæssige hensyn/økonomiske kalkuler men i langt højere grad ud fra miljømæssige og etiske overvejelser.

Det er derfor et af kernepunkterne i KVL´s agronomuddannelse at formidle basal biologisk viden og langtidsholdbare metoder og viden til de studerende. Det er et faktum, at studerende der kommer til KVL og andre naturvidenskabelige uddannelser har en meget lille biologisk viden, så der skal lægges et grundlag af basalviden og specielt med henblik på de meget indviklede interaktioner, der er i alle dyrkningsøkosystemer.

Når vi er nede i den mere specifikke anvendelsesdel, er det ganske åbenbart, at såvel sektorforskningen som rådgivningstjenesten har store forpligtelser.

Sektorforskningen skal være med til at frembringe afprøvningsdata, sammenstille indhøstede data, så de bliver operative i den praktiske situation. Landbrugets Rådgivningscenter spiller en central rolle i implementering af denne viden til brugerne/interessenterne.

Det er således i dag, at studerende på KVL har adgang til oplysningen indhentet af Landbrugets Rådgivningstjeneste i samarbejde med Statens Jordbrugs- og Fiskeriøkonomiske Institut og Danmarks JordbrugsForskning bl.a. virksomhedsregnskaber på studielandbrugene. På denne måde kan studerende anvende programmer i Bedriftløsning, bl.a. PC-Planteværn og derigennem gøre sig bekendte med de praktiske aspekter ved plantebeskyttelse.

I dag ansætter man ikke en specialist f.eks. i rådgivningstjenesten. Man ansætter en medarbejder, der gennem de første måneders daglige arbejde får den store praktiske brugbare viden, og som gennem efteruddannelser og selvstudier holder sin viden ajour etc.

Det er meget muligt, at vore agronomer af i dag ikke har et skråsikkert forhold til brug af pesticider i plantebeskyttelse, det skyldes måske, at der er forholdsvis mange produkter, men primært et stadigt stigende krav til korrekt anvendelse, krav som hurtigt ændres. Tidligere var spektret af pesticider mindre og hertil kom, at mange af de agronomstuderende havde en umiddelbar relation til jordbruget. Det sidste er ikke så fremtrædende omkring år 2000, hvor de fleste rekrutteres fra byer og bymæssige områder. Det er et faktum, som meget nøje har fulgt den store afvandring fra landet og de færre jordbrug.

Et af de centrale spørgsmål i dagens Danmark er, om det er muligt gennem en universitetsuddannelse at gøre kandidater rede til at varetage de mange jobtyper de kan ansættes i, og som oftest vil være inden for meget snævre fagområder. Agronomuddannelsen på KVL er som tidligere pointeret meget bred i sin indfaldsvinkel. Den enkelte studerende kan prøve igennem valgsystemet at lave en snæver profil men kun meget sjældent så snæver og spids, at

man kan springe direkte ind i rådgivningsopgaven. Inden for andre universitetsuddannelser som bl.a. sigter på gymnasiet, skal man i praktik i et halvt år, inden man er uddannet. Medicinerne skal igennem en længere praktikperiode, inden man er uddannet til at fungere på egen hånd. I andre fagområder starter man som føl/"lærling" og udviklinger sig i løbet af de første måneder.

VISION - den fremtidige agronomuddannelser og plantebeskyttelse

Uddannelserne fra højere læreanstalter såvel som fra mellemlange og korte videregående uddannelsesinstitutioner skal være omstillingsberedte.

KVL skal give de uddannede kandidaterne værktøjer til at varetage kommende opgaver og kun i et vist omfang paratviden. KVL kan ikke sikre, at kandidaterne bliver "alvidende" til den meget brede vifte af aftagerstillinger, som ligger efter uddannelsen.

I løbet af studiet skal man lære

- at blive selvforvaltende
- at tage ansvar for egen læring
- at lære at ajourføre viden (opdatering)
- at arbejde projektorienteret
- at formidle og udnytte alle de forhåndenværende informationskilder, IT samfundets krav

Det er en stadig udfordring for KVL at levere uddannelser, der er på forkant med udviklingen. Inden for plantebeskyttelse kommer bl.a. præcisionsjordbrug under anvendelse af sensorer, robotter og den allernyeste teknologi til at spille en stor rolle. Bioteknologien vil også finde sin plads, der er en lang række scenarier på dagsordenen fra såvel forskernes som industriens side. Der eksperimenteres, nogle af de nye tiltag er direkte anvendelige, mens andre støder på stor offentlig modstand. Modstand mod nogle bioteknologiske produkter kan skyldes, at konsekvenserne er svære umiddelbart at overskue for menigmand, eller at forskerne/industrien/erhvervet ikke har forstået at formidle gode og dårlige sider ved de nye produkter på en troværdig måde.

Det er ganske klart, som også fremhævet tidligere, at KVL´s kandidater ikke er klædt på for resten af livet - long life learning er et af tidens nøgleord.

Det betyder, at efteruddannelse fremover vil spille en større rolle.

På KVL er dette ganske klart. Men hvordan implementeres efteruddannelsen i praksis f.eks. kan nogle af de normale kursusudbud på kandidatuddannelsen udnyttes af færdige kandidater. Det kan ske ved: Deltagelse gennem hele semesteret, long distance learning, aftenskoleundervisning, weekendkurser, 3 ugers kurser. Der er mange muligheder, som skal udforskes i de kommende år.

Det er klart af efteruddannelsen kan/skal ske i samarbejde mellem de aktører, der findes på uddannelsesområdet bl.a. Landbrugets Rådgivningscenter, DJF og de faglige fora bl.a. fagforeninger.

KVL vil i de kommede år gøre nye tiltag for at få større klarhed over de krav samfundet stiller til de kandidater, der produceres.

Universitetsverdenen har ofte fået skyld for at lukke sig inde, være sig selv nok og ikke følge med udviklingen. En kritik som kan være berettiget, hvis man er af den opfattelse, at det skal være erhvervslivet/aftagerne, der suverænt skriver studieordningerne for uddannelser eller styrer forskningen i meget anvendelsesorienteret retning. Men udformning af bl.a. studieordninger skal ske i en interaktion mellem samfundets forskellige interesseområder, og her skal aftagerne naturligvis have en medindflydelse på såvel studieområder som forskning.

For at få en bedre fornemmelse af hvad der rører sig i samfundet, og hvordan KVL´s egne kandidater opfatter situationen, vil KVL i de kommende år arbejde på et nyt koncept for at sikre en tilbagemelding fra kandidater. KVL vil gennem at holde kontakt med kandidaterne indhente oplysninger om positive såvel som negative opfattelser af uddannelsens elementer, hvad der mangler i uddannelserne i forhold til samfundets og de enkelte jobpolitiske krav og samtidig skaffe oplysninger om, hvad der rører sig inden for de forskellige aftageområder. Dette vil give en fremragende og følsom feed back mekanisme, som KVL´s uddannelsessystem og dermed det danske samfund kan drage nytte af.

Den agrokemiske industris forventninger til fremtidens plantebeskyttelse i forhold til Pesticidhandlingsplanen

The Crop Protection Industry's views on use of Crop Protection Products with regard to The Danish Pesticide Reduction Plan II

Per Kristensen
Dansk Planteværn
Amalievej 20
DK-1875 Frederiksberg C

Summary

The Danish Crop Protection Association (DCPA) and its members realise, that The Danish Pesticide Reduction Plan II will bring another major challenge for our industry. The farmers are requested to reduce the application frequency of Crop Protection Products by more than 30% over the next 5 – 10 years. This naturally will affect our sales accordingly and thereby the structure of the industry.

However, we are prepared to meet this challenge together with the farmer, the extension services and the National Research Institutes. The targets set in the Reduction Plan are based on the conclusions and the recommendations from the Bichel-Committee. The DCPA was an active part of this Committee, and we support the factual and science based recommendations. A sustainable agriculture contains at least two major elements, namely environment and profitability.

Therefore our strategy is build on Integrated Crop Management (ICM) and Integrated Pest Management (IPM). Those farming systems require professional farm managers, who are prepared to work for optimisation of farm profitability with the necessary responsibility to the environment. The extension services will play an active role during the process of educating and training the individual farmer to adjust and thereby achieve the targets.

The DCPA invites other relevant stakeholders to participate in this major challenge. Only together we will have the skills to support the farmer in meeting the targets.

Indledning

I maj 1997 vedtog Folketinget enstemmigt en dagsorden, hvor regeringen opfordredes til at nedsætte et udvalg med uafhængigt sagkundskab til vurdering af de samlede konsekvenser af en afvikling af pesticidforbruget inden for jordbrugserhvervene. Baggrund for vedtagelsen var, at sikring af Danmarks vandmiljø herunder grundvand og drikkevand tillægges afgørende betydning. Samtidigt bekræftede Folketinget, at økologisk drift inddrages som en del af strategien for pesticidfrit grundvand.

Det såkaldte Bicheludvalg analyserede i 1998 og begyndelsen af 1999 anvendelsen af pesticider i landbruget. Udvalget konkluderede og afleverede sine anbefalinger i foråret 1999

til miljø- og energiministeren. I marts 1999 offentliggjorde ministeren rapporten og fandt, at resultatet var enestående, samt at der for første gang var skabt et fagligt grundlag for de politiske beslutninger. Ministeren hæftede sig i øvrigt ved, at anbefalingerne blev afleveret af et enigt udvalg og meddelte, at resultatet af arbejdet ville danne grundlag for en ny pesticidhandlingsplan.

Den 14. december 1999 offentliggjorde miljø- og energiministeren udkast til Pesticidhandlingsplan II. Udkastet blev sendt i høring med svarfrist 26. januar 2000.

Dansk Planteværn finder, at udkastet til Pesticidhandlingsplan II, i de store linier, er ganske loyalt over for Bicheludvalgets anbefalinger.

Handlingsplanens mål

- Behandlingshyppigheden[1] skal være så lille som mulig. (Regeringen går videre end det enige Bicheludvalg ved at forlange en behandlingshyppighed på 2,0 allerede med udgangen af år 2002).
- Der skal ske en beskyttelse af visse områder. (Landbruget skal udlægge sprøjtefrie zoner langs visse vandløb og søer over 100 m^2. Desuden skal særligt følsomme områder med risiko for udvaskning til grundvandet beskyttes).
- Der skal ske en udvidelse af arealer med økologisk produktion.
- Godkendelsesordningen for pesticider skal revideres igen.

Virkemidler fokuserer i første fase på rådgivning, information og efteruddannelse. Konsulenter og brugere får altså chancen for at bevise, at der stadig kan ske en reduktion i anvendelsen af planteværn, uden at det går væsentligt ud over dækningsbidraget.

Ved etablering af randzoner kan der opnås kompensation for visse typer. Samtidig lægger handlingsplanen op til, at landmanden selv må bære en del af omkostningerne og "bogføre" disse som en del af prisen for Godt Landmandskab.

Nås de opstillede mål ikke, fastslås det allerede nu, at man er klar til at dreje på afgiftsskruen og/eller indføre kvoter for anvendelse af planteværn på den enkelte bedrift.

Der skal evalueres på opnåede resultater hvert tredje år, hvorefter nye delmål fastlægges.

Industriens synspunkter

Dansk Planteværn gav på opfordring synspunkter og input til Miljøstyrelsens arbejdsgruppe under arbejdet med udkastet til Pesticidhandlingsplan II.

Dansk Planteværn er medunderskriver på Bicheludvalgets anbefalinger. Så i den udstrækning en fremtidig handlingsplan bygger på det faglige grundlag, vil Dansk Planteværn og foreningens medlemmer aktivt deltage i løsningen af de ganske store udfordringer, jordbrugserhvervene skal takle over de næste 5 – 10 år.

[1] Behandlingshyppigheden er et udtryk for, hvor mange gange årligt landbrugsarealet i gennemsnit kan behandles med den *solgte* mængde pesticider under forudsætning af, at de anvendes i de fastsatte normaldoseringer.

En politisk begrundet generel reduktionsmålsætning er naturligvis i konflikt med industriens merkantile interesser. Dette forhindrer imidlertid ikke vor opbakning til fagligt begrundede målsætninger.

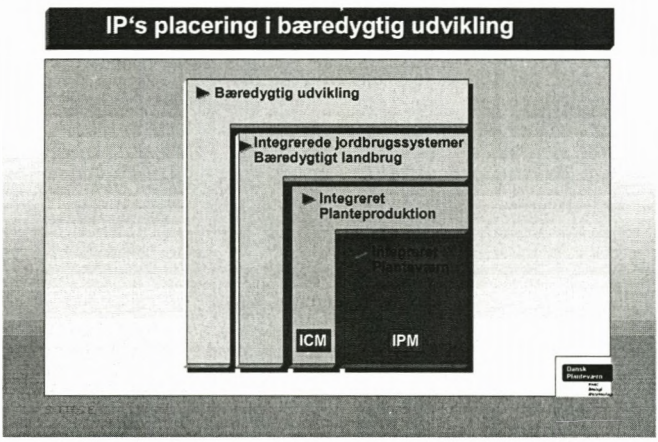
Bicheludvalgets anbefalinger er baseret på optimering, hvor de ulønsomme behandlinger fravælges i den udstrækning, dette er muligt. Samtidigt understreges, at den endelige strategi for optimering ikke må forringe jordbrugets driftsøkonomi nævneværdigt.

En sådan strategi er på linie med Dansk Planteværns opfattelse af et bæredygtigt jordbrug, der både indeholder en økonomisk og en miljømæssig dimension. Det er bl.a. disse grundtanker, der gør Dansk Planteværn og foreningens medlemmer til konstruktive medspillere i Pesticidhandlingsplan II.

Det er både vigtigt og ganske logisk, at Pesticidhandlingsplan II fokuserer på principperne i Integreret Produktion (IP).

Bæredygtig udvikling

Integreret Planteværn *(Integrated Pest Management (IPM))* er den metode til bekæmpelse af skadevoldere, der bedst dækker behovene i et bæredygtigt landbrug. IPM er en delkomponent af Integreret Planteproduktion *(Integrated Crop Management (ICM))*. Dyrkningsstrategier efter ICM-principperne er udviklet til også at varetage hensynet om bæredygtighed på langt sigt. Principper og strategier indeholder helhedsbetragtninger på driftsledelse (driftsøkonomi, respekt for natur og miljø, energibalance, etc.). Integreret Planteproduktion er ikke et stramt defineret dyrkningssystem. Derimod er det dynamisk og søger at adoptere og anvende nyeste forskning, teknologi, rådgivning og høstede erfaringer.



Integreret Planteværn i forbindelse med Integreret Planteproduktion og Bæredygtig udvikling.

Dansk Planteværn og foreningens medlemmer har siden 1997 arbejdet med IP, og branchens strategi bygger derfor på IP-principperne. Der er gennemført en række initiativer i foreningsregi, som opdaterer medlemmernes egen kommunikation, rådgivning og marketing.

Internationalt deltager Dansk Planteværn i ICM/IPM aktiviteter både gennem de nationale søsterorganisationer i EU men også gennem European Crop Protection Association (ECPA) og Global Crop Protection Federation (GCPF).

IP og Pesticidhandlingsplan II

En målopfyldelse af Pesticidhandlingsplan II peger mod en væsentligt større udbredelse af kendskab og praktisering af IP-principperne i planteproduktionen. Det er vor vurdering, at op mod 1/3 af planteavlen i dag gennemføres efter IP. Skal behandlingsintensiteten reduceres med 30 – 40% i forhold til nuværende, vil det være nødvendigt, at de resterende 2/3 af planteavlen adopterer IP-principperne.

Landbrugets definition af Godt Landmandskab er i harmoni med IP. Det er vigtigt at forstå, at IP-principperne bygger på viden og dygtighed omkring optimering af input og ikke nødvendigvis en maksimering af samme.

Planteværn i IP

- Forebyggelse frem for bekæmpelse. Forebyggelse er ofte muligt, og bekæmpelse er ikke altid påkrævet.
- Bekæmpelse skal overvejes både ud fra økonomi (nettomerudbytte) og behørige miljøhensyn.
- Bekæmpelsesstrategi lægges, så forekomst af skadevoldere holdes under skadetærskel. Er bekæmpelse nødvendig, anvendes den optimale kombination af eksisterende metoder.
- Planteværn i IP skal struktureres, og hele bedriften skal inddrages.

Planlægning

- Vent ikke til skadevolderen bliver et problem – følg med i lokale varslingssystemer.
- Formuler en strategi, der dækker hele rotationen/sædskiftet.
- Forudse forekomst af specifikke skadevoldere og kend skadetærsklerne (eksisterende viden).
- Juster og optimer sædskiftet. Udskift sorter, når det er påkrævet.
- Følg med i den nyeste udvikling (Danmarks JordbrugsForskning og Landbrugets Rådgivningscenter, rådgivnings- og ERFA-grupper).
- Vedligehold maskinparken – også marksprøjten.
- Gennemgå og ryd op i "giftrummet" så det opfylder lovens krav.

Vurder og indarbejd alternativer

- Ensidig kemisk bekæmpelse er ikke altid det klogeste. Et fornuftigt sædskifte vil alt andet lige minimere risiko for forekomst af skadedyr, sygdomme og ukrudt.

- Optimal driftsledelse forebygger opformering af ukrudtsfrøpuljen og begrænser forekomst af visse skadedyr og sygdomme.
- Resistente sorter er til rådighed, og de opfylder som hovedregel også kravene til både udbytteniveau og kvalitet.
- En fornuftig jordbearbejdning, korrekt pløjning, optimalt såtidspunkt og ideelt såbed kan virke begrænsende på sygdomsangreb.
- Biologiske bekæmpelsesmetoder er endnu som hovedregel begrænset til væksthusmiljøer
- Overvej anvendelse af manuel arbejdskraft.

Opsøg "problemerne"

- Identificer ukrudtsforekomst i marken så tidligt som muligt. Det giver mulighed for anvendelse af reducerede doseringer.
- Brug fangstfælder og lignende varslingsmetoder når det er muligt for at vurdere udbredelse af skadevoldere.
- Anvend diagnoseværktøjer og beslutningsstøttesystemer i den udstrækning de er til rådighed. Identifikation af skadevolder er vigtigt. Forekomst betyder ikke nødvendigvis bekæmpelse her og nu – tal med konsulenttjenesten.
- Jordprøver med relevante analyser kan afsløre eventuelle problemer med jordboende skadevoldere.
- Markvandring gennem vækstsæsonen og kendskab til skadetærskler er en naturlig del af optimal driftsledelse.
- Søg deltagelse i rådgivnings- og/eller ERFA-grupper med fokus på planteavl – eller tag initiativ til at etablere en ny. Få planteavlskonsulenten involveret.

Valg af planteværnsmiddel

- Integrer kemisk bekæmpelse med andre bekæmpelsesmetoder.
- Betragt ikke kemiske planteværnsmidler som universalløsninger til ethvert problem.
- Lyt til din planteavlskonsulent.
- Vurder altid lokalitet, naboafgrøder, tilstødende vildtbiotoper, vådområder etc. før det endelige valg.
- Brug de beslutningsstøttesystemer der er til rådighed (f.eks. PC-Planteværn) men aldrig uden en fysisk inspektion af problemet samtidig.

Når der sprøjtes

- Marksprøjten er klargjort og i orden.
- Sprøjtefører har den obligatoriske uddannelse og følger de udbudte kurser i øvrigt.
- Anvend personlige værnemidler som foreskrevet og etabler et optimalt arbejdsmiljø i øvrigt.
- Brug så meget planteværn som nødvendigt, men så lidt som muligt.

- Foretag en risikovurdering, følg brugsanvisninger og overhold kodeks for God Sprøjteadfærd.
- Etabler sprøjtefrie randzoner.
- Vis ansvarlighed ved påfyldning af sprøjten, bortskaffelse af overskydende sprøjtevæske, tom emballage og rester af planteværnsmidler i øvrigt samt ved rengøring af sprøjtemateriel.

Før sprøjtejournal

- Marksprøjtning (mark, afgrøde, dato, dosering, skadevolder, tidspunkt, vandmængde etc.).
- Udfyld ukrudtskort.
- Afgrødejournaler inklusive detaljer om forekomst af skadevoldere opdateres kontinuerligt.
- Kend den aktuelle behandlingshyppighed både på mark- og bedriftsniveau.
- Fortsæt med markvandring gennem hele vækstsæsonen.

En journalisering af bedriftens aktiviteter bidrager til opbygning af en kvalitetsstyring og dermed forberedelse af et grønt regnskab for bedriften. Herudover giver journaliseringen grundlag for en kritisk revision inden næste sæson og eventuelt svar på spørgsmålet: Kunne det have været gjort bedre?

Opstil mål

- Mål for behandlingshyppighed.
- Miljømål – f.eks. etablering/vedligeholdelse af læhegn.
- Økonomiske mål – f.eks. DB/ha.
- Afgrødemål – f.eks. udbytte hkg/ha, kvalitetsmål.
- Energimål – f.eks. forbrug af diesel/ha.
- Mål for vandkvalitet – f.eks. flora og fauna kriterier.
- Mål for uddannelse af personale.
- Etc.

Evaluering og resultatopgørelse følger naturligvis inden revision og opstilling af nye mål.

Foreligger en detaljeret beskrivelse af det, der er gjort, sammen med de mål, der var sat, er der mulighed for resultatevaluering. Der er basis for at dokumentere de opnåede resultater og lære af sine erfaringer (positive som negative).

Journalisering og målsætning er grundlag for at fortælle omverdenen, hvad der foregår, og hvorfor der er disponeret, som der er.

Endelig kan der via Landsforsøgene, rådgivnings- og ERFA-grupper sammenlignes med, hvad resultatet ville blive, såfremt der var disponeret anderledes.

Sammendrag

Dansk Planteværn forventer, at anvendelsen af planteværn i landbruget fortsat vil være i politisk fokus og dermed stramt reguleret. Branchen deltog aktivt i Bicheludvalgets arbejde og bidrog herved til en analyse af den samfundsøkonomiske betydning anvendelse af planteværn har.

Både i Bicheludvalgets faglige udredningsarbejde og i praksis er der skabt dokumentation for, at anvendelse af planteværn kan optimeres. De teoretiske konklusioner viser, at den såkaldte behandlingshyppighed kan reduceres med 30 – 40%, uden at det går nævneværdigt ud over landmandens driftsresultat. I praksis har eliteplanteavleren bevist, at der ved anvendelse af eksisterende viden, i kombination med dynamiske dyrkningssystemer, kan drives effektiv planteavl med en sprøjteintensitet pr. ha, der ligger under det eksisterende gennemsnit. Det skal imidlertid bemærkes, at de såkaldte eliteplanteavlere har været 12 – 15 år om at nå dette resultat.

Forbruget af planteværn vil falde i takt med en optimeret behandlingshyppighed. Dansk Planteværn er medunderskriver på Bicheludvalgets anbefalinger. Så i den udstrækning en fremtidig handlingsplan bygger på det faglige grundlag, vil Dansk Planteværn og foreningens medlemmer aktivt deltage i løsningen af de ganske store udfordringer, jordbrugserhvervene skal takle over de næste 5 – 10 år. En optimering i anvendelse af planteværn er for os et vigtigt element i et bæredygtigt jordbrug, der både har en økonomisk og en miljømæssig dimension.

En politisk begrundet generel reduktionsmålsætning er naturligvis i konflikt med industriens merkantile interesser.

Dansk Planteværn og foreningens medlemmer vil bidrage til opfyldelse af handlingsplanens mål med initiativer omkring principperne i Integreret Planteværn, og vi inviterer de øvrige interessenter i fødevareproduktionen til at deltage.

Varslingssystem for udvaskning af pesticider til grundvand

Pesticide leaching assessment program

Bo Lindhardt
GEUS
Geokemisk Afdeling
Thoravej 8
DK-2400 København NV

Preben Olsen
Danmarks JordbrugsForskning
Afdeling for Jordbrugssystemer
DK-8830 Tjele

Ruth Grant
Danmarks Miljøundersøgelser
Afdeling for Vandløbsøkologi
Vejlsøvej 25
DK-8600 Silkeborg

Summary

Throughout 1999 six test field sites have been established, where leaching of pesticide will be monitored. Two of the sites are located on sandy soils, while 4 are on loamy till. The sites are between 0.8 to 2.8 hectare. Crop rotation plans for the first three years have been settled. Over this period a total of 24 pesticides will be used on the six sites.

The objective of the program is to investigate, if registered pesticides leach to the ground water, when used, as prescribed on the label. If a pesticide or its metabolites are found, an early feedback can be given to the approval system.

Water will be sampled by use of teflon suction samplers, tile drains, horizontal and vertical wells. Sampled water will be analysed for pesticides as well as their metabolites. If any is found transports will be described.

Sampling on the first site began in spring 1999. All sites will be sampled from spring 2000 Results from the first growing season on 3 sites will be published at the beginning of 2001.

Indledning

Igennem de sidste ti år har der været en heftig debat om kilden til forurening med pesticider af vores grundvand. Er fundene af pesticider og deres nedbrydningsprodukter et resultat af regel-

ret anvendelse af stofferne, eller er der tale om udvaskning fra punktkilder f.eks. vaskepladser og nedgravet affald? Hertil kommer diskussionen om i hvilket omfang, det er anvendelsen inden for landbruget eller anvendelsen til renholdelse af befæstede arealer, der udgør den største potentielle trussel for grundvandet. For at sikre, at de pesticider, der i dag anvendes, ikke udvaskes til grundvandet i uacceptable mængder, har Folketinget bedt GEUS, Danmarks JordbrugsForskning, Danmarks Miljøundersøgelser og Miljøstyrelsen om i samarbejde, at etablere et overvågningsprogram, hvor udvaskningen af pesticider fra en række marker følges.

Formålet med programmet er at give en relativ hurtig varsling om risiko for påvirkning af grundvandet ved regelret anvendelse af godkendte pesticider under realistiske danske forhold. Hvis godkendte pesticider eller deres metabolitter udvaskes i uacceptable koncentrationer til det unge grundvand, skal resultaterne kunne give grundlag for, at Miljøstyrelsen kan igangsætte en revurdering af de pågældende pesticider. Ved eventuelt fund af et stof i uønskede koncentrationer er det vigtigt at kunne afgøre, om dette kan relateres til en regelret anvendelse inden for den enkelte lokalitet.

Arbejdet med etableringen af forsøgsmarkerne begyndte i vinteren 1998/foråret 1999 og blev afsluttet ultimo 1999. Driften af den første mark startede i foråret.

I dette indlæg gives der en kort præsentation af programmet, herunder instrumentering af markerne. En grundig beskrivelse af de enkelte forsøgsmarker vil foreligge ultimo 2000. De først resultater vil foreligge primo 2001.

Udvælgelse af marker

Programmet omfatter 6 marker på mellem 0,8-2,6 ha. De er udvalgte, således at de repræsenterer forskellige typer af geologi. To områder er placeret på sandaflejringer, dels en grovsandet dels en finsandet aflejring, mens de sidste 4 er placeret på leraflejringer. Et krav til de lerede marker har været, at der er et velafgrænset drænsystem, som dækker hele marken og kun den. For alle områder er grundvandsspejlet rimelig overfladenært, 2-5 m.u.t. I tabel 1 er der summarisk angivet oplysninger om de enkelte marker.

Udvælgelsen af de lerede marker har været vanskeliggjort af, at den enkelte mark skulle drænes af et "velkendt" og afgrænset drænsystem. For at opnå dette har det være nødvendigt at etablere omfangsdræn samt ændre drænene omkring selve afløbet. Gravearbejdet har ikke måtte udføres på selve marken, hvorfra vi udtager vandprøver.

Områderne er placeret således, at der tages hensyn til de klimatiske variationer i Danmark, specielt med hensyn til nedbørsforhold. Vurderet ud fra den årlige gennemsnitsnedbør ligger der en sandet og to lerede marker i områder, der har en relativt høj nedbør, mens de øvrige marker ligger, hvor der må forventes en lav til middel nedbør.

Forsøgsområderne er beskrevet grundigt med hensyn til jordbundsprofiler, geologi og hydrogeologi. Jordbund og geologi er beskrevet således, at det muliggør modellering af udvaskningsforholdene.

Tabel 1. Oversigt over marker. Summary for the site.

	Tylstrup Brønderslev	**Jyndevad** Tinglev	**Silstrup** Thisted	**Estrup** Vejen	**Fårdrup** Slagelse	**Slæggerup** Roskilde
Ejer	DJF	forpagtet	DJF	forpagtet	forpagtet	forpagtet
Etableret	april	maj-juni	aug-sep	nov-dec	juni-aug	sep-okt
Drifstart og prøvetagning	maj 1999	sep. 1999	april 2000	april 2000	sep. 1999	april 2000
Afgrøde						
1999	kartofler					
2000	vårbyg	vinterrug	roer	vårbyg	vinterhvede	vårbyg
2001	vinterrug	majs	vårbyg	ærter	roer	ærter
2002		vårbyg	vinterhvede	vinterhvede	vårbyg	vinterhvede
B x L, m	60 x140	135 x 180	90 x 180	120 x 100	160 x 150	150 x 170
Areal, ha	0,8	2,4	1,6	1,2	2,4	2,6
Jordart	Finsand	Grovsand	Ler	Ler	Ler	Ler
Nedbør, mm/år 1960-91	666	859	867	862	550	560

Drift

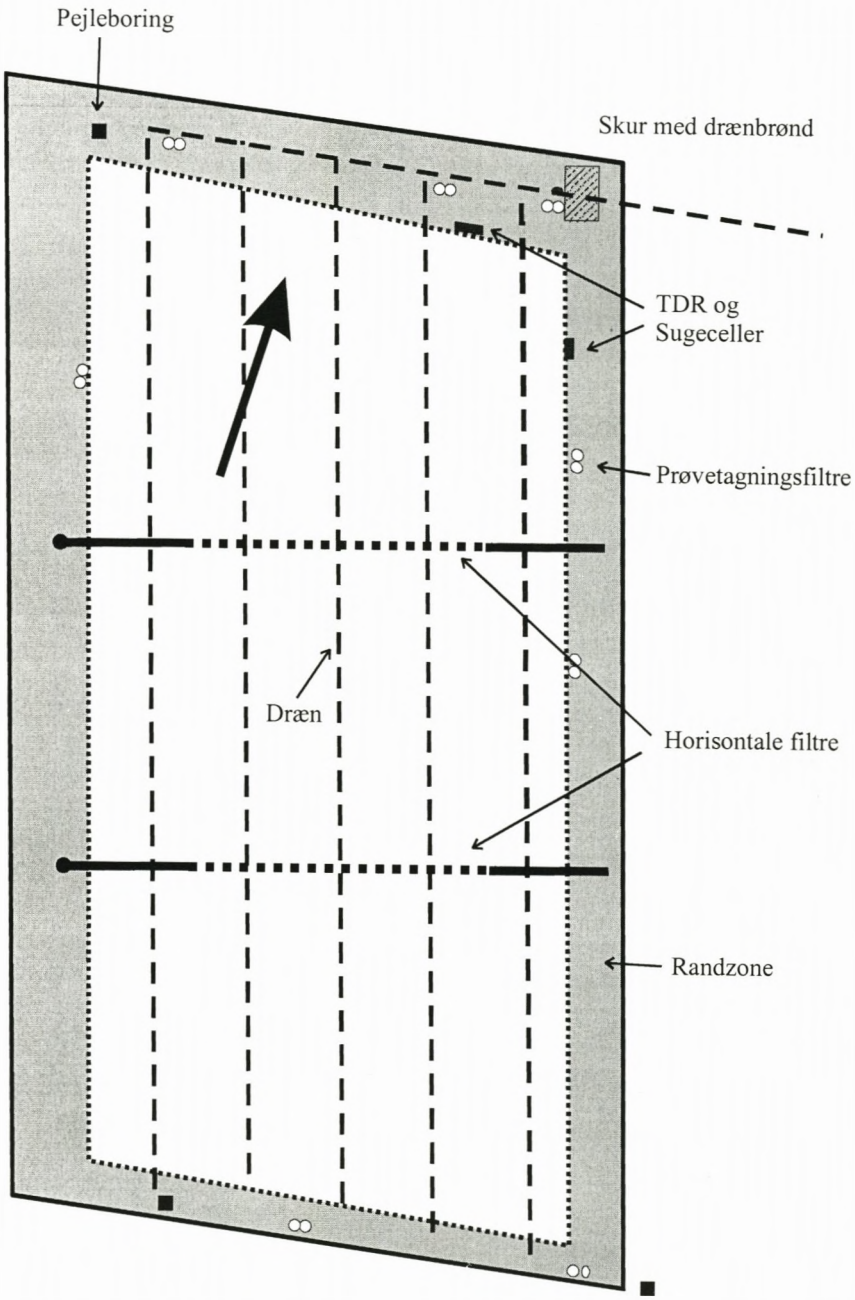
Markerne drives som ordinært landbrug med hensyn til sædskifte og jordbehandling. For hver mark er der opstillet et sædskifte for de tre første år, disse omfatter vår- og vinterkorn, roer, majs og kartofler og ærter, se tabel 1. Programmet omfatter kun egentlig planteavl. For hver enkelt afgrøde er der opstillet en behandlingsplan med hensyn til ukrudt, insekter og svampe. I alt er det planlagt at inddrage ca. 24 pesticider i programmet, se tabel 2. Baggrunden for de opstillede sædskifter og hermed behandlingsplanen er et ønske fra Miljøstyrelsen om hvilke stoffer, der bør indgå i programmet. Pesticiderne er udvalgt efter forskellige kriterier, dels størrelsen af forbruget, dels mistanke om en mulig uacceptabel udvaskning samt stoffer, hvor den tilladte dosis er nedsat inden for de sidste år. Et mindre antal stoffer er medtaget, idet de indgår i blandingsprodukter.

Tabel 2. Pesticider der kan indgå i programmet. Pesticide which can be included in the program.

Aktivstof	Metabolit	Produkt hvor de indgår	MST[1]	GRUMO[2]	Forbrug i planteavl i 97, kg a.i.
bentazon		Basagran 480	x	x	79.317
bromoxynil		Oxitril	x	x	96.181
desmedipham		Betanal Optima			1.035
dimethoat		Dimethoat 400	x	x	32.718
ethofumesat		Betanal Optima		x	22.575
fenpropimorph		Tilt Top	x	x	278.496
flamprop-M-isopropyl	flamprop-syre	Barnon Plus 3	m		13.384
fluazifop-P-buthyl	fluazifop	Fusilade X-tra	m		10.704
fluroxypyr		Starane 180	x		28.302
glyphosat		Roundup	x	x	554.373
ioxynil		Oxitril	x	x	92.130
linuron		Afalon			9.603
mancozeb	ETU	Dithane DG	m	m	270.317
metamitron		Goltix WG	x	x	207.298
metribuzin		Sencor WG	x	x	12.389
metsulfuron methyl	triazinamin	Ally	m		384
pendimethalin		Stromp SC	x	x	357.928
phenmedipham		Betanal Optima			34.282
pirimicarb		Pirimor G	x	x	5.024
propiconazol	1,2,4-triazol	Tilt Top	m	x	86.355
pyridat		Lentagran			4.841
terbuthylazin		Gardoprim	x	x	52.849
triasulfuron		Logran 20 WG	x		72
tribenuron-methyl	triazinamin-methyl	Express	m		5.060

1) Angiver de stoffer Miljøstyrelsen ønskede skulle indgå. "x" angiver, at interessen primært er rettet mod selve stoffet, mens "m" betyder, at interessen retter sig mod metabolitten.

2) Pesticider der p.t. indgår i Gundvandsovervågningen.



Figur 1. Skitse af instrumenteringen af en leret mark. Instrumentation of a loamy field.

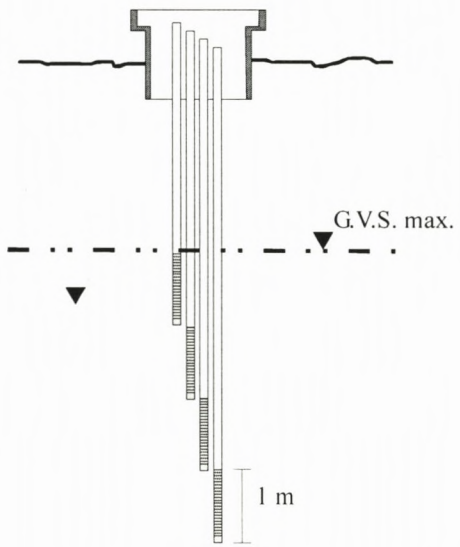
Måleprogram

De enkelte lokaliteter er instrumenteret så identisk som muligt under hensyntagen til de lokale geologiske forhold. På figur 1 er der vist en principskitse af instrumenteringen af den ene lerede forsøgsmark. I det følgende er der givet en kort beskrivelse af de enkelte installationer. Uden om selve den mark der behandles, er der etableret en "sprøjtefri" randzone på ca. 10 m, hvor der er permanent græs eller læhegn. Alle installationer og udgravninger er placeret i denne randzone.

Pejle- og prøvetagningsboringer

I hvert hjørne er der placeret en pejleboring med op til 3 filtre. Det dybeste filter sidder ca. 12 m.u.t. Udviklingen i grundvandsstanden vil blive fulgt i disse boringer. I 2-3 af filtrene vil det ske ved kontinuer registrering af vandstanden via datalogger. I det omfang, der findes eksisterende boringer inden for en afstand af ca. 500-1.000 meter fra markerne, vil vandstanden tillige blive pejlet i disse. Kendskabet til udviklingen i vandstanden er en central forudsætning for at beskrive retning og hastighed af grundvandet.

I randzonen er der placeret 7-8 prøvetagningsboringer med hver 4 filtre. Hvert filter er 1 m langt. Filtrene er placeret, så der kan udtages grundvandsprøver fra de øverste 3 m af grundvandet. Prøvetagningsboringerne er primært placeret nedstrøms. 1-2 boringer er placeret opstrøms for at give en indikation af kvaliteten af det vand, der strømmer ind under marken. Filtrene har en indre diameter på 63 mm. I hvert filter er der permanent placeret en pumpe til prøvetagning.



Figur 2. Skitse af prøvetagningsboring. A sampling well.

Sugeceller

Sugecellerne er 95 mm lange og med en ydre diameter på 21 mm. De er opbygget af et porøst materiale (kvarts/teflon), som gør det muligt med vakuum at udtage vandprøver fra umættet jord. Udtagningen sker med 2 grupper af sugeceller. I hver gruppe er der placeret 4 sugeceller 1 m.u.t. og 4 sugeceller 2 m.u.t. Af praktiske årsager er sugecellerne placeret 1 til 2 meter inde under det behandlede areal. Fra den enkelte sugecelle er der ført en prøvetagningsslange ud til et skur. Prøvetagningen foregår ved, at der sættes et permanent vakuum på cellerne i ca. 1 uge. Prøver fra de 4 celler i samme niveau sammenstikkets til en blandingsprøve. Sammenstikning er nødvendig for at få tilstrækkelig prøvevolumen til pesticidanalyserne.

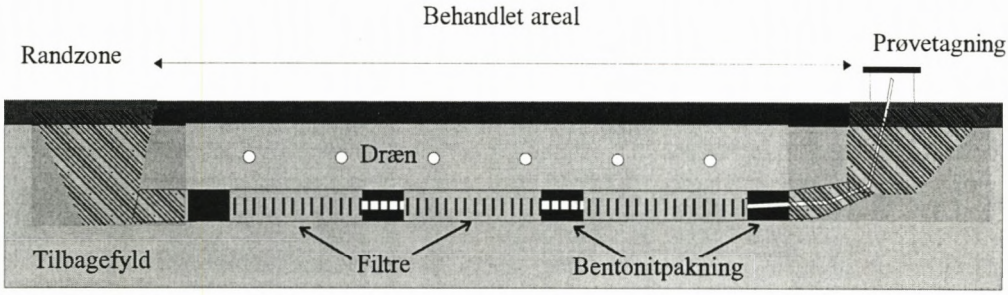
Drænvandsopsamling

De lerede marker er som sagt udvalgte, så der ligger et velkendt og afgrænset drænsystem under hele marken. I randzonen er der etableret en drænbrønd, hvor flowet måles løbende, og hvor der kan udtages prøver af drænvandet. Afstrømningen måles via et Thomson-overfald, hvor vandstanden bag overfaldet registreres med tryktransducer og gemmes via datalogger. Prøvetagning foregår automatisk via 2 ISCO-sampler. Med den ene sampler udtages tidsproportionale prøver, der sammenstikkes til en-uges prøver. Via denne sampler fås der et billede af vandkvaliteten under basis afstrømning. Den anden ISCO-sampler er opsat til at udtage prøver efter kraftige nedbørshændelser, hvor afstrømningen stiger kraftigt, således at der fås et indtryk af udvaskningen under disse forhold. Der kan specielt være risiko for kraftig udvaskning af pesticider ved de første kraftige regnhændelser efter udbringningen.

Horisontale prøvetagningsfiltre

Transporten af vand og dermed eventuelle pesticider forventes at være væsentligt mere kompleks på de lerede end på de to sandede marker. Hermed er det vanskeligere at sikre sig at prøvetagningsfiltrene er placeret optimalt. Et forsøg på at løse dette problem er at etablere prøvetagningsfiltre for grundvand inde under selve markerne frem for kun ude langs kanten af markerne. Som noget nyt har vi i dette projekt prøvet at anvende en horisontal boreteknik. Denne teknik består dels af en skylleteknik, som anvendes ved forboringen, og en kombination af rimning og skylleteknik ved den afsluttende oprensning af boringen. Den anvendte boreteknik er velkendt fra traditionelle entreprenøropgaver. Boringen kan styres rimelig præcist, hvilket muliggør en optimal placering af boringen. I forbindelse med dette projekt har vi fået udviklet filtre (ydre diameter 125 mm og 18 m lange) samt bentonit afpropning, der skal sikre, at der ikke løber vand til gennem selve boringen. Denne afpropning muliggør, at der kan etableres separate filtre.

På hver af de lerede marker er der etableret to boringer med hver 3 filtre af 18 m, hvorfra der kan prøvetages separat. Boringerne er etableret 3,5 m.u.t., det vil sige ca. 2,5 meter under selve drænet.



Figur 3. Principskitse af horisontale filtre. Schematic diagram of horizontal filters.

TDR prober

For at kunne beskrive transporten af vand fra pløjelagt ned til grundvandet er det vigtigt at kende udviklingen i indholdet af jordvand. Derfor er der placeret to grupper af TDR-prober ned til 2 m.u.t. til måling af jordvandsindholdet. Der er placeret prober i ca. 5 dybder. De er placeret i forhold til jordbundshorisonterne i kanten af marken umiddelbart ved siden af sugecellerne. Med den anvendte teknik har vi mulighed for at opsamle værdier for jordvandsindholdet hver time.

Nedbør og jordtemperatur

Når resultaterne fra disse marker skal evalueres, vil det være vigtigt at kende de aktuelle klimatiske forhold. Den helt centrale parameter, der forventes at være styrende for en eventuel udvaskning, er de lokale nedbørsforhold. Derfor er der opstillet en nedbørsmåler i randzonen, hvor nedbøren registreres på timebasis. Jordtemperaturen måles i to profiler ned til 2 m.u.t., temperaturfølerne er placeret sammen med TDR-prober og sugeceller. De øvrige klima-parametre, der skal anvendes i fortolkningen, hentes fra de nærliggende klimastationer.

Analyseprogram

For at minimere analyseomkostningerne med hensyn til pesticidanalyser sammenstilles der analysepakker for de enkelte lokaliteter, der retter sig mod de anvendte stoffer eventuelt tillige mod de stoffer, der har været anvendt de foregående år. Analyseprogrammet skal omfatte relevante metabolitter. Der analyseres tillige for udvalgte uorganiske parametre, der beskriver udviklingen i grundvandskvaliteten. Analysefrekvensen skal være tilstrækkelig høj til at kunne belyse variationer i koncentrationen af de relevante stoffer i drænvand og grundvand. Det vil for dræn sige, at der opsamles prøver kontinuert, når drænene er vandførende. Prøverne puljes, så der analyseres en prøve pr. uge. For udvalgte grundvandsfiltre vil der blive udtaget prøver 1 gang pr. måned til beskrivelse af den tidslige variation, mens der i et større antal filtre udtages prøver 4 gange om året til beskrivelse af den rumlige variation. Til at kortlægge vandtransporten er det planlagt at udbringe et konservativt sporstof (bromid) sammen med den første sprøjtning.

Modellering af resultaterne

Intentionen med programmet er at indsamle en stor detailviden for udvalgte pesticider for hvilke, der vil kunne drages rimeligt sikre konklusioner med hensyn til risikoen for udvaskning til grundvandet under danske forhold. I programmet integreres de nyeste forskningsbaserede erfaringer bl.a. om geologisk variabilitet, herunder præferentiel strømning og stoftransport gennem sprækker og andre makroporer.

Som et centralt element i evalueringen af resultaterne vil der blive anvendt numeriske modeller (f.eks. MACRO og MODFLOW). For at optimere disse modellers simuleringer bestemmes der aktuelle nedbrydningsrater og sorptionskoefficenter for udvalgte stoffer.

Tidshorisont

Bevillingen til projektet blev frigivet i august 1998, hvorefter selve planlægningen af projektet kunne begynde. Ved udgangen af 1998 forelå der en overordnet beskrivelse af projektet. Det første område blev instrumenteret således, at dyrkning og prøvetagning startede i maj 1999. De næste to områder vil være klar, så der kan sås vinterafgrøder i efteråret 1999. Mens de 3 sidste vil blive tilsået i foråret 2000. Resultaterne fra de første sprøjtninger på de 3 marker, hvor dyrkningen startede i 1999, vil foreligge primo 2001. Herefter planlægger vi at afrapportere resultaterne en gang årligt under forudsætning af, at der rejses bevilling. Projektet har p.t. bevillinger frem til og med 2001.

Påvisninger af pesticider i overfladevand

Detection of pesticides in Danish surface waters

Betty Bügel Mogensen[1] & Brian Kronvang[2]
Danmarks Miljøundersøgelser
[1]Afdeling for Miljøkemi
Frederiksborgvej 399
DK-4000 Roskilde

[2]Afdeling for Vandløbsøkologi
Vejlsøvej 25
DK-8600 Silkeborg

Summary

In the 1990s Danish surface waters have been analysed for pesticides in a series of investigations. 32 pesticides have been detected in water courses corresponding to about 30% of the pesticides that have been analysed.

Pesticides have been detected in water courses at all times of the year but are most frequently detected during the spraying season and at increased flow rates. The frequency of detection and the concentration level are generally higher in agricultural catchments with more clayey soil types. Some pesticides have only been detected in few samples while others have been detected in as much as 64% of the samples in some catchments. Several pesticides may be detected simultaneously in a single stream. Generally the concentrations are below the acute toxicity indicated by the LC_{50} value. Little is known about the consequences for aquatic flora and fauna.

Newly accumulated sediment from 30 Danish water courses was analysed for 19 pesticides 14 of which were detected in one or more samples corresponding to 74% of the pesticides that have been analysed. Fenpropimorph was detected at the highest concentration level (1,700 ng g^{-1} DW^{-1}) followed by propiconazol (130 ng g^{-1} DW^{-1}) and isoproturon (110 ng g^{-1} DW^{-1}).

Indledning

I 1986 iværksatte miljøministeren en handlingsplan for at nedsætte forbruget af bekæmpelsesmidler. Som led i Handlingsplanen er der blevet udført en række forskningsprojekter, som bl.a. har givet oplysninger om forekomsten af udvalgte pesticider i miljøet. Siden har flere amter på frivillig basis overvåget udvalgte vandløb for indhold af pesticider. De forskellige amter har haft forskellige strategier for prøveudtagning. Nogle har udtaget prøver med fastsatte intervaller, andre har lagt vægt på at udtage prøver i forbindelse med øget afstrømning i vandløbene. Antallet og arten af pesticider, der er undersøgt, har også

varieret. Det er derfor ikke muligt umiddelbart at sammenligne resultaterne fra de forskellige undersøgelser. I det igangværende nationale overvågningsprogram NOVA 2003 er overvågningen af vandløbene sat i system, så der vil blive anvendt samme strategi for prøveudtagning, og der vil blive analyseret for de samme pesticider. Der er endnu ikke afrapporteret data for pesticider i overfladevand fra NOVA 2003. I denne artikel har forfatterne søgt at skabe et overblik over de hidtidige fund af pesticider i danske vandløb.

Vandløb og søer kan blive forurenet med pesticider på mange måder: Ved vinddrift, oversprøjtning ved kørsel for tæt på åbne vandområder, ved deposition fra luften, ved udvaskning fra behandlede marker, ved overfladisk afstrømning eller ved erosion af vandløbsbrinker. Der kan ske en ophobning af pesticid i bræmmer ved foden af skrånende marker enten ved overfladisk afstrømning eller i forbindelse med udsprøjtning. Ved erosion af brinken kan de bundne pesticider derpå blive ført ud i vandløbet. Der kan også ske punktkildeforureninger ved forkert håndtering af sprøjtevæske og sprøjtemateriel, f.eks. ved rengøring af materiel eller ved rengøring af væksthuse med afledning af vaskevandet til drænrør. I de foreliggende undersøgelser af pesticidforekomst i vandløb og vandhuller er der ikke redegjort for transportvejene.

Sedimentet på bunden af vandløb kan gemme på pesticider og pesticidrester, som enten er tilført ved en aflejring af suspenderet stof fra vandfasen på steder med strømlæ, f.eks. inde i grødeøer, eller ved sorption af pesticider til vandløbssedimentet i kontakten med det ovenliggende, strømmende vand.

Vandløb

Tabel 1 giver en oversigt over pesticidfund i danske vandløb opdelt efter aktivt stof. Undersøgelserne er fordelt over perioden 1989 til 1997. I 1998 har Kolding Kommune undersøgt et vandløb i et leret landbrugsopland. Disse resultater stemmer overens med opgørelsen i tabel 2 (Bicheludvalg, 1999). Koncentrationen er opgivet som et interval, der angiver laveste og højeste påviste koncentration for de enkelte pesticider. Fundhyppigheden er angivet som antallet af påvisninger i forhold til antallet af prøver, der er analyseret for det pågældende pesticid. Giftigheden er angivet som akut giftighed LC_{50} (den koncentration, der dræber 50% af forsøgsdyrene) eller EC_{50} (den koncentration der giver en bestemt effekt på 50 % af forsøgsdyrene eller 50% hæmning af organismerne). Rep. angiver, at der er tale om en reproduktionstest (MST, 1997; Clausen, 1998). Giftigheden er både i tabel 1 og 3 opgivet for den organisme (fisk, dafnier, alger), der i kildematerialet var mest følsom for det pågældende pesticid.

I tabel 2 er forekomsten af pesticider i vandløb opgjort i forhold til vandløbsoplande, som varierer med hensyn til jordtype og arealanvendelse. For nærmere detaljer om de enkelte oplande henvises til litteraturlisten, som omfatter alle kilder til oplysninger i tabellen.

Tabel 1. Forekomst af pesticider i danske vandløb med angivelse af antal positive fund i forhold til antal prøver og sammenholdt med pesticidernes akutte giftighed for vandorganismer. H = herbicid, F = fungicid, I = insekticid. Prøverne er udtaget i perioden 1989-1996 (Mogensen, 1998). Occurrence of pesticides in Danish water courses, indicating the number of positive findings in relation to the number of samples, compared to acute toxicity to aquatic organisms. The samples were collected from 1989 to 1996 (Mogensen, 1998; Bicheludvalg, 1999).

Aktivstof Active ingredient	**Koncentration** Concentration **µg/L**	**Antal fund/** **Antal prøver** Number of finds/ Number of samples	**Giftighed µg/** Toxicity µg/L **LC_{50} eller EC_{50}**
Atrazin (H)	0,005 – 1	81/305	100 (alger)
Bentazon[a] (H)	0,01 – 10	42/155	47.000 (dafnier)
Bromoxynil (H)	0,01 – 0,5	8/102	12.500 (dafnier)
Clopyralid (H)	0,1 – 0,4	2/101	114.000 (fisk)
Cyanazin (H)	0,09 – 0,3	2/97	<100 (alger)
2,4-D[a] (H)	0,02 – 6,6	21/139	1.100 (fisk)
Diazinon (H)	0,05	1/5	
Dichlobenil (H)	0,01 – 1,7	52/156	2.000 (alger)
Dichlorprop[a] (H)	0,01 – 2,8	34/290	220.000 (alger)
Dimethoat (I)	0,08 – 0,6	6/140	100 (dafnier, rep)
Dinoseb (H)	0,01 – 0,12	5/98	12.000 (dafnier)
Diuron[a] (H)	0,02 – 2	37/106	6.000 (dafnier)
DNOC (H)	0,01 – 0,7	28/199	6.000 (fisk)
Esfenvalerat (I)	0,03 – 0,2	4/43	0,24 (dafnier)
Ethofumesat (H)	0,03 – 0,6	21/105	15.000 (fisk)
Fenpropimorph (F)	0,02 – 0,4	13/97	290 (alger)
Glyphosat (H)	0,02 – 0,21	6/6	1.000 (alger)
Hexazinon (H)	0,04 – 4	52/132	20 (alger)
Ioxynil[a] (H)	0,01 – 0,3	12/120	3.900 (dafnier)
Isoproturon (H)	0,01 – 3	64/280	30 (alger)
Linuron (H)	0,05 – 0,6	4/42	120 (dafnier)
MCPA[a] (H)	0,005 – 7	57/303	10.000 (fisk)
Mechlorprop[a] (H)	0,01 – 7	96/313	100.000 (fisk)
Metamitron (H)	1 – 7	2/25	102.000 (dafnier)
Methabenzthiazuron (H)	0,3	1/5	
Pendimethalin (H)	0,1	2/10	
Pirimicarb (I)	0,06 – 0,6	21/126	2,5 (dafnier, rep)
Propiconazol (F)	0,03 – 0,8	8/142	680 (alger)
Propyzamid (H)	0,01 – 0,8	7/120	2.900 (alger)
Simazin[a] (H)	0,01 – 4	48/307	42 (alger)
Terbutylazin (H)	0,01 – 0,1	32/164	20 (alger)
Tribenuron-methyl (H)	0,008 – 0,03	2/48	720.000 (dafnier)

Stoffer, som er fremhævet med kursiv er forbudt. Compounds in italics are banned.

[a] = tilladt med begrænset brug/eller godkendt på særlige vilkår. [a] = approved for restricted use or conditions.

H = Herbicid; F = Fungicid; I = Insekticid.

Tabel 2. Forekomst af pesticider i vandløb fordelt på oplandstyper. Der er angivet antal fund ud af samlet antal prøver samt koncentrationsområdet i mikrogram pr. liter. De første undersøgelser blev udført af DMU i 1989-1991. I 1994-1996 blev udført en stor undersøgelse i Fyns amt. I 1996 omfatter tabellen data fra flere amter (Mogensen, 1998; Bicheludvalget, 1999). Occurrence of pesticides in Danish water courses in catchments of different soil type and land use. Number of findings is related to number of samples. Concentration range is indicated in microgram per litre.

Aktiv stof/ Oplandstype	Byområde	Blandet opland, ler	Blandet opland	Leret landbrugsopl.	Sandet landbrugsopl.	Sand/ler opland	Skovvandløb	Natur-opland	Kilder
2,4-D (H)	1/5; 0,02	6/58; 0,05-0,1	i.p./5	16/78; 0,03-7	5/86; 0,02-0,3	i.p./10	i.p./25	i.p./5	i.p./12
atrazin (H)	5/5; 0,04-0,2	14/57; 0,005-0,4	i.p./5	59/151; 0,01-1	7/86; 0,01-0,08	i.p./10	1/25; 0,07	i.p./5	i.p./12
bentazon (H)	i.p./5	7/58; 0,05-0,3	i.p./5	25/72; 0,01-10	10/25; 0,02-0,2	i.p./10	i.p./25	i.p./5	i.p./12
bromoxynil (H)	i.u.	i.p./58	i.u.	6/47; 0,01-0,5	2/55; 0,02-0,03	i.u.	i.u.	i.u.	i.p./12
clopyralid (H)	i.u.	i.p./58	i.u.	2/101; 0,1-0,4	i.p./10	i.u.	i.p./25	i.p./5	i.p./12
cyanazin (H)	i.p./5	i.p./55	i.p./5	2/97; 0,09-0,3	i.p./25	i.p./10	i.p./25	i.p./5	i.p./12
diazinon (I)	i.p./5	i.p./58	i.p./5	1/5; 0,05	i.p./25	i.p./10	i.p./25	i.p./5	i.p./12
dichlobenil (H)	5/5; 0,02-0,3	15/54; 0,04-0,2	1/5; 0,01	25/62; 0,01-2	2/5; 0,06-0,1	4/10; 0,04-0,06	i.p./25	i.p./5	i.p./12
dichlorprop (H)	3/5; 0,02-0,2	11/58; 0,1-0,2	i.p./5	12/141; 0,01-3	8/76; 0,01-0,6	i.p./10	i.p./25	i.p./5	i.p./12
dimethoat (I)	i.p./5	1/53; 0,1	i.p./5	4/62; 0,08-0,6	i.p./25	i.p./10	1/25; 0,1	i.p./5	i.p./12
dinoseb (H)	i.p./5	i.u.	i.p./5	5/98; 0,01-0,1	i.p./15	i.p./10	i.u.	i.p./5	i.u.
diuron (H)	i.u.	24/54; 0,07-1	i.u.	13/52; 0,02-2	i.p./10	i.u.	i.p./25	i.u.	i.p./12
DNOC (H)	3/5; 0,2-0,7	i.u.	2/5; 0,04-0,2	16/98; 0,01-0,6	3/76; 0,01-0,07	1/10; 0,03	i.u.	1/5; 0,01	i.u.
esfenvalerat (I)	i.p./5	i.p./58	i.p./5	4/43; 0,03-0,2	i.p./25	i.p./10	i.p./25	i.p./5	i.p./12
ethofumesat (H)	i.u.	7/55; 0,03-0,1	i.u.	14/50; 0,03-0,6	i.p./10	i.u.	i.p./25	i.u.	i.p./12
fenpropimorph (F)	2/5; 0,1-0,3	i.p./58	i.p./5	9/67; 0,02-0,4	1/25; 0,05	1/10; 0,1	i.p./25	i.p./5	i.p./12
glyphosat (H)	i.u.	5/5; 0,02-0,2	i.u.	1/1; 0,2	i.u.	i.u.	i.u.	i.u.	i.u.
hexazinon (H)	i.p./5	17/54; 0,04-0,08	i.p./5	17/42; 0,04-4	i.p./25	i.p./10	16/25; 0,07-0,3	i.p./5	2/12; 3
ioxynil (H)	i.p./3	i.p./58	i.p./3	10/64; 0,01-0,3	2/56; 0,01-0,05	i.p./6	i.p./25	i.p./5	i.p./12
isoproturon (H)	2/5; 0,02-0,04	16/54; 0,08-1	i.p./5	38/139; 0,02-3	6/75; 0,01-0,2	2/10; 0,01-0,02	i.p./25	i.p./5	2/12; 0,06-0,2
linuron (H)	i.u.	i.p./58	i.u.	4/42; 0,05-0,6	i.p./10	i.u.	i.p./25	i.u.	i.p./12
MCPA (H)	3/5; 0,03-0,09	13/58; 0,07-0,2	i.p./5	33/149; 0,01-7	8/81; 0,005-0,2	i.p./10	i.p./25	i.p./5	i.p./12
mechlorprop (H)p	3/5; 0,05-4	24/58; 0,08-0,4	2/5; 0,01-0,03	55/149; 0,01-7	9/81; 0,05-0,2	2/10; 0,02-0,07	i.p./25	1/5; 0,02	i.p./12

Aktiv stof/ Oplandstype	Byområde	Blandet opland, ler	Blandet opland	Leret landbrugsopl.	Sandet landbrugsopl.	Sand/ler opland	Skovvandløb	Natur-opland	Kilder
metamitron (H)	i.p./5	i.p./58	i.p./5	2/53; 1-7	i.p./25	i.p./10	i.p./25	i.p./5	i.p./12
methabenzthiazuron (H)	i.u.	i.p./58	i.u.	1/53; 0,3	i.p./10	i.u.	i.p./25	i.u.	i.p./12
pendimethalin (H)	i.u.	i.p./58	i.u.	2/50; 0,1	i.p./10	i.u.	i.p./25	i.u.	i.p./12
pirimicarb (I)	i.p./5	15/54; 0,03-0,08	i.p./5	6/62; 0,03-0,6	i.p./25	i.p./10	i.p./25	i.p./5	i.p./12
propiconazol (F)	i.p./5	1/53; 0,08	i.p./5	6/64; 0,033-0,8	1/25; 0,03	i.p./10	i.p./25	i.p./5	i.p./12
propyzamid (H)	i.u.	2/54; 0,5-0,8	i.u.	5/66; 0,01-0,2	i.p./10	i.u.	i.p./25	i.u.	i.p./12
simazin (H)	5/5; 0,05-4	10/54; 0,09-0,3	i.p./5	23/145; 0,01-0,03	10/88; 0,01-0,2	i.p./10	i.p./25	i.p./5	i.p./12
terbutylazin (H)	3/5; 0,01-0,02	16/54; 0,03-0,1	i.p./5	11/67; 0,01-0,1	i.p./25	1/25; 0,01	i.p./25	i.p./5	1/13; 0,4
tribenuron-methyl (H)	i.u.	2/48; 0,008-0,03	i.u.	i.p./53	i.p./10	i.u.	i.p./25	i.u.	i.p./12

i.u. = ikke undersøgt not analysed; **i.p. = ikke påvist** not detected. **H = Herbicid; F = Fungicid; I = Insekticid.**

Der er påvist 32 forskellige pesticider i vandløb svarende til ca. 30% af de pesticider, der samlet er analyseret for. Der er 2 fungicider, 3 insekticider og 27 herbicider. Der er store variationer i fundprocenterne.

Fundhyppigheden er størst i sprøjteperioderne og i forbindelse med forøget afstrømning i vandløbene. (Fyns Amt, 1997; Kronvang, 1998; Ringkøbing Amt, 1997; Spliid og Mogensen, 1995). Koncentrationen af pesticider varierer fra detektionsgrænsen (ned til 0,005 mikrogram pr. liter) til 10 mikrogram pr. liter.

Af tabel 2 fremgår det, at hyppigheden af pesticidfund og koncentrationen af pesticiderne generelt er størst i landbrugsoplande med lerede jorde. Dette skyldes formentligt, at der ofte dyrkes mere intensivt på de fede jorder med større sprøjtehyppighed til følge, samt at pesticider hurtigt kan transporteres til vandløb via dræn gennem sprækker i lerjorden. I skovvandløb er der ikke konstateret så mange forskellige pesticider, men de herbicider, der anvendes i skove, optræder hyppigt i vandløbene. Der er konstateret mange forskellige pesticider i byvandløb, der både dækker "byvandløb" og "blandede oplande". Derfor forekommer der også landbrugspesticider. Dichlobenil, som har været anvendt som totalukrudtsmiddel, og især dets nedbrydningsprodukt, 2,6-dichlorbenzamid, optræder meget hyppigt både i byområder, landbrugsområder og i skovvandløb.

Søer og vandhuller

Der er kun undersøgt få søer og vandhuller for indhold af pesticider. Fire vandhuller på Køgeegnen (Spliid og Mogensen, 1995) og en række vandhuller på Sydfyn og Avernakø (Briggs, 2000) er blevet undersøgt. I begge områder er der tale om markvandhuller i lerede jorde. Mange markvandhuller har hverken tilløb eller afløb, og man må derfor forvente, at opholdstiden af pesticiderne her er længere end i vandløb, og at risikoen for vandorganismerne er større. Resultaterne af disse undersøgelser er samlet i tabel 3. Tabellens kolonner svarer til tabel 1. Ud fra de foreliggende data ser det ikke ud til, at vandhullerne er mere belastede end vandløbene. Der er fundet højere koncentrationer af pesticider i vandløbsvand, men undersøgelsen af vandløb har også været mere intensiv end undersøgelsen af vandhuller.

Tabel 3. Forekomst af pesticider i danske vandhuller i agerlandet med angivelse af antal positive fund i forhold til antal prøver og sammenholdt med pesticidernes akutte giftighed for vandorganismer (Mogensen og Spliid, 1997). Occurrence of pesticides in Danish farmland ponds, indicating the number of positive finds in relation to the number of samples, compared to acute toxicity to aquatic organisms.

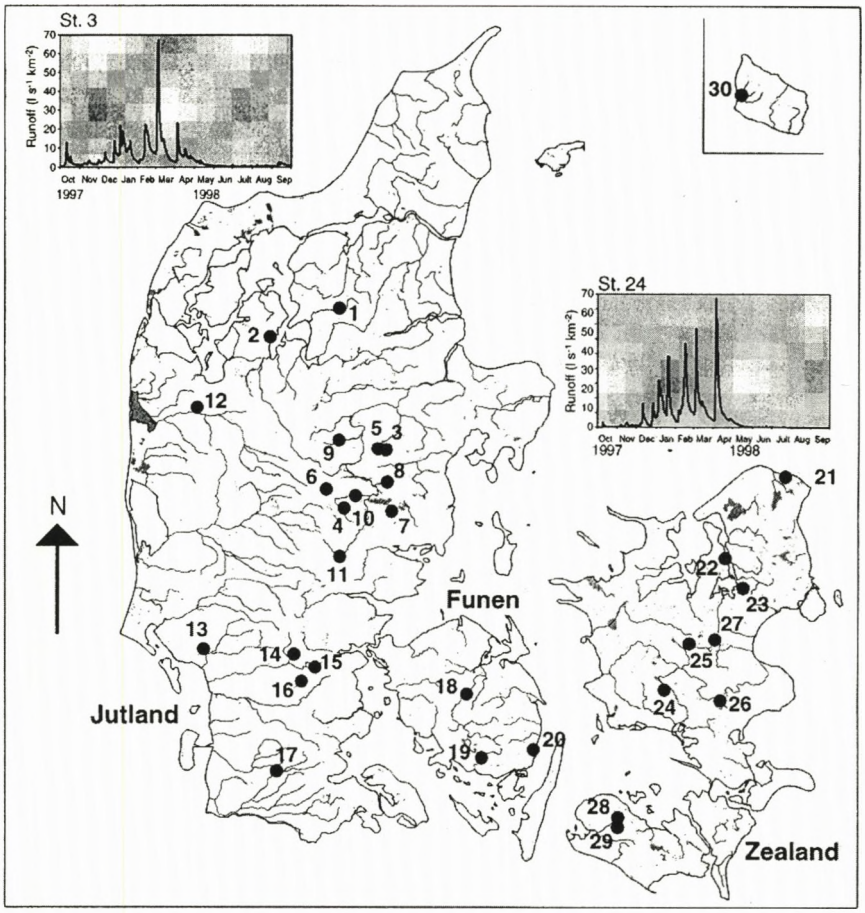
Aktivstof Active ingredient	**Koncentration** Concentration µg/L	**Antal fund/** **Antal prøver** Number of finds/ Number of samples	**Giftighed µg/** Toxicity µg/L **LC_{50} eller EC_{50}**
Atrazin	0,01-0,2	2/24	100 (alger)
Bromoxynil	-	0/13	2,6 (dafnier, rep)
2,4-D	0,1-0,4	3/25	1.100 (fisk)
Dichlorprop	0,01-0,3	11/40	220.000 (alger)
Dimethoat (I)	0,13	1/20	100 (dafnier, rep)
Dinoseb	0,04	2/25	12.000 (dafnier)
DNOC	0,07-0,6	4/25	6.000 (fisk)
Ethofumesat	0,1-0,2	2/2	15.000 (fisk)
Fenpropimorph (F)	0,1-7	6/10	290 (alger)
Fenvalerat (I)	0,12	1/3	3,6 (fisk)
Ioxynil	0,02-1	3/16	3.900 (dafnier)
Isoproturon	0,08	1/13	30 (alger)
MCPA	0,009-1	9/40	10.000 (fisk)
Mechlorprop	0,01-11	18/41	100.000 (fisk)
Pirimicarb (I)	0,13	½	2,5 (dafnier, rep)
Propiconazol (F)	0,1-3	4/6	680 (alger)
Simazin	-	0/25	42 (alger)

H = Herbicid; F = Fungicid; I = Insekticid.

Sediment

For at undersøge indholdet af pesticider i vandløbssediment foretog DMU i efteråret 1998 en screening af pesticidindholdet i vandløbssediment i 30 danske vandløb. (Kronvang *et al.*, 1999).

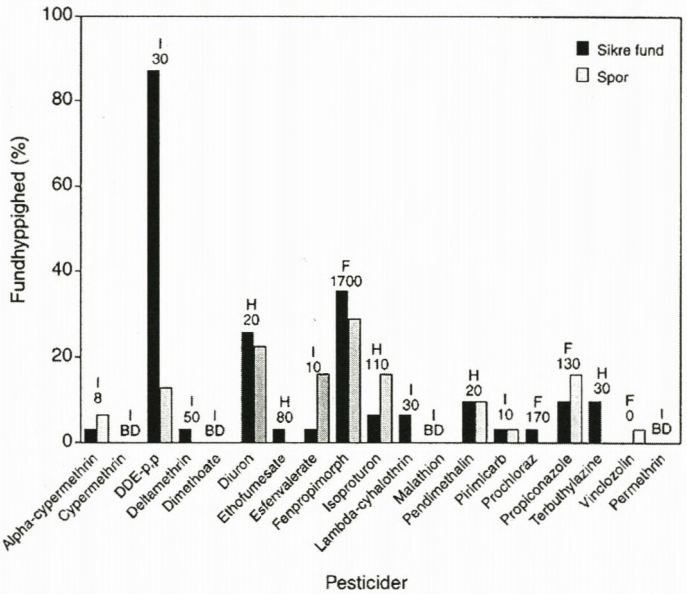
De 30 vandløb ligger spredt over hele landet og repræsenterer forskellige oplandstyper (figur 1). De 27 vandløb afvander fortrinsvis dyrkningspåvirkede vandløb, mens de 3 sidste vandløb afvander skov- og naturarealer. Der blev udtaget 30-50 kerneprøver på en 100 m vandløbsstrækning af det øvre, fine og organisk rige sediment (< 250 µm). Sedimentprøverne blev udtaget i det strømmende profil af vandløbet, det vil sige væk fra egentlige aflejringsområder i randzonen, så der med stor sandsynlighed er tale om materiale aflejret eller produceret i vandløbet i løbet af forårs- og sommerperiodens faldende vandføringer. Alle sedimentprøver blev analyseret for 19 pesticider ved Lantbruksuniversitätet i Uppsala, Sverige. Der blev analyseret for 5 herbicider, 4 fungicider og 10 insekticider, der dækker et bredt spektrum af fysisk-kemiske egenskaber og anvendelser, både når det gælder afgrøder, doser og anvendte mængder.



Figur 1. Beliggenheden af de undersøgte vandløb, samt hydrografen (vandføringen) i perioden forud for sedimentprøveudtagningen. Bemærk at vandføringen som normalt falder fra foråret og frem til efteråret hvilket giver anledning til akkumulering af fint materiale og organisk stof på vandløbsbunden. Position of the investigated water courses. Inset the hydrograph for two of the streams showing the daily mean discharge in the period before collection of sediment samples. Note that the discharge as normally decreases from spring to autumn causing an accumulation of fine sediment and organic matter on the streambed.

Indholdet af organisk stof i de udtagne sedimentprøver var i gennemsnit på 18% ± 9%, med det højeste indhold i skov- og naturvandløbene på op til 54%. 14 af de 19 pesticider blev konstateret i vandløbssediment: 5 herbicider, 3 fungicider og 6 insekticider. Figur 2 viser fundhyppighed for de analyserede pesticider. Den højeste fundprocent var for DDE, som blev fundet i 87% af vandløbene og i alle vandløb, hvis spor af pesticider regnes med. DDE er nedbrydningsprodukt af insekticidet DDT, som nedbrydes meget langsomt. DDT har ikke

været solgt i Danmark siden 1983 og er forbudt at anvende. Det næsthyppigst fundne pesticid var fenpropimorph (36%) efterfulgt af diuron (26%). Esfenvalerat, et insekticid der er meget giftigt for smådyr i vandløb, blev med sikkerhed kun fundet i ét vandløb og her i en meget lav koncentration 10 ng g^{-1} DW^{-1}. Den højest fundne pesticidkoncentration i vandløbssediment var for fenpropimorph (1.700 ng g^{-1} DW^{-1}), efterfulgt af propiconazol (130 ng g^{-1} DW^{-1}) og isoproturon (110 ng g^{-1} DW^{-1}) (figur 2). Ellers var koncentrationerne generelt meget lave (<30 ng g^{-1} DW^{-1}).



Figur 2. Fundhyppighed (sikre fund og spor) for 19 pesticider i vandløbssediment i 30 vandløb. Ovenpå søjlerne er dels vist, hvilken gruppe det enkelte pesticid tilhører (I = insekticid, F = fungicid og H = herbicid), samt den maksimalt målte koncentration i sedimentet i de 30 vandløb angivet i ng g^{-1} DW^{-1}. Detection frequency of 19 pesticides in sediment from 30 Danish water courses. For each pesticide the group of pesticide (I, F and H) and the maximum concentration ng g^{-1} DW^{-1} in sediment from the 30 water courses are indicated on top of the column.

Der blev konstateret pesticider i alle de undersøgte vandløb. I 2 af de 30 undersøgte vandløb blev der konstateret 8 forskellige pesticider, mens der i 4 af vandløbene blev konstateret ét pesticid (DDE). Antallet af fundne pesticider er blevet analyseret mod forskellige deskriptive variable for de enkelte oplande ved logistisk regression, og det blev fundet, at sandsynligheden for at finde pesticider i vandløbssediment steg med henholdsvis oplandets størrelse og dets indhold af lerjorder.

Denne første screening af vandløbssediment i Danmark har vist, at pesticider findes i vandløbssedimentet, dog oftest i meget lave koncentrationer. Undersøgelsen har også vist, at vandløbssediment, i hvert fald for pesticider med høje sorptionskoefficienter, virker som en sink for pesticider og derfor i overvågningssammenhæng muligvis kan bruges som en

indikator for, om et pesticid har været tilført vandløbet i en forudgående periode, enten i opløst form eller bundet til suspenderet stof. Flere samtidige undersøgelser af pesticidforekomsten i vandløbssediment, opløst form og i suspenderet stof på forskellige tider af året er nødvendige for at kortlægge pesticiders skæbne i vandløb og specielt deres interaktion med vandløbssedimentet. For eksempel er det vigtigt at få undersøgt, om der i sprøjtesæsonen findes perioder med højere koncentrationer i vandløbssedimentet, der kan have effekter på plante- og dyrelivet.

Effekter

Hovedparten af pesticiderne i søer og vandhuller er fundet i koncentrationer, der bedømt ud fra laboratorieforsøg må vurderes ikke at være akut giftige for de testede organismer. En klar undtagelse fra dette er stoffet esfenvalerat, der er fundet i en koncentration på op til 0,2 µg/l, og som er giftig for dafnier i en koncentration på 0,018 µg/l.

I de fleste af vandløbene findes mange forskellige pesticider på samme tid. Det er dog umiddelbart vanskeligt at vurdere, hvilke konsekvenser det har for de dyr og planter, som lever i vandløbene. Dette vil kræve eksperimentelle undersøgelser af kombinationer af pesticider i lave koncentrationer.

Effektstudier af de fundne koncentrationer af pesticider i vandløbssediment og skæbnen af pesticider mangler i høj grad og må gennemføres som kontrollerede eksperimentelle forsøg både i laboratoriet og i strømrender (mesokosmos).

Sammendrag

Der er fundet 32 forskellige pesticider i vandløb svarende til ca. 30% af de pesticider, der er analyseret for.

Pesticider kan findes i vandløb på alle årstider, men findes hyppigst i sprøjtesæsonen og under forhøjet vandafstrømning efter regn. Hyppigheden af pesticidfund og koncentrationen af pesticider er generelt størst i landbrugsoplande med lerede jorde.

Nogle af stofferne findes kun i få procent af prøverne, mens andre findes i op til 64% af prøverne fra nogle oplandstyper.

Der kan findes flere forskellige pesticider samtidig i de enkelte vandløb. I de fleste tilfælde ligger koncentrationerne under den akutte giftighed målt som LC_{50}. Det er usikkert, hvilke konsekvenser det i øvrigt har for dyre- og plantelivet.

Der er fundet 14 pesticider i nysedimenteret vandløbssediment fra 30 vandløb svarende til 74% af de pesticider, der er analyseret for. De højeste koncentrationer skyldes fenpropimorph (1.700 ng g^{-1} DW^{-1}), propiconazol (130 ng g^{-1} DW^{-1}) og isoproturon (110 ng g^{-1} DW^{-1}).

Litteratur

Bicheludvalget 1999. Rapport fra underudvalget om Miljø og sundhed. 243 s.

Briggs L. 2000 (in press). Pesticide influence on natural pond ecosystems. The case of breeding ponds of *bombina bombina*. Bekæmpelsesmiddelforskning fra Miljøstyrelsen.

Clausen H. 1998. Ændringer i bekæmpelsesmidlernes egenskaber fra 1981-85 frem til 1996. DMU Faglig rapport fra DMU, nr. 223, 61 s.

Fyns Amt 1997. De fynske vandløb. Vandmiljøovervågning, 209 s.

Fyns Amt 1999. Pesticidundersøgelser i vandløb, kildevæld og dræn 1994-1997. Notat sep/rcs/ifm, 9 s.

Kronvang B. 1998. Indberetninger af analysedata fra flere amter. Danmarks Miljøundersøgelser.

Kronvang B., Iversen H.L., Larsen S.E., Schwærter R.C. & Mogensen B.B. (submitted). Pesticides in Danish streambed sediment. Science of the Total Environment (submitted September 1999).

Mogensen B.B. 1998. Fund af pesticider i vandløb og søer samt overfladisk afstrømning. Konsulentrapport med bilag. Danmarks Miljøundersøgelser, 22 s.

Mogensen B.B. & Spliid N.H. 1997. Forekomst af pesticider i danske miljøprøver. Notat til Miljøstyrelsen, Danmarks Miljøundersøgelser, Afdeling for Miljøkemi.

MST 1997. Status for Miljøministerens handlingsplan fra 1986 for nedsættelse af forbruget af bekæmpelsesmidler. Baggrundsrapport. Miljøstyrelsen november 1997, 23 s.

Ringkøbing Amt 1997. Undersøgelse for pesticider i vandløb i Ringkøbing Amt 1996. Notat.

Spliid N.H. & Mogensen B.B. 1995. Udvaskning af pesticider fra landbrugsjord. Bekæmpelsesmiddelforskning fra Miljøstyrelsen Nr. 11, 105 s.

Naturen i vandløbsbræmmer

Nature values of stream border ecotones

Anna Bodil Hald
Danmarks Miljøundersøgelser
Afdeling for Landskabsøkologi
Frederiksborgvej 399
DK-4000 Roskilde

Summary

A two-meter wide uncultivated border along streams is a statutory requirement in Denmark as this is meant to stabilise the stream bank physically and to protect streams from surface run off and soil loss from the fields. In order to evaluate these benefits and to assess the nature quality of non-forested border ecotones, a multidisciplinary project was initiated. This paper assesses the impact from agricultural land use of the bordering neighbour field on the botanical quality of the vegetation of border ecotones. Further, the botanical quality is evaluated in relation to distance to field in annual rotation. In comparison with border ecotones neighbouring fields with permanent semi-natural grassland, the border ecotones neighbouring fields in annual rotation have become poorer in species richness, especially among the Phreatophyte species. The remaining species are the more eutrophic and productive ones. The decrease in botanical quality is more pronounced for the vegetation of the stream border than of the stream bank. This difference is probably a consequence of borders being closer to the nutrient and pesticide load from the fields in rotation than the banks. The results are discussed in relation to a 10-12 m wide unsprayed buffer zone along streams, as recommended by the so-called Bichel-Committee appointed by the Parliament.

Indledning

Alle naturlige eller højt målsatte vandløb i Danmark skal ifølge Vandløbsloven (Anonym, 1992) have en udyrket buffer zone mellem den dyrkede mark og vandløbet på minimum 2 m. Denne 2-m bræmme forventes at kunne beskytte vandløbets brink mod at skride ud i vandløbet og vandløbet mod tilledning af kvælstof (N) og fosfor (P) via eroderet jord og tilstrømmende overfladevand: Bræmmen tilbageholder jorden og vandet, og vandet har efter en infiltrering gennem bræmmen et reduceret indhold af N og P. 2-m bræmmen er desuden sammen med vandløbsbrinken et potentielt levested for mange plantearter fra både våde og tørre biotoper (Naiman *et al.*, 1993). Den økologiske gradient: Vandløb, brink og bræmme udgør således en økoton, der i dette tilfælde dækker alle overgange mellem det våde og det tørre. På langs ad vandløbet forventes økotonen at udgøre en vigtig spredningskorridor i landskabet for planter fra både våde og tørre biotoper (Skoglund *et al.*, 1990; Nilsson *et al.*,

1993; Johansson *et al.*, 1996). I forbindelse med implementering af Bicheludvalgets anbefalinger, herunder *at der for at beskytte visse biotoper etableres en 10-12 m sprøjtefri randzone ind mod våde naturområder (målsatte vandløb og søer over 100 m²)* (Bicheludvalget 1998), forventes sprøjtefri buffer zoner etableret langs målsatte vandløb for at beskytte denne biotop.

Langt hovedvægten af de undersøgelser, der er udført vedrørende vandløbsbræmmers funktion, beskæftiger sig med bræmmernes evne til at tilbageholde N og P samt miljøfremmede stoffer inklusive pesticider og denne evnes afhængighed af buffer-zonens bredde (se f.eks. Yates og Sherian, 1983; Muscutt *et al.*, 1993; Haycock *et al.*, 1993, 1997; Vought *et al.*, 1995; Mander *et al.*, 1997; De Snoo og De Wit, 1998). Kun få undersøgelser beskæftiger sig med økotonens naturværdier og dens funktion som korridor i landskabet samt de faktorer, der influerer på disse forhold. Skoglund (1990), Nilsson *et al.* (1993) og Johansson *et al.* (1996) har påvist spredning af vådbundsplanter langs vandløb. Van Diggelen (1998) har peget på, at spredning af planters formeringsorganer med vand i forbindelse med genopretning af natur på vandløbsnære arealer er vigtig, da der kun i ringe omfang kan tages udgangspunkt i en lokal frøbank, hvis arterne ikke længere udgør en del af vegetationen på det konkrete areal, der ønskes genoprettet. I Danmark foreligger få systematiske analyser af vandløbsnære arealer inklusive bræmmer (Vikstrøm, 1994; Baattrup-Petersen *et al.*, 1999).

I forbindelse med forskningsprogrammet Jordbrugeren som Arealforvalter blev der i 1997 igangsat et 5-årigt tværfagligt projekt for at kvantificere risikofaktorer for jorderosion på den dyrkede mark og erosionens omfang. Desuden var formålet at karakterisere bræmmernes vegetation med henblik på bræmmers evne til at beskytte vandløbet mod eroderet jord. Endelig skal projektet belyse økotonens botaniske kvalitet som funktion af arealanvendelse på nabomarken. Foreløbige resultater fra projektet er beskrevet i Kronvang *et al.* (i trykken).

Nærværende analyse omhandler økotonens botaniske kvalitet i forhold til landbrugets arealanvendelse på nabomarken og som funktion af afstanden til mark i omdrift. Botanisk kvalitet måles som artsrigdom, proxier for produktivitet og økotonens potentiale som spredningskorridor. Resultaterne diskuteres i relation til sprøjtefri randzoner langs vandløb.

Metoder

Der er analyseret ud fra hypotesen om, at vandløbsøkotonen nabo til mark i omdrift eller en kulturgræsmark har en kvalitet, der ikke er væsentligt forskellig fra den, der kan findes i tilsvarende økotoner langs en lysåben reference biotop. Tidligere, det vil sige i 1950'erne, blev de fleste arealer langs vandløb anvendt til hø og/eller til græsning og marker i omdrift var placeret længere væk fra vandløbets nære omgivelser. I det intensivt dyrkede landskab i dag er de fleste arealer langs vandløb drænet og inddraget i den årlige omdrift eller til kulturgræsmark. Nogle af de vedvarende græsningsmarker eksisterer stadig (§3-arealer ifølge Naturbeskyttelsesloven) men er dog ofte påvirket af kulturtiltag, der har haft til formål at fremme græsproduktionen.

Der foreligger ingen beskrivelse af, hvordan vandløbsøkotonens botaniske kvalitet så ud i 1950'erne, hvorfor der i dag ikke findes egentlige referencer, som vandløbsøkotoner nabo til mark i omdrift kan sammenlignes med. Derfor benyttes i denne analyse nutidige, vedvarende græsningsmarker som reference nabo-biotop, vel vidende at de i mere eller mindre omfang er påvirket af kulturtiltag. Vedvarende græsmarker, hvor der var anvendt herbicider under det elektriske hegn langs vandløbet, indgik ikke i projektet.

I en anden analyse testes for, om den botaniske kvalitet af brink og 2-m bræmmen er afhængig af afstanden til mark i omdrift, det vil sige buffer zonens bredde, der inkluderer kulturgræsmark, hvis en sådan var tilstede.

I alt blev der inden for 18 studieområder udvalgt 135 marker i årlig omdrift eller med kulturgræs som nabo til vandløbet, og som bl.a. på grund af topografien havde en høj risiko for vand initieret jorderosion. En sådan mark i omdrift eller kulturgræsmark kaldes i det følgende en 'Omdrifts Slope Unit'. I hvert af studieområderne blev der udvalgt en reference, det vil sige en vedvarende græsmark, der på alle måder bortset fra arealanvendelsen lignede de valgte Omdrifts Slope Units så meget som muligt, herunder jordtype og vandstand, og kaldes i det følgende en 'Naturgræs Slope Unit'. Alle slope units grænsede op til målsatte vandløbsstrækninger, der for 90% vedkommende var 1. eller 2. ordens vandløb med en gennemsnits ovenbredde på 3 m. De resterende vandløbsstrækninger var 3. ordens vandløb. Hele 96% af udvalgte Omdrifts Slope Units grænsede op til højt målsatte (A eller B) vandløb.

For at udvælge et mindre antal Omdrifts Slope Units til nærmere analyse blev de 135 slope units karakteriseret i 1997 i forhold til graden af træbevoksning, jordtype, dominerende vegetationstype og bredde af buffer zonen inklusive kulturgræsmark, hvis en sådan var tilstede. Data blev analyseret med et klassifikationsprogram. Blandt de forskellige typer af Omdrifts Slope Units havde ni lysåbne et tilstrækkeligt antal slope units til, at der slumpmæssigt kunne vælges tre fra hver type, det vil sige i alt 27 Omdrifts Slope Units (tabel 1). For hver af de studieområder, der var repræsenteret med Omdrifts Slope Units, blev der yderligere valgt en Naturgræs Slope Unit som reference. I alt var der 30 Naturgræs Slope Units. De fleste af de vedvarende græsmarker blev afgræsset, eller græsningen var ophørt få år forinden.

Hver af de i alt 57 slope units blev analyseret med tre permanente felter placeret i 2-m bræmmen og på brinken. Alle felter blev som følge af vandløbets karakter af at være en biotop, der måles i længde, udlagt med en ens længde, nemlig 1 m, men med varierende bredde: (i) i brinken blev de placeret fra bræmmekanten til vandkanten (sommer vandstand); (ii) i bræmmen var bredden af feltet lig med bredden af bræmme, men maksimalt 2 m, der er minimumsbredden ifølge Vandløbsloven; (iii) hvis der var elektrisk hegn til stede, blev feltet i bræmmen placeret mellem det elektriske hegn og bræmmekanten, dog maksimal 2 m og som minimum 40 cm. I alle 57 slope units blev der udtaget en repræsentativ jordprøve 0-20 cm i bræmmen. De tørrede jordprøver fra alle Omdrifts Slope Units er blevet analyseret for kationkapacitet, Kt, Lt, Mgt, pH_{vand}, Pt og total P, men kun jordprøverne fra de først udvalgte Naturgræs Slope Units er analyseret. Analysemetoderne fulgte Plantedirektoratet (1994).

Vegetationen i felterne blev analyseret i juli med en kombineret abundance-dækningsgradsanalyse. Den samlede dækning af de arter, der udgjorde den væsentligste del af biomassen (kaldet dominerende arter), adderede sammen med eventuel bar jord til 100%'s dækning. Da de permanente felter havde uens bredde blev analyserne suppleret med en arealfast analyse, nemlig en udvidet 0.1 m^2 Raunkiær analyse med tre koncentriske cirkler placeret centralt i feltet. Højden af vegetationens grønne masse blev målt fem steder i feltet: Centralt og i de fire kvadranter. Den overjordiske biomasse i bræmmen blev høstet i sidste halvdel af juli i to 0.1 m^2 cirkler placeret på hver side af den ene af de tre felter for hver slope unit. Prøverne blev tørret ved 80°C og vejet.

Tabel 1. Karakteristik af bufferzonen i 135 Omdrifts Slope Units. Characteristics of buffer zone of the 135 Rotational Slope Units, i.e. a stream border neighbouring fields in annual rotation or cultural grasslands.

Bræmme type All over type	**Jord type** Soil type	**Dominerende vegetation** Dominating vegetation type	**Bredde** Width of buffer zone	**# Slope Units** # Slope Units
	Ler, Clay	**Urter,** Herbs	< 2 m	3*
	–	**Urter,** Herbs	> 2 m	8*
Lysåben,	–	**Græsser**, Grasses	< 2 m	11*
Ugræsset	–	**Græsser**, Grasses	> 2 m	13*
Non-forested,	**Sand**, Sand	**Urter,** Herbs	< 2 m	1
Un-grazed	–	**Urter,** Herbs	> 2 m	7*
	–	**Græsser**, Grasses	< 2 m	19*
	–	**Græsser**, Grasses	> 2 m	23*
Lysåben, græsset	**Ler**, Clay	**Græsser**, Grasses	> 2 m	7*
Non-forested,	**Sand**, Sand	**Græsser**, Grasses	> 2 m	26*
Grazed				
Skovklædt	**Begge typer**	**Begge typer**	**Begge typer**	17
Forested	Both types	Both types	Both types	

*: **Heraf 3 slope units inkluderet i analysen**. Three Rotational Slope Units included in the intensive analyses.

Artsrigdommen i bræmme og brink blev bestemt både som antal arter pr. areal og pr. længde enhed. Ellenberg N-værdi (Ellenberg *et al.*, 1992) blev beregnet som en vægtet pointsum i Raunkiær cirklerne og inkluderet som en proxi for produktivitet. I overensstemmelse med økoton karakteren af vandløb, brink og bræmme (Holland *et al.*, 1990) blev arterne opdelt i vådbundsarter og tørbundsarter (Phreatophyter og Aphreatophyter ifølge Londo (1988)). De variable, der blev inkluderet i vurderingen af den botaniske kvalitet blev sammenlignet med t-

test. I forbindelse med sammenligning af gennemsnit anvendtes een værdi pr. slope unit (gennemsnit pr. felt eller en aggregeret værdi fra de tre felter). Høj artstæthed, lav produktivitet og høj potentiale for spredning af vådbunds- og tørbundsarter er regnet for høj botanisk kvalitet.

Resultater

Det totale antal arter i felterne var lavere i vandløbsøkotoner langs Omdrifts Slope Units end langs Naturgræs Slope Units (tabel 2). Også antallet af dominante arter, det vil sige de arter,

Tabel 2. Botanisk kvalitet af brink og bræmme i relation til arealanvendelse af nabomark og signifikans af sammenligning af økoton type. Botanical quality (biodiversity, proxies for productivity, dispersal potential) of border and bank in relation to land use of the neighbouring field and P-value of t-test comparing variables within borders or within banks. **Omdrift**: field in annual rotation or with cultural grassland (Rotational Slope Units). **Naturgræs**: permanent semi-natural grassland (Grassland Slope Unit). Dominating species, i.e. species contributing to the total cover.

	Bræmme, Border			**Brink**, Bank		
	Omdrift	Natur-græs	t-test	Omdrift	Natur-græs	t-test
# Slope Units in t-test	27	30	P	27	30	P
***Biodiversitet**, Biodiversity*						
# **Arter**, Species per 3 m	16	28	<0.001	17	24	<0.001
# **Arter**, Species per 0.3 m^2	8	17	<0.001	8	12	<0.01
# Dominant species per 3 m	6	8	<0.001	6	6	NS
***Produktivitet**, Productivity*						
Højde, Canopy height, cm	74	55	<0.001	83	82	NS
Biomasse, Biomass, g per m^2	427	305	<0.01	–	–	–
Ellenberg N-Index (Index 1-9)	7.2	5.9	<0.001	7.4	6.2	<0.001
% **Dækning**, Cover *U.dioeca*, *E.repens*, *G.aparine*[1)]	52 %	13 %	<0.001	34 %	13 %	<0.001
% **Felter med**, Plots with *G.aparine*[1)]	72 %	38 %	–	67 %	54 %	–
***Spredning**, Dispersal Corridor*						
% **Vådbundsarter**, Phreatophytes per 0.3 m^2	13 %	33 %	<0.001	23 %	36 %	<0.01
% **Tørbundsarter**, Aphreatophytes per 0.3 m^2	75 %	53 %	<0.001	62 %	49 %	<0.01
# Phreatophytes, total	35	81	–	49	74	–
# Aphreatophyts, total	67	72	–	53	83	–

1) *Urtica dioeca* (Stor Nælde), *Elytrigia repens* (Alm. Kvik), *Galium aparine* (Burre Snerre).

der udgjorde vegetationsdækket i feltet, var lavere i økotoner langs mark i omdrift end langs natur græsmark. Disse forskelle var mere udpræget for bræmmen end for brinken. I 2-m bræmmen var de fem mest dominerende arter i aftagende rækkefølge: (i) Stor Nælde, Alm. Kvik, Alm. Kørvel, Skvalderkål og Draphavre i Omdrifts Slope Unit; (ii) Rød Svingel, Stor Nælde, Alm. Rapgræs, Draphavre og Fløjlsgræs i Naturgræs Slope Unit.

Vandløbsøkotonen langs Omdrifts Slope Units havde højere proxi-værdier for produktivitet end de tilsvarende økotoner langs Naturgræs Slope Units: Vegetationen var højere, biomassen var højere, vegetationen havde en højere Ellenberg N-værdi og de tre indikator arter for højt næringsniveau, Stor Nælde, Alm. Kvik og Burre Snerre, havde en højere dækningsgrad (tabel 2). Dertil kommer at den enårige art, Burre Snerre, blev fundet i den højeste andel af felterne i økotoner langs mark i omdrift. Disse forskelle var mere udpræget for bræmmen end for brinken. Pt og Kt var højere i bræmmer i Omdrifts Slope Units end i Naturgræs Slope Units (tabel 3). Ingen af de øvrige målte kemiske variable udviste forskelle mellem de to bræmme typer.

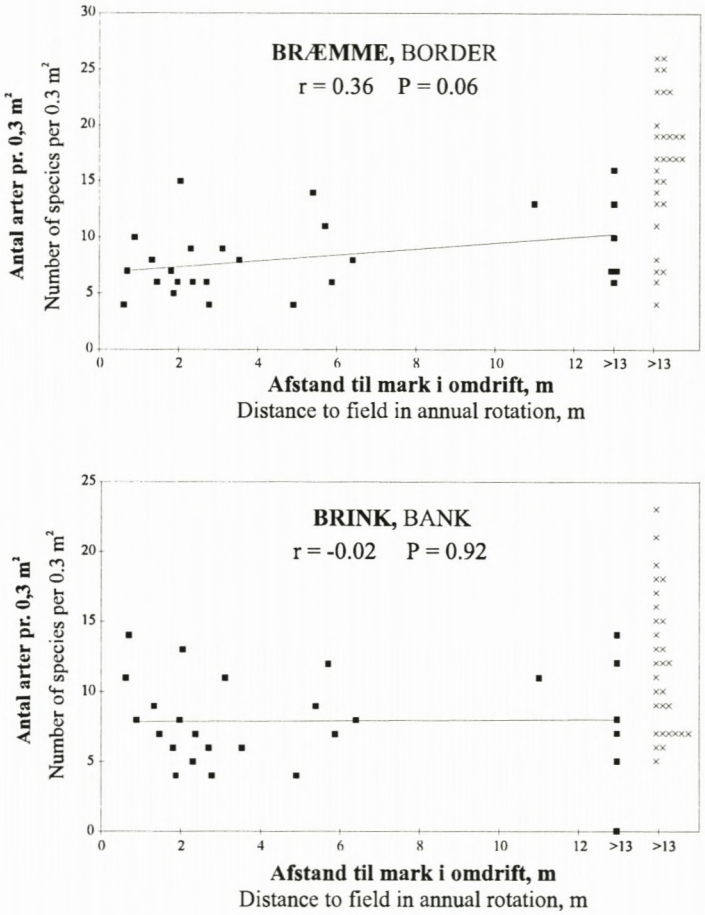
Andelen af vådbundsarter var lavere i vandløbsøkotonen langs Omdrifts Slope Units sammenlignet med økotoner langs Naturgræs Slope Units. Det modsatte gjorde sig gældende for arter fra tørbundsbiotoper. Disse forskelle var mere udpræget for bræmmen end for brinken (tabel 2).

Artstætheden i 2-m bræmmen nabo til mark i omdrift øgedes med øget afstand til marken, om end ikke på α=0.05 signifikans niveauet (figur 1). En sådan tendens blev ikke fundet for brinken. Pt og Kt i 2-m bræmmen reduceredes med bredden af buffer zonen mellem mark i omdrift og vandløbsbræmmen (tabel 3). Ingen af de øvrige målte kemiske variable ændredes systematisk med afstanden til mark i omdrift.

Tabel 3. Gennemsnitlig Pt og Kt for bræmmer i Naturgræs og Omdrifts Slope Units, t-test for effekt af nabomark samt korrelation mellem Pt (Kt) og afstand til mark i omdrift. P and K level in soil in borders neighbour to grasslands and to field in annual to few-annual rotation and t-test of means being equal independently of land use on neighbouring field. Further, Pearsson correlation coefficient between level of P (K) and distance from field in rotation and the significance of the correlation coefficient.

	Effekt af nabomark Effects of land use on neighbouring field			**Effekt af afstand til mark i omdrift**, Effects of distance	
Variabel Variable	**Gns**, Mean		t-test af ens gennemsnit	Pearsson correlations coefficient	
	Naturgræs, Grassland	**Omdrift**, Rotation	P-værdi	R	P-værdi
Pt	2.3	3.5[1)]	0.008	– 0.45	0.020
Kt	11.6	14.9	0.066	– 0.46	0.016

1) Gennemsnit og t-test eksklusive en outlayer med Pt=15.9



Figur 1. Antal arter i bræmme og brink som funktion af afstanden til mark i omdrift. ■: Nabomark i omdrift eller kulturgræs; x: Nabomark med naturgræs. Afstanden til mark i omdrift sat til >13 m ved kulturgræs og naturgræs. Pearson Correlation Coefficient (r) og P-værdi for omdrifts Slope Units er anført. Number of species in border and brink in relation to distance to field in annual rotation. Border ecotones neighbour to fields in rotation or cultural grassland (■) or natural grassland (x). Distance to field in annual rotation set to >13 m for cultural and natural grasslands. Pearson Correlation Coefficient (r) and P-value for rotational Slope Units are shown.

Diskussion

Vandløbsøkotoner nabo til mark i omdrift havde lavere artsrigdom, højere produktivitet og lavere potentiale som spredningskorridor for arter fra såvel våde som tørre biotoper end tilsvarende økotoner nabo til vedvarende græsmark. Disse forskelle må tilskrives negative effekter fra de landbrugsmæssige aktiviteter på marken i omdrift. De to grupper af slope units

var således kun systematisk forskellige hvad angår driften på naboarealet. Alle andre studieområde variable som topografi, jord type, afstand til grundvand og vandløbstype var søgt holdt ensartet.

De landbrugsmæssige påvirkninger, der betinger forskellene, kunne være gødskning og pesticider. Det forhøjede Pt og Kt i bræmmen ved mark i omdrift og de anvendte proxier for produktivitet indikerer således alle en mere næringsrig økoton langs mark i omdrift end langs vedvarende græsmark. Det faktum, at forskellene mellem de to grupper af slope units var større for den del af økotonen, der var placeret nærmest marken i omdrift, nemlig bræmmen, end for den del af økotonen, der var længere væk fra marken, brinken, tyder også på, at påvirkningen kommer fra marken. Dertil kommer, at Pt og Kt samt den negative påvirkning af vegetationens artsindhold i 2-m bræmmen havde en tendens til at øges, jo nærmere marken i omdrift kommer vandløbsbræmmen.

Den enårige art, Burre Snerre, forekommer på biotoper, der af een eller anden grund er forstyrret. I overensstemmelse hermed forekom Burre Snerre hyppigt på vandløbsbrinkerne, der på grund af ændringer i vandføringen gennem året er en forstyrret biotop. Vandløbsbræmmer er ikke *a priori* en forstyrret biotop, men en biotop med stabil og permanent vegetation. Den hyppige forekomst af Burre Snerre i bræmmer langs mark i omdrift tyder derfor på forstyrrelser, f.eks. med herbicider, der ved at slå dele af vegetationen ihjel giver gode spiringsmuligheder for denne enårige art.

Hvad angår antallet af arter, der potentielt kan anvende vandløbsøkotonen som spredningskorridor, så kan færre arter fra både vådbunds- og tørbundssamfund spredes fra omdrifts-økotoner end fra naturgræs økotoner. Dertil kommer, at de arter, der kan spredes fra vandløbsøkotoner langs mark i omdrift er blandt de mere eutrofe arter, som det fremgår af de høje Ellenberg-N-værdier. Til sammenligning er Ellenberg-N-værdi beregnet for 20 danske plantesamfund på grundlag af karakteristiske arter 5,9 eller derunder og kun de mest eutrofe og våde plantesamfund har en Ellenberg-N-værdi mellem 3,9 og 5,9 (Andersen *et al.*, i trykken). Især for vådbundsarterne var økotonen langs mark i omdrift en forarmet spredningskorridor. Dette forhold bør inddrages ved analyse af det forventede naturindhold f.eks. i forbindelse med etablering af VandMiljøPlan II vådområder (jf. van Diggelen, 1998).

Bicheludvalget (1998) anbefaler en 10-12 m bred sprøjtefri randzone langs målsatte vandløb. En sprøjtefri randzone betyder, at vindafdriften til 2-m bræmmen reduceres, men det må også betyde, at brink og 2-m bræmmen ikke må sprøjtes. Vurderet ud fra den botaniske kvalitet af vegetationen i 2-m bræmmen, vil en beskyttelse af bræmmen langs naturgræs mod herbicider være værdifuldt, ikke mindst fordi et sådan tiltag vil betyde, at praksis med at sprøjte under el-hegn må ophøre. Bræmmer langs mark i omdrift er stærkt næringspåvirkede og bevokset med høje, produktive og konkurrencestærke arter. Derfor vil en sprøjtefri randzone uden at den kombineres med en kraftig reduktion af næringsniveau ikke kunne øge bræmmens botaniske kvalitet.

Det kan konkluderes, at det direkte naboskab til mark i omdrift har en speciel negativ indflydelse på den botaniske kvalitet i 2-m bræmmen på grund af nærings- og

pesticidpåvirkning. Hvis vandløbsøkotoner skal opretholdes som biotoper, der udgør vigtige korridorer i landskabet for plantearter fra både våde og tørre biotoper, skal artsrigdommen bevares eller øges. Derfor er det nødvendigt med en sprøjtefri og ugødsket buffer-zone eller ekstensivt drevet græsareal mellem marken i omdrift og 2-m bræmmen. Nærværende resultater viser imidlertid ikke, hvor bred en sådan zone skal være for at yde effektiv beskyttelse. Det er om end endnu mere vigtigt, at vandløbsbræmmer langs vedvarende græsmarker sikres mod den direkte pesticidanvendelse, som det praktiseres mange steder, og at gødskning ophører, da det er fra disse arealer og vandløbsøkotoner plantearterne skal komme - både ved genopretning af vandløbsøkotoner langs mark i omdrift og af VPPII's vådområder.

Erkendtlighed

Tak til Orla Bjørneskov, Anker Laubel og Brian Kronvang for at måtte benytte indsamlet data.

Litteratur

Andersen J.M., Asman W.A.H., Hald A.B., Münier B. & Bruun H.G. I trykken. Miljø- og naturkonsekvenser af en ændret svineproduktion. Danmarks Miljøundersøgelser.

Anonymous, 1992. Vandløbsloven. Miljø- og Energiministeriet, Copenhagen.

Baattrup-Petersen A., Friberg N. & Riis T. 1999. Ådalenes rige planteliv. Vand og Jord, 2: 48-50.

Bicheludvalget 1998. Udvalget til vurdering af de samlede konsekvenser af en afvikling af pesticidanvendelsen - Rapport fra hovedudvalget. 144 pp.

De Snoo G.R. & De Wit P.J. 1998. Buffer zones for reducing pesticide drift to ditches and risks to aquatic organisms. Ecotoxicology, Environment and Safety, 41, 112-118.

Ellenberg H., Weber H.E., Düll R., Wirth V., Werner W. & Paulissen D. 1992. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Scripta Geobotanica 18 (2. verbesserte und erweiterte Auflage), 258 pp.

Haycock N.E., Pinay G. & Walker C. 1993. Nitrogen retention in river corridors: European perspective. Ambio, 22, 340-346.

Haycock N., Burt T., Goulding K. & Pinay G. (Eds.) 1997. Buffer Zones. Their Processes and Potentials in Water Protection. The Proceedings of the International Conference on Buffer Zones September 1996. Quest Environmental, Harpenden, UK. 322 pp.

Holland M., Whigham D.F. & Gopal B. 1990. The characteristics of wetland ecotones. In: Naiman, R.J. og Décamps, H. (Eds.), The Ecology and Management of Aquatic-Terrestrial Ecotones, 171-198.

Johansson M.E., Nilsson C. & Nilsson E. 1996. Do rivers function as corridors for plant dispersal? Journal of Vegetation Science, 7, 593-598

Kronvang B., Hansen B., Hald A.B., Laubel A. & Olesen P. I trykken. Jord og Vand. Jorderosion og bræmmer i det danske landskab.

Londo G. 1988. Nederlandse freatofyten. Pudoc, Wageningen. 108 pp.

Mander U., Kuusemets V., Lohmus K. & Mauring T. 1997. Efficiency and dimensioning of riparian buffer zones in agricultural catchments. Ecological Engineering, 8, 299-324.

Muscutt A.D., Harris G.L., Bailey S.W. & Davies D.B. 1993. Buffer zones to improve water quality: A review of their potential use in UK agriculture. Agricultural Ecosystem and Environment, 45(1-2), 59-77.

Naiman R.J., Décamps H. & Pollock M. 1993. The role of riparian corridors in maintaining regional biodiversity. Ecological Application, 3(2), 209- 212.

Nilsson C., Nilsson E., Johansson M.E., Dynesius M., Grelsson G., Xiong S., Jansson R. & Danvind M. 1993. Processes structuring riparian vegetation. In: J. Menon (Ed.), Current Topics in Botanical Research, 419-431. Council of Scientific Research Integration, Triviandrum.

Plantedirektoratet 1994. Fælles arbejdsmetoder for jordbundsanalyser. Landbrugsministeriet.

Skoglund S.J. 1990. Seed dispersal agent in two flooded river sites. Canadian Journal of Botany, 68(4), 754-760

Van Diggelen R. 1998. Moving gradients. Assessing restoration prospects of degraded brook valleys. Rijksuniversitet Groningen, 183 pp.

Vikstrøm T. 1994. Bræmmebreddens betydning for agerlandets flora. Licentiatafhandling, Københavns Universitet.

Vought L.B.-M., Pinay G., Fuglsang A. & Ruffinoni C. 1995. Structure and function of buffer strips from a water quality perspective in agricultural landscapes. Landscape and Urban Planning, 31, 323-331.

Yates P. & Sherian J.M. 1983. Estimating the effectiveness of vegetated floodplains/wetlands as nitrate-nitrite and orthophosphate filters. Agricultural Ecosystem and Environment, 9, 303-314.

Kan risikoen for punktforureninger med pesticider minimeres?

Minimizing pollution risk at filling and washing sites for sprayers?

Lars Stenvang
Landskontoret for Planteavl
Skejby
DK-8200 Århus N

Arne Helweg
Danmarks JordbrugsForskning
Afdeling for Plantebeskyttelse
Forskningscenter Flakkebjerg
DK-4200 Slagelse

Summary

A statement from the Bichel-Committee was that the pesticide use in Denmark should be reduced. The aim was to reduce pesticide effects in non-target areas. First of all the intensity of the pesticide use should be lowered.

Reduction of point source pollution at farms can also contribute to reduce the effects in the environment in the future. We know that point source pollution is found in creeks, streams, and lakes, in groundwater, and in local water supplies. The extent of this pollution is not known and can vary according to the conditions. Some of the efforts of minimizing farm pollution are relatively simple and may have immediate effects.

This paper represents a status of the possibilities to do this. In recent years The National Department of Plant Production, Skejby, and the Department of Crop Protection, Flakkebjerg, have focused on this problem and given information for improvements.

Indledning

Et resultat af Bicheludvalgets udredningsarbejde er en anbefaling af, at pesticidanvendelsen i Danmark bør reduceres. Målet med en sådan reduktion er grundlæggende at reducere uønskede effekter på flora og fauna samt udledning af pesticider til de dele af miljøet, hvor pesticidet ikke er tiltænkt. Som de væsentligste virkemidler er foreslået en sænkning af behandlingshyppigheden og etablering af sprøjtefri randzoner langs vådområder.

Et andet virkemiddel til at opnå miljøforbedring er at minimere risikoen for, at punktforureninger med pesticider på landbrugsbedrifter vil opstå i fremtiden. Der findes i dag tilstrækkelig viden til at erkende, at punktforureninger kan bidrage til at forurene vandløb via dræn samt grundvand og drikkevandsforsyninger lokalt. Hvor stort et bidrag punktkilderne yder er meget

usikkert og kan variere med mange forskellige forhold. Sammenlignes med indsatsen for at sænke behandlingshyppigheden, så er indsatsen mod punktkilderne begrænset, men effekterne skønnes at være umiddelbare og positive.

Landskontoret for Planteavl og DJF, Flakkebjerg, har igennem en årrække arbejdet på at sætte fokus på denne problemstilling og finde anvendelige løsningsmetoder. Der blev i august 1999 afholdt en workshop i Flakkebjerg om problemet "vaske- og fyldepladser for sprøjteudstyr". Erfaringerne herfra indgår i artiklen.

Er der et behov for en indsats?

Der findes i dag baggrundsviden nok til at fastslå, at der er et behov for en indsats over for punktkildeforureninger med pesticider. Kilder til punktforureninger kan f.eks. være: 1) spild af bekæmpelsesmiddel under vask og påfyldning 2) ukorrekt bortskaffelse af restsprøjtevæske og koncentreret bekæmpelsesmiddel 3) forkert håndtering.

Såvel danske (Storstrøms Amt, 1999; Fyns Amt, 1999) som engelske (Andrée Carter, pers. komm.), svenske og tyske undersøgelser (Kreuger, 1999; Seel *et al.*, 1996; Fischer *et al.*, 1998; Frede *et al.*, 1998) peger i retning af punktkilder som et problem. De viser, at punktkildeforureninger kan være væsentlige bidragsydere til de pesticider, der forekommer i vandløb, og at punktkilder udgør en risiko for, at grundvand og lokale drikkevandsforsyninger forurenes (Jacobsen *et al.*, 1998). I undersøgelser af drænvand, af vandløb eller under vaskepladser, hvor der er fundet høje koncentrationer af pesticider, er der en indikation for en punktkilde.

Flere tyske undersøgelser har påpeget, at kilder til pesticider i vandløb, som traditionelt er opfattet som betydelige f.eks. vinddrift og erosion, generelt er meget overvurderede, mens punktkilder overses. Mellem 50 og 100% af målte pesticider i vandløb havde oprindelse fra punktkilder på landbrugsbedrifter via tilledning med spildevand fra disse ejendomme. En enkel information til landmanden om, hvor og hvorfor disse forureninger sker, reducerede udledningerne til vandløb betydeligt - op til 80-100% for nogle stoffer. Det er væsentligt at bemærke, at de tyske forhold ikke er direkte sammenlignelige med danske.

I Sverige er man nået langt med information og tiltag for at begrænse punktkilder på landbrugsbedrifter - f.eks. "Säkert växtskydd" og "Odling i balans".

Hvilke forbedrende muligheder er tilstede?

Fyldning

Fyldning i marken: Hvis påfyldningen af bekæmpelsesmidlet først sker i marken, der skal sprøjtes, eliminerer man forskellige risici for uhensigtsmæssig miljøpåvirkning. Her kan f.eks. nævnes havari eller andet uheld under transporten, eventuelle spild, utætte dryppende sprøjter eller overskumning. Marken er sædvanligvis en mindre kritisk arealtype sammenlignet med traditionelle vaskepladser på gården. Herved undgås desuden forurening af egen vandforsyning. **Krav:** Fyldning i marken stiller ikke nogle specielle krav.

På et biobed: Undersøgelser og erfaringer har vist, at fyldning og vask af sprøjten på et biobed kan være en hensigtsmæssig løsning. **Krav:** Biobede skal anlægges efter de anbefalinger,

som erfaringen har vist er nødvendige, herunder lukket med en tæt membran i bunden og overdækket i vinterperioden. Hermed anses biobedet for en sikker løsning.

Der er dog et problem, når biobedmaterialet skal udskiftes og bortskaffes. Miljøstyrelsen betragter biobedjord som forurenet jord, og derfor skal materialet afleveres til f.eks. et jordrensningsfirma. Der kan også søges om tilladelse hos kommunen til udspredning på marken. Imidlertid er ingen af disse løsninger brugbare, da det giver besvær og usikkerhed og kan give store omkostninger. Udspredning af biobedjorden giver doseringer af aktivstoffer, der normalt er væsentligt lavere end doseringerne ved marksprøjtninger. Vi skønner, at materialet risikofrit kan spredes på marken, hvis man følger de svenske erfaringer. Svenske undersøgelser og erfaringer viser, at materialets indhold af pesticider er lavt. I Sverige har man som ekstra gardering anbefalet, at materialet skal henligge opgravet en sæson før udspredning. På baggrund af den eksisterende viden har Landskontoret for Planteavl arbejdet på at få ændret biobedjordens status fra forurenet jord til et produkt, der skal kunne udspredes. Miljøstyrelsen har ikke villet give en generel tilladelse til udspredning. Indtil man får sikkerhed for en let bortskaffelsesmetode, kan biobede ikke anbefales som en aktuel løsningsmulighed.

Restsprøjtevæske

Bortskaffelse af den uudsprøjtelige sprøjterest, der resterer i sprøjten efter endt arbejde, kan udgøre et specielt stort problem. Det skyldes, at restmængden kan være stor (5-50 l) og indeholdende en høj koncentration af aktivstoffet. Hvis denne væske tømmes ud på jorden, og der sker nedsivning, er der en potentiel risiko for at forurene op til en million kubikmeter vand (1 g pesticid kan bringe 10.000 kubikmeter vand op på grænseværdien i drikkevand på 0,1 µg pr. l). Restsprøjtevæsken skal fortyndes minimum 100 gange og udsprøjtes før, den fortyndede rest tømmes af sprøjten under kørsel i marken. **Krav:** Tilstrækkelig skyllevandskapacitet på sprøjten. Som udgangspunkt er minimum en 200 l skyllevandstank nødvendig.

Rengøring

Rengøring i marken: Det er hensigtsmæssigt, at den indledende indvendige rengøring af sprøjten samt den udvendige rengøring sker i den sprøjtede mark. **Krav:** Det kræver, at sprøjten er monteret med både tilstrækkelig rentvandskapacitet, med spuledyse og med et udtag til udvendig spuling. Det skønnes, at af de ca. 45.000 sprøjter som opererer i Danmark, har kun 3.000 sprøjter monteret en skyllevandstank og 5.000 sprøjter en spuledyse.

Rengøring på gården: **Krav:** Mest hensigtsmæssig for øjeblikket er en fast støbt vaskeplads med afløb til gyllebeholderen. Det er her vigtigt, at der tages højde for effekter af eventuelle minimidler i senere afgrøder, der modtager gyllen.

Mulige aktiviteter

Helt umiddelbart kan der allerede nu igangsættes aktiviteter for at eliminere en fremtidig risiko for punktforureninger. Indsatsen er 2-sidet: 1) at få formidlet problemstillingen 2) at give vejledning til at nødvendige foranstaltninger sker. På længere sigt kan der også være et behov for at

skabe en afklaring og få ny viden om punktkilders effekter og betydning.

Aktiviteten kan indeholde en bred vifte af informationer, vejledning og undervisning af konsulenter og landmænd om punktkilder på landbrugsbedrifter, risikoen ved punktkilder og hvordan punktkilder undgås. Initiativerne kan f.eks. indeholde:

- udarbejdelse af udførlige tjeklister og procedurer for miljøtjek på landbrugsejendomme. Landskontoret for Planteavl har udarbejdet sådanne tjeklister til anvendelse for landmænd og konsulenter
- oprette kurser og give information til personer, der foretager miljøtjekket
- foretage miljøtjek på landbrugsbedrifter og informere landmænd om, hvor i håndteringer af pesticider problemer kan opstå på bedriften
- give vejledning i at eliminere risikoen for punktkilder
- lave byggeanvisninger for forskellige typer vaske-/fyldepladser

Sammendrag

Bicheludvalget anbefalede i deres redegørelse, at pesticidanvendelsen i Danmark skal reduceres, og at forskellige biotoper skal beskyttes bedre. En af mulighederne for at reducere spredningen af pesticider er at forbedre procedurerne ved vask og fyldning af sprøjteudstyr. En indsats mod disse årsager til punktkilder kan delvist ske ved enkel information og vejledning. Blandt de mulige foretrukne løsninger er en tilstrækkelig stor rentvands- og skyllekapacitet til, at skylning og rengøring af sprøjten kan ske i marken. Med de sprøjter, der findes i dag, er rentvandskapaciteten generelt vurderet at være for lille til både at tilgodese bortskaffelse af restsprøjtevæske og den indvendige og udvendige rengøring. Sprøjterne er i dag slet ikke konstruerede, så udvendig rengøring i marken er mulig. Generelt er der behov for nyudvikling af sprøjter til de nævnte formål. Der er eksempelvis behov for sprøjter, hvor restmængder af sprøjtevæske i tanken efter sprøjtning er minimeret til ganske få liter.

Anvendelse af støbt plads til vask og fyldning vurderes at være relativt uproblematisk forudsat vandet opsamles i gyllebeholderen eller udsprøjtes, og forudsat der tages hensyn til følsomme afgrøder under udbringningen. På nogle bedrifter kan et biobed være den foretrukne løsning, men hvis der fortsat stilles krav om, at biobedjord bortskaffes som forurenet jord, så er biobede reelt set ikke aktuelle i indsatsen mod punktkilder.

Litteratur

Carter A. 1999. ADAS (Agricultural Development and Advisory Service), England (pers. kommunikation).

Fischer V.P. et al. 1998. "Gewässerbelastung durch Planzenschutzmittel in drei Einzugsgebieten" und "Reduktion des Gewässereintrags von Planzenschutzmittel aus Punktquellen durch Beratung". Gesunde Pflanzen, 50 Heft 5.

Frede H-G. et al. 1998. Reduction of herbicide contamination in flowing waters. Z. Pflanzenernähr. Bodenk., 161.

Fyens Amt 1999. Pesticidundersøgelser i vandløb, kildevæld og dræn 1994-1997.

Jacobsen C.S. et al. 1998 Vurdering af risikoen for udvaskning af pesticider fra befæstede arealer. GEUS 1998.

Kreuger J. 1999. Pesticides in the Environment - Atmospheric Deposition and Transport to Surface Waters. Doctoral thesis, University of Uppsala, Sweden.

Seel P. et al. 1996. Kläranlagen als Haupteintragspfad für Planzenschutzmittel in Fliessgewässer.Vom Wasser, 86.

Storstrøms Amt 1999. Pesticider i grundvandet, også et punktkildeproblem.

Detergenter er også tilsætningsstoffer til pesticider

Detergents are also pesticide additives

Hans Løkke
Forskningschef
Danmarks Miljøundersøgelser
Afdeling for Terrestrisk Økologi
Postboks 314
DK-8600 Silkeborg

Summary

In Denmark around 1000 tonnes of detergents are used for pesticide formulation. The predominant compounds are non-ionic. All common used detergents are readily degradable under aerobic conditions, they are sorbed to soils and the risk of ground water contamination is low from this use of detergents. Detergents in pesticide formulations constitute around 10% of the amounts used in consumer products. The average field dosage at 0.3-0.4 kg a.i. per ha is one to two orders lower than the average dosage applied with sewage sludge to soils. Thus, the exposure of soil living organisms is low. Detergents may cause harmful effects to insects, plants and micro-organisms, in particular in surface waters. Compared with pesticides, the PNECs of detergents show much lower toxicity by factors greater than 100-1000. No health effects or chronic environmental effects are expected at normal usage rates, however, very few data are available on cationic detergents, which normally are more toxic than other groups of detergents. The aim of detergents is to improve the effect of active ingredients in pesticide formulations. Therefore, detergents in pesticide formulations will influence pesticide side effects in the field or by wind drift, and they may influence mobility of chemicals in soils, and may increase the dermal uptake of pesticides.

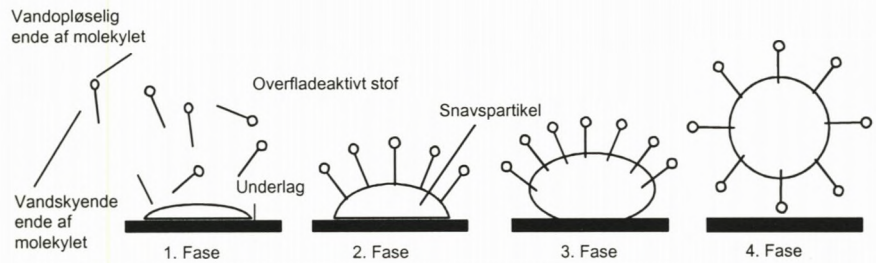
Indledning

I formuleringer af pesticider tilsættes en række kemiske hjælpestoffer, som bl.a. omfatter bærestoffer, opløsningsmidler, overfladeaktive stoffer, dispergeringsmidler, spredemidler, klæbemidler, absorptionsfremmende stoffer, kompleksbindere, antiskummidler, stabilisatorer, frysepunktsnedsættende midler, antioxidanter, konserveringsmidler, farvestoffer, fyldstoffer og parfume. I 1998 bestod ca. 69% af salget af bekæmpelsesmidler i Danmark af hjælpestoffer, svarende til ca. 10.000 tons. En del af mængden af hjælpestoffer er vand. Hjælpestofferne kaldes også for ikke-aktive stoffer, på engelsk "inert ingredients".

Hjælpestoffer i pesticidformuleringer omfatter en broget samling kemikalier, som i nogle tilfælde er mere akut giftige end det virksomme stof f.eks. organiske opløsningsmidler. Hjælpestofferne har været i fokus på grund af de organiske opløsningsmidler og senest i 1997, da det viste sig, at de omfattede alkylphenoler og alkylphenolethoxylater. Disse stoffer udvi-

ser hormonlignende effekter på pattedyr, fisk og hvirvelløse dyr i kontrollerede eksperimenter. Efterfølgende er der iværksat en udfasning af disse hjælpestoffer. Derfor omformuleres mange midler ved substitution med hjælpestoffer, hvis kendte egenskaber vurderes at være mindre skadelige.

Detergenterne er overfladeaktive stoffer, der bl.a. tilsættes for at ændre overfladespændingen, således at der sikres en god fordeling på og indtrængning i planterne. Desuden letter detergenterne optagelsen i skadevolderen, hvad enten det er planter (ukrudt), svampe eller hvirvelløse dyr. Den samme effekt kan forventes at føre til større hudoptagelse ved midlets kontakt med kroppen. De pesticider, der ikke er vandopløselige, tilsættes bl.a. detergenter i sprøjtemidlet for at dispergere det virksomme stof. Desuden tilsættes detergenter ved fremstillingen af tankblandinger.



Figur 1. Overfladeaktive stoffer indeholder en vandopløselig og en vandskyende ende af molekylet. Stofferne hæfter sig til overflader og partikler og danner en vandopløselig film rundt om partikler, således at de kan bringes i suspension. Surfactants have a hydrophilic and a hydrophobic part of the molecule. The compounds adsorb to surfaces and particles, are wetting surfaces, and solubilize and disperse particles (Rastogi *et al.*, 1997).

Hvilke mængder anvendes?

I 1988 anvendtes 650 tons detergenter i herbicider, som var fordelt mellem 209 tons anioniske og 271 tons nonioniske detergenter (Oplysninger fra Kemikalieinspektionen) samt 170 tons øvrige typer. Detergenterne udgør ca. 6,7% af formuleringen af herbicider, det vil sige det aktuelle forbrug i 1998 vil anslået være ca. 500 tons alene i herbicider. Hertil kommer anvendelsen i de øvrige grupper af bekæmpelsesmidler, således at det samlede forbrug skønnes at være i størrelsesordenen 750-1000 tons pr. år, det vil sige ca. 20-25% af mængden af virksomme stoffer. Den gennemsnitlige belastning på det sprøjtede areal (2,3 mio. ha) er ca. 0,3-0,4 kg ha^{-1}. Totalmængden på 750-1000 tons pr. år skal ses i sammenhæng med anvendelsen i vaske- og rengøringsmidler, hvor den seneste offentliggjorte vurdering (fra 1986) er på 13.612 tons, heraf 4200 tons sæber (Damborg og Thygesen, 1991). Brancheforeningen SPT har i forbindelse med denne artikel oplyst, at det totale forbrug i Danmark i 1998 af overfladeaktive stoffer inklusive sæbe kan estimeres til 7850 tons. Denne opgørelse omfatter ikke alle produktgrupper.

Tabel 1. Oversigt over totale årlige mængder af detergenter i Danmark og mængder, som tilføres landbrugsjord med henholdsvis pesticidformuleringer og spildevandsslam. Estimates of total annual amounts of detergents in use in Denmark, and given to agricultural soils by pesticide formulations and by sewage sludge.

	Mængde i tons pr. år[a] Amounts, tonnes per year	**Dosering kg pr. ha** Dosage, kg per ha
Detergenter i vaske- og rengøringsmidler i Danmark (1986-tal)	7850-13.612	-
Detergenter i pesticider (skønnet)	750-1000	0,3-0,4
Detergenter i spildevandsslam (skønnet)	100-150	7-10[b]

[a] = **heraf skønnes ca. 1/3 at være sæber/** including 1/3 soaps.

[b] = **gennemsnitsværdi for slamdosering på 6 tons pr. ha/** average dosage at 6 tonnes sewage sludge per ha.

Mængden af detergenter, der udbringes med spildevandsslam, er skønnet at være 100-150 tons pr. år (baseret på oplysninger fra M. Brink, Plantedirektoratet om LAS samt opskalering til alle detergenter på basis af Feijtel og Van de Plassche, 1995). Denne mængde er således 5-10 gange mindre end mængden, der udbringes med pesticidformuleringer. Spildevandsslammet anvendes imidlertid på et begrænset areal. Med en dosering på 6 tons slam (tørstof) pr. ha skønnes belastningen med detergenter inklusive sæber fra spildevandsslammet i gennemsnit at være 7-10 kg ha^{-1}.

Beskrivelse af de anvendte detergenters egenskaber

De detergenter, der anvendes i pesticidformuleringer, tilhører de 3 hovedgrupper anioniske, nonioniske og kationiske detergenter. Den vandskyende del af molekylerne består hos alle typer af detergenter af relativt lange, lige eller forgrenede alkylkæder eller alkylarylkæder.

I vandmiljøet bevirker tilstrækkeligt høje koncentrationer af detergenter, at der sker akutte skader på gællerne hos fisk, vandlopper og muslinger, således at oxygenoptaget ødelægges snarere end en virkning inde i organismen. De indledende skader skyldes primært en reduktion af diffusionskapaciteten i gællerne på grund af forøgelse af afstanden fra vand til blod. Ved større påvirkninger sker der desuden en reduktion af det effektive overfladeareal for gasudveksling. De overfladeaktive stoffer kan også påvirke muslinger i deres larvestadium, således at larverne ikke kan sætte sig fast på sten og andre overflader, når de skal udvikles til voksne muslinger. Dette kan dels skyldes skader på de fimrehår, som de bruger til bevægelse, dels påvirkning af det klæbestof, de bruger, når de sætter sig fast. Der er ikke påvist effekter af detergenter på æglægningen hos fisk, og der er ikke akkumulerende effekt hos hverken akvatiske eller terrestriske dyr.

Når detergenter tilføres jord med spildevandsslam, indgår de i en kompleks blanding af alle de forurenende stoffer, der findes i slammet. Spildevandsslam vil normalt stimulere væk-

sten af mange organismer i jorden, da det indeholder næringsstoffer. Det er derfor vanskeligt at måle giftvirkningen på kort tid under naturlige forhold. Forsøg har vist, at regnorme ikke påvirkes af detergenter i de koncentrationer, som findes i slambehandlet jord. En anden vigtig gruppe af jordbundsdyr, springhalerne, påvirkes ved omtrent samme koncentration som regnorme. Langtidsforsøg har dog vist, at jordbundsdyrene ikke påvirkes af de koncentrationer af LAS, der typisk findes i slam. Der findes også andre detergenter i slammet, herunder almindelig "sæbe", som virker på samme måde som LAS ved at påvirke cellemembraner og epitelvæv. Den samlede virkning vil dog næppe være skadelig i forbindelse med regelret udbringning af slam.

Detergenterne i pesticider udgør således ikke en trussel mod jordbundens dyreliv. Derimod er der ikke tilstrækkelig viden til at vurdere de miljømæssige effekter på ikkemålorganismer, som lever i eller af planter. Samspillet mellem detergenterne, de virksomme stoffer og de øvrige additiver er ikke belyst. Desuden mangler der data til at belyse detergenternes evne til at opløse andre miljøfarlige stoffer, både med hensyn til øget biotilgængelighed af disse stoffer, øget optagelse af dem i planter samt øget mobilitet i jorden med risiko for forurening af grundvandet til følge.

Anioniske detergenter

Anioniske detergenter anvendes ofte i formuleringerne. Den vandopløselige og polære gruppe hos de anioniske detergenter er oftest en sulfonat-, en sulfat- eller en carboxylsyregruppe. Alkylsulfonater kan udfældes som tungtopløselige salte, og de adsorberes til jordpartikler. Adsorptionskoefficienten for den kendte anioniske detergent LAS i spildevandsslam, den såkaldte K_d-værdi, er høj (600-5.000 liter pr. kg). Dette kan bevirke, at bakterierne ikke kan komme til at nedbryde LAS. Stoffet kan således passere et rensningsanlæg uden at blive nedbrudt. I jord er K_d-værdien typisk 2-20 liter pr. kg. Halveringstiden for LAS i jord varierer normalt mellem 5 og 30 dage. For alkylsulfonaterne, alkylsulfaterne og fedtsyreestrene antages halveringstiden i jord for at være lavere end for LAS. Koncentrationen af LAS i jord er normalt lav og vil typisk være væsentligt lavere end 1 mg pr. kg, selv på slambehandlede arealer.

Giftigheden af LAS øges drastisk med faldende længde af molekylets vandskyende ende. Det optimale område for den overfladeaktive evne, bionedbrydeligheden og den mindste giftighed ligger i området 10-14 carbonatomer for alkylbenzensulfonaterne. Generelt påvirkes toksiciteten ikke af vandets hårdhed. De anioniske detergenter udfældes imidlertid med Ca^{2+} og Mg^{2+}, hvorved stofferne fjernes fra hårdt vandt som tungtopløselige salte. Tilsvarende bindes de anioniske detergenter i kalkholdige jorder eller ved udfældning med kalk i spildevandsslam, hvorved giftigheden i kalkholdige jorder og i kalkbehandlet spildevandsslam nedsættes formentlig på grund af mindsket biotilgængelighed.

Nonioniske detergenter

De nonioniske detergenter er den mest anvendte stoftype i pesticidformuleringer. Hos de nonioniske stoffer udgør polyglycolethergrupper ofte molekylets vandopløselige ende. De fleste nonioniske detergenter indeholder polymeriserede ethylenglycolgrupper (ethoxylater). Tidli-

gere blev de nonioniske alkylphenolethoxylater ofte brugt som detergenter. De nedbrydes til giftigere alkylphenolethoxylater med få ethoxygrupper og helt til alkylphenol, som er meget giftig. Både de lavmolekylære octyl- og nonylphenolethoxylater og deres phenoler udviser hormonlignende effekter hos fisk og pattedyr. Det er derfor besluttet ved aftale mellem Miljøstyrelsen og industrien, at denne type detergenter udfases inden for en kort årrække. Alkylphenolethoxylaterne er afløst af alkylethoxylaterne og alkoholethoxylaterne, som er letnedbrydelige i rensningsanlæg og i miljøet. De omdannes ikke til giftigere nedbrydningsprodukter.

I de seneste år er der fremstillet en række nonioniske detergenter, hvor den vandskyende ende af molekylet er en alkylgruppe og den vandopløselige er sukkermolekyler, f.eks. alkylpolyglucosider. En anden ny gruppe er organosilikoner. Disse stoffer forventes at have relativt lille skadevirkning på miljøet, men der foreligger dog endnu kun få tilgængelige data for deres skæbne og effekter.

Kationiske detergenter

De kationiske stoffer indeholder stort set alle en kvatenær ammoniumion som vandopløselig gruppe. De kationiske detergenter binder sig til såvel organiske som uorganiske materialer, som er negativt ladet. Da de er giftige for mikroorganismer, kan de i sig selv hæmme nedbrydningen. Tilstedeværelsen af anioniske detergenter reducerer giftigheden, da der dannes neutrale salte mellem de to typer detergenter. Herved fremmes nedbrydningen. Kationiske detergenter er dårligt undersøgt. Giftigheden antages at være høj for nogle af stofferne, der kan virke som baktericider. Giftigheden bliver dog væsentligt reduceret, hvis stofferne adsorberes til partikler, og hvis de nedbrydes i sedimenter og jord. Den nuværende viden indikerer, at der ikke kan forventes bioakkumulation i væsentligt omfang.

Kationiske detergenter anvendes meget sjældent i pesticidformuleringer. Det eneste pesticid, hvor man har en generelt bedre effekt med kationiske i forhold til andre typer detergenter, er glyphosat (Kudsk, 1999). De fleste glyphosatformuleringer indeholder derfor kationiske overfladeaktive stoffer.

Proportionalitet

Ved proportionalitet forstås en forholdsmæssig vurdering af den samlede skadelige påvirkning af miljø og sundhed, som brugen af givne kemiske stoffer medfører. I dette tilfælde vurderes detergenterne i forhold til brugen af andre kemikalier, som anvendes i jordbruget eller som utilsigtet tilføres den dyrkede jord. Den vigtigste sammenligning er med de virksomme stoffer i formuleringen, som i sagens natur skal have en klar biologisk effekt.

Når man ser bort fra alkylphenolethoxylaterne, som kan nedbrydes til giftige alkylphenoler og mellemprodukter med hormonlignende effekter, er de fleste detergenter ikke skadelige for sundheden. Stofferne kan imidlertid bevirke, at de virksomme stoffer lettere optages gennem huden hos sprøjteføreren.

På grund af deres evne til at skade biologiske membraner er stofferne giftige eller meget giftige i vandmiljøet og til dels i jordmiljøet, når tilstrækkeligt høje koncentrationer er til stede. Ligeledes kan vilde planter og de hertil knyttede hvirvelløse dyr skades, når de rammes af

sprøjtemidler med indhold af detergenter. På denne måde kan herbicider eller fungicider medføre skader på insekter, og insekticider kan tilsvarende medføre skader på planter på grund af formuleringernes indhold af detergenter. Desuden medvirker detergenterne til at øge effekten af de virksomme stoffer, således at de på denne måde har en indirekte skadelig effekt på ikke-målorganismer f.eks. harmløse insekter.

Da detergenternes direkte effekt regnes for at være størst i vandmiljøet, har de fleste undersøgelser drejet sig om påvirkningen af vandlevende organismer. Van de Plassche *et al.* (1999) beregnede nuleffektniveauet for de mest anvendte detergenter i Holland. De fandt, at den såkaldte PNEC-værdi (Predicted No-Effect Concentration) for LAS (lineære alkylbenzensulfonater) var 250 mikrogram pr. liter. For alkoholethoxylater var værdien 110, og for alkoholethoxylerede sulfater var den 400 mikrogram pr. liter. For sæber fandtes der ikke tilstrækkelige data til at foretage en lignende beregning, men værdien ligger antageligt på samme niveau som de øvrige detergenter. Det skal fremhæves, at PNEC-værdien gælder for den kroniske toksicitet, det vil sige virkningen på langt sigt. For detergenterne er afstanden mellem den akutte og den kroniske giftighed som regel mindre end en faktor 10. Bortset fra alkylphenolethoxylaterne frembyder detergenterne ikke risiko for langtidseffekter ved eksponering i lave koncentrationer, idet det skal bemærkes, at der ikke er tilstrækkelig viden om de kationiske stoffers effekter i miljøet.

Til sammenligning hermed er PNEC-værdien for de fleste pesticider over for målgruppen af organismer (dyr, planter, mikroorganismer) som regel på niveau med eller mindre end grænseværdien for drikkevand på 0,1 mikrogram pr. liter (Løkke, 1999). Alt afhængigt af det virksomme stof er pesticiderne således betydeligt mere potentielt skadelige over for vandmiljøet end detergenter, det vil sige mindst en faktor 100 og typisk en faktor 1000 eller mere.

Dansk sammendrag

I Danmark anvendes ca. 1000 tons detergenter i pesticidformuleringer. Det drejer sig primært om nonioniske stoftyper, men også anioniske og kationiske bliver anvendt. Detergenter er let nedbrydelige under aerobe forhold, de bindes i jorden, og risikoen for grundvandsforurening ved anvendelse som hjælpestof i pesticidformuleringer er lille.

På baggrund af de foreliggende oplysninger kan det konkluderes, at

- Detergenter anvendes i formuleringer af pesticider i mængder, som svarer til ca. 25% af det aktive stof.
- Detergenterne i pesticidformuleringer udgør omkring 10% af det samlede forbrug af detergenter i vaske- og rengøringsmidler i Danmark.
- Den udbragte totale mængde er 5-10 gange større end de mængder, der udbringes med spildevandsslam, som anvendes som gødning eller jordforbedringsmiddel. Til gengæld er eksponeringen af jordbundens organismer ofte mere end 10 gange større ved slamudbringning end ved sprøjtning med pesticider.
- Nonioniske detergenter af typen alkylphenolethoxylater nedbrydes til stoffer med hormonlignende effekter, men disse stoffer er under hurtig udfasning.
- Ved regelret anvendelse forvolder detergenterne ikke væsentlig skadevirkning på sundheden og miljøet. I sammenligning med pesticidernes virkning på målorganismerne er

detergenterne som regel mindst 100-1000 gange mindre giftige. Da de bl.a. anvendes til at forstærke pesticidernes virkning, bør den eventuelle miljømæssige skadevirkning vurderes ved undersøgelse af detergenterne og de aktive stoffer i pesticidformuleringen.

- For detergenterne er afstanden mellem den akutte og den kroniske giftighed som regel mindre end en faktor 10. Bortset fra alkylphenolethoxylaterne anses detergenterne i pesticidformuleringerne ikke for at frembyde risiko for langtidseffekter på miljø og sundhed. Der er kun begrænset viden om de kationiske detergenter, som omfatter de mest giftige stoffer.

Litteratur

Damborg A. & Thygesen N. 1991. Overfladeaktive stoffer - spredning og effekter i miljøet. Miljøprojekt nr. 166, Miljøstyrelsen, 116 sider.

Feijtel T.C.J. & van de Plassche E.J. 1995. Environmental Risk Assessment of 4 Major Surfactants used in the Netherlands. Rapport fra National Institute of Public Health and Environmental Protection (RIVM), Bilthoven, Holland og Dutch Soap Association, Zeist, Holland, RIVM Report no. 679101 025, 79 sider.

Kudsk P. 1999. Additivers indflydelse på effekten af pesticider. Bilag til Seminar om Planteværn 1999. Landbrugsafgrøder. Landbrugets Rådgivningscenter, Landskontoret for Planteavl, Skejby, 39-42.

Løkke H. (red.) 1999. Rapport fra underudvalget om Miljø og sundhed. Bicheludvalget til vurdering af de samlede konsekvenser af en hel eller delvis afvikling af pesticidanvendelsen, 243 sider.

Løkke H. (udkommer marts 2000). Industri og husholdningskemikalier. I: Helweg, A. (red.) Kemiske stoffer i miljøet, Gads Forlag, kap. 5, 93-126.

Rastogi S.C., Carlsen L., Løkke H. & Jensen J. 1997. Kemikalier i hverdagen. Temarapport fra DMU, 15/1997, 40 sider.

Van de Plassche E.J., De Bruijn J.H.M., Stephenson R.R., Marschall S.J., Feijtel T.C.J. & Belanger S.E. 1999. Predicted no-effect concentrations and risk characterization of four surfactants: linear alkyl benzene sulfonate, alcohol ethoxylates, alcohol ethoxylated sulfates, and soap. Environmental Toxicology and Chemistry, 18(11), 2653-2663.

Naturlige chlorerede forbindelser

Natural chlorinated compounds

Pia B. Holst & Kjeld C. Engvild
Forskningscenter Risø
Afdelingen for Plantebiologi og Biogeokemi
PBK-309, Frederiksborgvej 399
DK-4000 Roskilde

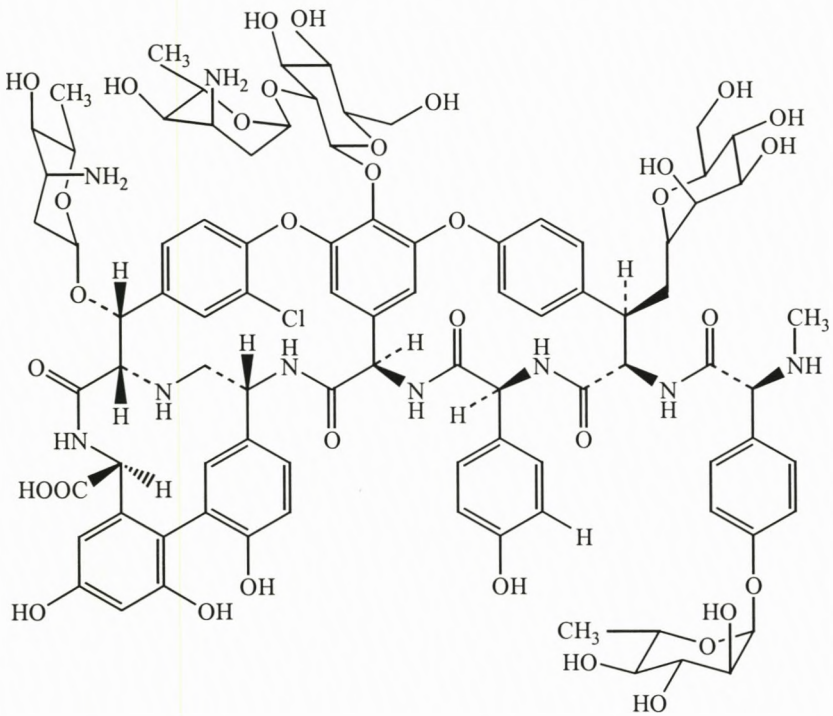
Summary

Once chlorocompounds were thought to be solely anthropogenic in origin, but it is now clear that natural chlorinated compounds do exist and that they are ubiquitous in the environment. In 1996 more than 2,400 naturally produced organohalogen compounds had been identified (Gribble, 1996); approximately 1,500 of them were chlorocompounds. Most of them are produced by marine organisms but terrestrial organisms produce chlorocompounds as well. Several of the plants used for human consumption e.g. pea, faba bean, and parsley produce chlorocompounds. Soil humus contains approximately 0.1 percent organic bound chlorine. The immunosystem of humans utilises *in vivo* chlorination in the white blood cells and consequently has the potential to produce natural chlorocompounds. The chlorine containing diazepam, alias valium, has been detected in small amounts in the human brain, it may however originate from the diet (Unseld *et al.*, 1989). The chlorocompounds are very diverse in structure and range from the simple chloromethane to complex structures such as the antibiotic glucopeptide Avoparcin (figure 1). Biogenic chlorocompounds appear to be involved in defence mechanisms to prevent the organism from herbivore attack, fungal infection, or diseases. In addition some exhibit hormonal effect e.g. 4-chloroindoleacetic acid found in immature pea seeds. Chlorocompounds often show significant biological activity, e.g. antibiotic, antitumor, antiviral, pesticidal activities have been observed and chlorocompounds are thus very important for the medicinal and agricultural industry.

Indledning

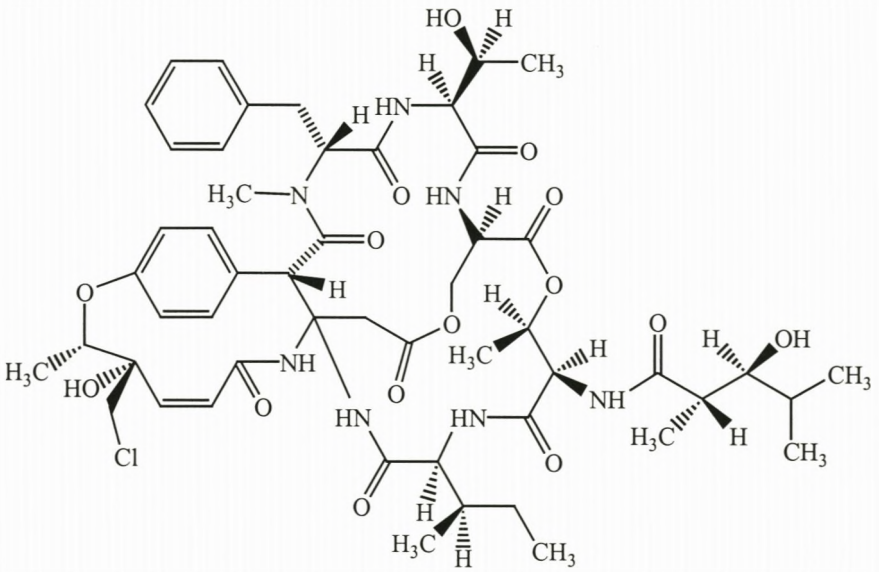
Engang var man af den overbevisning, at chlorforbindelser var antropogene stoffer stammende fra industrikemikalier, pesticidrester fra landbruget eller fra blegning af papir. I dag er det alment accepteret, at mange organiske chlorforbindelser er naturligt forekommende og findes i alle økosystemer (Engvild, 2000). I 1996 var mere end 2.400 naturlige organiske halogen forbindelser identificeret, ca. 1.500 heraf var chlorforbindelser (Gribble, 1996). De produceres af marine og terrestriske planter, bakterier, svampe, larver, insekter, marine dyr, af visse højere dyr og måske af pattedyr. Organisk bundet chlor er fundet i mange forskellige stofgrupper f.eks. steroider, fedtsyrer, aminosyrer, peptider, alkaloider og phenoler. Strukturerne varierer fra det simple chlormethan til den meget

avancerede forbindelse Avoparcin (figur 1), isoleret fra mikroorganismen *Streptomyces candidus*, der både har antibakteriel og vækstfremmende virkning.



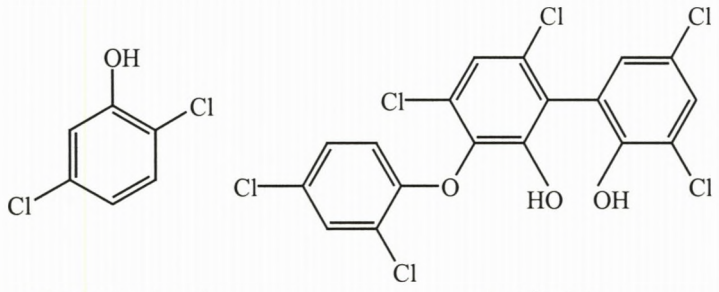
Figur 1. Antibiotisk Avoparcin produceret af bakterien *Streptomyces candidus* anvendes bl.a. til svin. Avoparcin the bovine feed antibiotic produced by the bacterium *Streptomyces candidus*.

Chlorforbindelserne er ofte biologisk aktive og deres strukturer så komplekse, at det ikke er muligt at fremstille disse syntetisk. Blandt chlorforbindelserne har man bl.a. observeret antibiotisk, antitumor, anticancer og pesticid virkning, hvilket gør forbindelserne særdeles interessante for medicinal- og landbrugsindustrien. Medicinalindustrien screener nye naturstoffer rutinemæssigt i håbet om at finde f.eks. nye antibiotika eller en kur mod cancer eller AIDS. Et eksempel på en forbindelse fundet på denne måde er Salinamid B (figur 2) med stærk anti-inflammatorisk virkning. Salinamid B er isoleret fra en marin bakterie, som findes på overfladen af vandmanden *Cassiopeia xamachana* (Trischman *et al.*, 1994).



Figur 2. Anti-inflammatorisk Salinamid B isoleret fra en marin bakterie, der lever på en vandmand. Anti-inflammatoric Salinamide B isolated from a jellyfish associated marine bacterium.

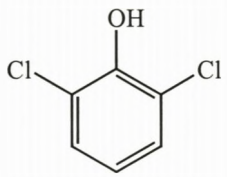
Hvorfor bruger en organisme så meget energi på at producere disse komplekse chlorforbindelser? Forbindelserne kan bl.a. indgå i organismens kemiske forsvar, der skal forhindre, at organismen bliver ædt, overbegroet eller får svampeinfektioner. En organisme, der ikke er så heldig at være udstyret med en hård skal som sneglen, brændtråde som brandmænd eller torne som kaktussen, har begrænset mulighed for fysisk at forsvare sig selv mod predatorer og er derfor nødsaget til at anvende kemisk forsvar i stedet ved at producere ildesmagende eller toksiske forbindelser. F.eks. udsender græshoppen *Romalea microptera* 2,5-dichlorphenol (figur 3) for at virke frastødende på myrer (Eisner, 1971), og den terrestriske blå-grønne alge *Fischerella ambigua* udskiller Ambigol A, der udviser antibakteriel, fungicid, cytotoksisk, anti-inflammatorisk og antiviral virkning. Ambigol A hæmmer desuden enzymet HIV revers transkriptase og er dermed en mulig kandidat til bekæmpelse af AIDS og andre retrovira.



2,5-Dichlorphenol Ambigol A

Figur 3. 2,5-Dichlorphenol udsendes af græshoppen *Romalea microptera* for at virke frastødende på myrer. Ambigol A udskilles af den blå-grønne alge *Fischerella ambigua* og udviser antibakteriel, fungicid, cytotoksisk, anti-inflammatorisk og antiviral virkning. 2,5-Dichlorophenol is emitted by the grasshopper *Romalea microptera* to repel ants. Ambigol A is emitted by the blue-green algae *Fischerella ambigua* and demonstrates antibacterial, fungicidal, cytotoxic, anti-inflammatoric, and antiviral activity.

Chlorforbindelserne kan desuden være hormoner. Ært, hestebønne og linse indeholder 4-chlorindoleddikesyre (figur 7), som har ca. 10 gange større auxin virkning end det tilsvarende ikke-chlorerede indoleddikesyre (Böttger, 1978). Signal molekyler som pheromoner har også vist sig at kunne optræde som chlorforbindelser. F.eks. udsender skovflåten *Amblyomma americanum* 2,6-dichlorphenol (figur 4), der virker som et seksuelt tiltrækningsstof (Berger, 1972).



Figur 4. 2,6-Dichlorphenol udsendes af hun skovflåten *Amblyomma americanum* for at tiltrække en han skovflåt, når det er tid til parring. 2,6-Dichlorophenol is emitted by the female tick *Amblyomma americanum* to attract a male tick when it is time for mating.

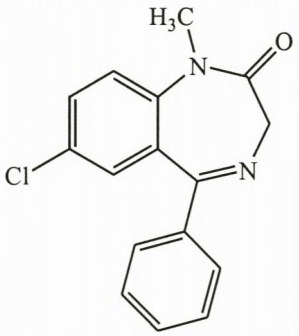
Chlorforbindelser af marin oprindelse

Der findes flest chlorforbindelser i det marine miljø, hvilket naturligvis hænger sammen med det relativt høje indhold af chlor i havvand, som er ca. 2%. Chlorforbindelser er fundet i marine dyr som mosdyr, svampe, søharer, havsnegle og koraller. Marine mikroorganismer som mikroalger, mikrosvampe og bakterier producerer også chlorforbindelser. Endvidere er marine planter, specielt røde og blå-grønne alger, særlig rige på chlorforbindelser. Chlorerede fedtsyrer er påvist i blåmuslinger (*Mytilus edulis*), flyndere (*Platichtys flesus*), ål (*Anguilla*

anguilla), hvaler og i sæler. De mistænkes imidlertid at stamme fra føden eller fra forurening forårsaget af spildevandsudledning (Wesén *et al.*, 1992).

Chlorforbindelser i mennesker

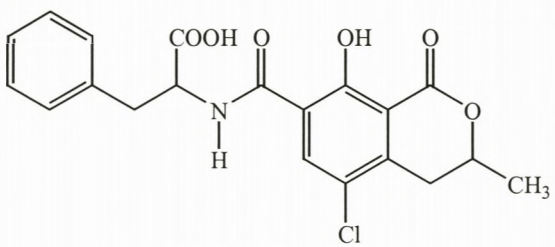
Immunforsvaret i mennesket og andre pattedyr anvender *in vivo* chlorering i de hvide blodlegemer, så det varer formentlig ikke længe, før den første naturlige chlorforbindelse isoleres fra mennesket. Chlorforbindelsen diazepam (figur 5), også kaldet valium, samt *N*-desmethyldiazepam, er påvist i menneskets hjerne. Forbindelserne kan være artefakter stammende fra visse fødevarer, hvor forbindelserne også er påvist (Unseld *et al.*, 1989).



Figur 5. Det beroligende middel Diazepam er påvist i den menneskelige hjerne men er muligvis et artefakt. The tranquilliser Diazepam has been revealed in the human brain, but is perhaps an artifact.

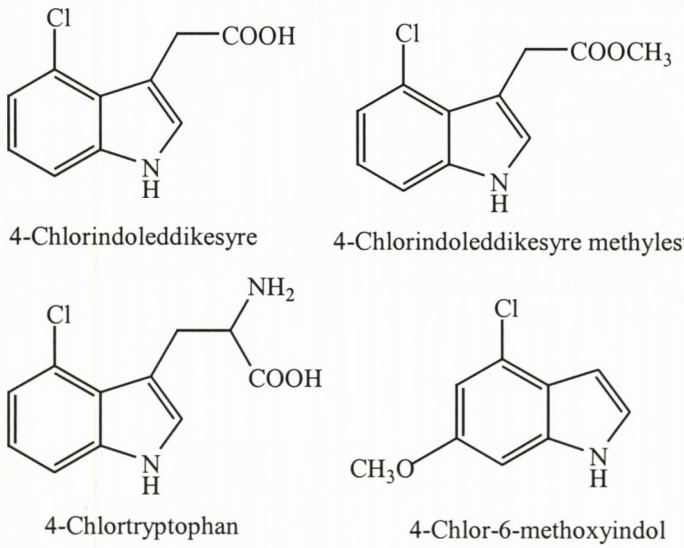
Chlorforbindelser af terrestrisk oprindelse

Selvom marine organismer er langt overlegne i produktion af chlorforbindelser, er de kemiske strukturer af terrestriske chlorforbindelser mindst lige så varierede og spændende. Et review fra 1986 beskriver 130 chlorforbindelser fundet i højere terrestriske planter (Engvild, 1986). Mikroorganismer som svampe og bakterier producerer også chlorforbindelser. Ochratoxin A (figur 6) produceres af skimmelsvampe på fugtigt korn. Selv små mængder af dette mykotoksin i foderet forårsager nyreskade på grise.



Figur 6. Ochratoxin A er et mycotoksin, der produceres af *Aspergillus* og *Penicillium* skimmelsvampe på fugtige afgrøder. Ochratoxin A is a mycotoxin produced by *Aspergillus* and *Penicillium* moulds which may grow on a variety of crops.

I betragtning af at eksperimenter viser, at adskillige afgrøder indeholder organiske chlorforbindelser (Engvild, 1975) er det bemærkelsesværdigt hvor få naturstofkemiske undersøgelser, der findes af de planter, vi i Danmark typisk anvender til ernæring. Hidtil er blot 11 chlorforbindelser fra planter anvendt til human ernæring isoleret og strukturopklaret, hvoraf to menes at være artefakter. Planterne er ært (*Pisum sativum*) (Engvild, 1974), bønne (*Vicia faba*) (Pless *et al.*, 1984), linse (*Lens culinaris*) (Engvild *et al.*, 1981), persille (*Petroselinum sativum*) (Beier *et al.*, 1994), champignon (*Agaricus bisporus*) (Turner *et al.*, 1975), kartoffel (*Solanum tuberosum*) (Varns, 1982), artiskok (*Cynara scolymus*) (Barbetti *et al.*, 1982), spinat (*Spinacea oleracea*) (Dörnemann og Senger, 1982) og majs (*Zea mays*) (Anai *et al.*, 1996 og Le-Van og Wratten, 1984). Der er fundet 7 chlorindolalkaloider i ært, bønne og linse (figur 7).

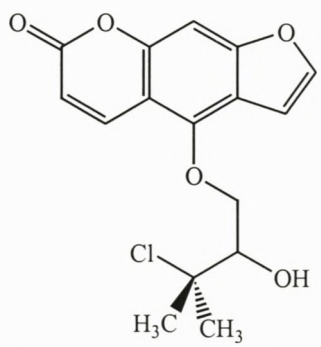


Figur 7. Eksempler på chlorindoler isoleret fra ært, bønne og linse. Examples of chloroindoles isolated from pea, faba bean, and lentil.

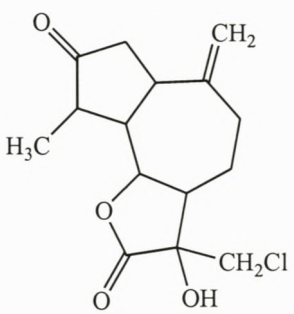
Endvidere er der fundet en furancoumarin i persille, methylchlorid i champignon og kartoffel, en chloreret sesqueterpen lacton i artiskok samt et chloreret benzoxazin glycosid og en chloreret benzoxazolinon i majs (figur 8).

En chloreret gibberellin i bønne og chlorchlorofyl i spinat er muligvis artefakter dannet under isolationen (Jones, 1964 og Dörnemann & Senger, 1982). Spormængder (0,01 – 0,5 ng/g) af chlorforbindelserne diazepam (figur 5) og *N*-desmethyldiazepam er fundet i byg (*Hordeum vulgare*), majs (*Zea mays*), linse (*Lens culinaris*), champignon (*Psalliota campestris*), havre (*Avena sativa*), kartoffel (*Solanum tuberosum*), ris (*Oriza sativa*), sojabønne (*Glycine max*) og hvede (*Triticum aestivum*), imidlertid er de anvendte metoder til

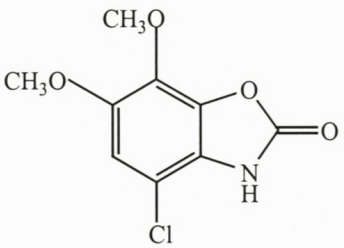
identificeringen ikke særlig specifikke, så disse fund skal tages med et gran salt. Een af chlorindolerne isoleret fra hestebønne bliver i maven omdannet til en meget mutagen forbindelse, som man mener er ansvarlig for et stort antal af mavecancer i dele af Columbia (Büchi *et al.*, 1986).



Saxalin fundet i persille



En γ-lacton sesqueterpen fra artiskok



4-Chlor-6,7-dimethoxy-2-benz-oxazolinon isoleret fra majs

CH_3Cl

Chlormethan fra champignon og kartoffel

Figur 8. Chlorforbindelser fundet i planter anvendt til human ernæring. Chlorocompounds isolated from plants used for human consumption.

Perspektiver

Efterhånden som det er blevet alment accepteret, at naturlige chlorforbindelser eksisterer, er der blevet sat større fokus på disse forbindelser. I 1993 blev der i Holland holdt en international konference omhandlende naturligt producerede halogenforbindelser (Grimvall & de Leer, 1995). Udviklingen indenfor de spektroskopiske analysemetoder fortsætter og dermed bliver stofkravet til f.eks. NMR spektroskopi mindre. Dette medvirker, at selv komplicerede chlorforbindelser i meget lave koncentrationer vil kunne strukturopklares. Kombineres den enorme diversitet af marine og terrestriske organismer med hvor få

naturstofkemiske undersøgelser, der er foretaget af disse, kan man kun forvente at finde endnu flere biogene organiske chlorforbindelser i fremtiden.

Litteratur

Anai T., Aizawa H., Ohtake N., Kosemura S., Yamamura S. & Hasegawa K. 1996. A new auxin-inhibiting substance, 4-Cl-6,7-dimethoxy-2-benzoxazolinone, from light-grown maize shoots. Phytochemistry. 42, 273-275.

Barbetti P., Menghini A., Casinova C.G. & Santurbano B. 1982. New γ-lactone sesquiterpenes from *Cynara scolymus* L. Studi Carciofo, [Congr. Int.], 3rd, 77-86. Vittorio, M; Vincenzo, L (Eds.), Ind. Grafica Laterza: Bari, Italy.

Beier R.C., Ivie G.W. & Oertli H. 1994. Linear furanocoumarins and graveolone from the common herb parsley. Phytochemistry. 36, 869-872.

Berger R.S. 1972. 2,6-Dichlorophenol, sex pheromone of the lone star Tick. Science. 177, 704-705.

Büchi G., Lee G.C.M., Yang D. & Tannenbaum S.R. 1986. Direct acting, highly mutagenic, α-Hydroxy *N*-Nitrosamines from 4-Chloroindoles. J. Am. Chem. Soc. 108, 4115-4119.

Böttger M., Engvild K.C. & Soll, H. 1978. Growth of *Avena* coleoptiles and pH drop of protoplast suspensions induced by chlorinated indoleactic acids. Planta. 140, 89.

Dörnemann D. & Senger H. 1982. Physical and chemical properties of chlorophyll RCI extracted from Photosystem I of spinach leaves and from green algae. Photochem. Photobiol. 35, 821-826.

Eisner T., Hendry L.B., Peakall D.B. & Meinwald J. 1971. 2,5-Dichlorophenol (from ingested herbicide?) in defensive secretion of grasshopper. Science. 172, 277.

Engvild K.C. 1974. Chloroindolyl-3-acetic acid and its methyl ester. Incorporation of Cl-36 in immature seeds of pea and barley. Physiol. Plant. 32, 84-88.

Engvild K.C. 1975. Natural chlorinated auxins labelled with radioactive chloride in immature seeds. Physiol. Plant. 34, 286-287.

Engvild K.C., Egsgaard H. & Larsen E. 1981. Determinations of 4-chloroindoleacetic acid methyl ester in Vicieae species by gas chromatography-mass spectrometry. Physiol. Plant. 53, 79-81.

Engvild K.C. 1986. Chlorine-containing natural compounds in higher plants. Phytochemistry. 25, 781-791.

Engvild K.C. 2000. Kemiske stoffer i miljøet. Arne Helweg (Ed). Gads Forlag.

Gribble G.W. 1996. Naturally occurring organohalogen compounds - A comprehensive survey, Fortschritte der Chemie organischer Naturstoffe, 68. Springer-Verlag. Wien, New York.

Grimvall A. & de Leer E.W.B. 1995. Naturally-produced organohalogens. Selected and edited proceedings of the first conference on naturally-produced organohalogens. Grimvall, A., de Leer, E. W. B. (Eds.). Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, the Netherlands.

Jones D.F. 1964. Examination of the gibberellins of *Zea mays* and *Phaseolus multiflorus* using thin-layer chromatography. Nature. 202, 1309-1310.

Le-Van N. & Wratten S.J. 1984. Compound 30.4, an unusual chlorinated 1,4-benzoxazin-3-one derivative from corn (*Zea mays*). Tetrahedron Letters. 25, 145-148.

Pless T., Böttger M., Hedden P. & Graebe J. 1984. Occurrence of 4-Cl-indoleacetic acid in broad beans and correlation of its level with seed development. Plant. Physiol. 74, 320-323.

Trischman J.A., Tapiolas D.M., Jensen P.R., Dwight R., Fenical W., Mckee T.C., Ireland C.M., Stout T.J. & Clardy J. 1994. Salinamide A and Salinamide B – Anti-inflammatory depsipeptides from marine streptomycete. J. Am. Chem. Soc. 116, 757-758.

Turner E.M., Wright M., Ward T. & Osborne D.J. 1975. Production of ethylene and other volatiles and changes in cellulase and laccase activities during the life cycle of the cultivated mushroom, *Agaricus bisporus*. J. Gener. Microbiol. 91, 167-176.

Unseld E., Krishna D.R. & Fisher C. 1989. Detection of desmethyldiazepam and diazepam in brain of different species and plants. Biochemical Pharmacology. 38, 2473-2478.

Varns J.L. 1982. The release of methyl chloride from potato tubers. Am. Potato J. 59,593-604.

Wesén C., Mu H., Kvernheim A.L. & Larsson P. 1992. Identification of chlorinated fatty acids in fish lipids by partitioning studies and by gas chromatography with Hall electrolytic conductivity detection. J. Chrom. 625, 257-269.

Makroporetransport af stærkt bundne pesticider i jord

Macropore transport in soil of strongly sorbing pesticides

Ole Hørbye Jacobsen, Hubert de Jonge & Lis W. de Jonge
Danmarks JordbrugsForskning
Afdeling for Plantevækst og Jord
Foulum, Postboks 50
DK-8830 Tjele

Summary

Strongly sorbing pesticides have surprisingly been found in tile drain water and in the upper ground water. The objective of this study was to find the causes of this unexpected mobility. Macropore flow can facilitate transport of strongly sorbing pesticides in structured soil. The hydraulic conditions are of prime importance. For the conditions in our experiments particle-facilitated transport is of secondary importance for prochloraz and glyphosate. Sandy soils that are low in organic carbon do not represent a "worst case" soil because macropore flow is absent.

Indledning

Pesticider med en høj evne til at binde sig til jorden anses for at have en meget lille mobilitet, hvilket blandt andet også afspejler sig i de danske myndigheders krav ved godkendelse af pesticider. Det har dog vist sig, at også stærkt bundne pesticider kan transporteres i hvert tilfælde i rodzonen (Flury, 1996). Der er to mekanismer, der kan øge deres transport. Den første er makroporeflow, som man gennem de sidste 10-20 år har erkendt kan øge transporthastigheden ned gennem jorden. Den anden mekanisme er partikelbåren transport, hvor pesticid kan blive mobiliseret sammen med ler, silt og organiske partikler, som kan føres med jordvandet ned gennem jorden via jordens makroporer.

Transportegenskaberne af det givne pesticid er således ikke længere udelukkende bestemt af evnen til at binde sig til jorden, men også af de forhold, der bibeholder og transporterer pesticid og partikler i vandfasen. Selv om kun små mængder af disse stoffer transporteres ned gennem jorden til grundvandet, kan det være kritisk.

Makroporeflow er kendetegnet ved at transporten kun foregår i et lille volumen af det totale jordvolumen. Makroporerne kan være regnormegange, gamle rodkanaler, tø-frostsprækker, tørkesprækker eller sprækker af geologisk oprindelse. For at vand kan transporteres i store sprækker uden kapilær virkning, skal der på et niveau i jordprofilen opstå vandmætning, således at vandet kommer ud i disse porer uden sugende evne.

Tre kriterier skal være opfyldt, for at der forekommer partikelbåren transport. Pesticidet skal være bundet hårdt til partiklerne. For det andet skal der forekomme partikler i

suspension, hvilket er meget afhængig af de kemiske forhold i jorden. For det tredje skal partikler transporteres i jorden, hvilket især kan ske ved makroporetransport. Partikelbåren transport og makroporeflow er derfor tæt forbundne.

Metodebeskrivelse

Som modelstoffer i studierne er brugt to pesticider. Det første pesticid er prochloraz, som er det aktive stof i svampemidlet Sportak. Det har en nonpolær struktur og bindes hårdt til jorden gennem hydrofobe interaktioner. Det andet pesticid er glyphosat, som er det aktive stof i bl.a. Roundup. Det er et polært stof med høj vandopløselighed. Stoffet bindes hårdt til jorden gennem fosfonatgruppen med bindingsmekanismer, der ligner fosfors.

Der er ligeledes brugt to jordtyper: en østjysk morænelerjord (Røgen) med 15% ler og 2.8% organisk stof og en grovsandjord (Fladerne Bæk) fra Karup hedeslette med 3.6% ler og 2.0% organisk stof.

Der er udført store serier af standard batcheksperimenter for at bestemme ligevægtssorptions-koefficienter for prochloraz og glyphosat, samt adsorptions-desorptionskinetik for prochloraz ved tre koncentrationer for jord og ler-silt-sandfraktionerne fra Røgen og Foulum.

Der er udtaget uforstyrrede jordkolonner i 20 x 20 cm stålringe. I laboratoriet er disse vandet med 10 mm/time for lerjorden og 20 mm/time for sandjorden. Jordprøverne er afdrænet til –30 hPa og placeret på et metalnet, således at der er fri atmosfære i bunden af prøven. ^{14}C-mærket prochloraz blev tilført med vandingsvandet i en koncentration af 5 mg/L til en total mængde på 80 g/ha. ^{14}C-mærket glyphosat blev tilført enten med vandingsvandet eller sprøjtet ud 72 timer før forsøget. Koncentrationen var 15 mg/L til en total mængde på 240 g/ha. Der blev tilført en konservativ tracer (bromid) samt en farvertracer (Briliant Blue) til at beskrive vandtransporten i den enkelte kolonne.

På Røgen feltlokaliteten blev et 5 x 5 m drænplot med vinterhvede sprøjtet med prochloraz (0.42 kg/ha) i en kommerciel formulering den 7. april 1997, og plottet blev vandet med ca. 35 mm den 9., 11. og 15. april. I drænet blev der udtaget vandprøver, som øjeblikkelig blev centrifugeret for at separere pesticid i fraktioner, der er i opløsning og partikelbunden.

Resultat og Diskussion

Pesticidadsorption

For både prochloraz og glyphosat er sorptionsisothermer ikke-lineære og udviser adsorption-desorptions nonsingularitet. Adsorptionen beskrives godt af en Freundlic adsorptionsisotherm, og for Røgenjorden i 0.01 M $CaCl_2$ blev der fundet en K_F på 59 med N på 0.84 for prochloraz og for glyphosat en K_F på 78 med N på 0.75 (de Jonge & de Jonge, 1999).

Som et lille regnestykke kan man estimere den mængder der er i opløsning ved ligevægt, hvis det antages, at alt pesticidet er i den øverste cm af en Røgenjord med volumenvægt på 1.5 g/cm^3 ved vandindhold på 20 vol. %. Antages ca. ¼ af alm. dosis at nå jorden (80 og 240 g/ha af prochloraz og glyphosat), giver det henholdsvis 4 og 6 µg/L i

opløsning. Fra drænundersøgelser ved vi, at der i løbet af relativt få minutter kan være et bypass flow fra overfladen og ned til drænene. Derfor er det forventeligt, at der forekommer situationer med transport af pesticid ned til drænene, uden at der har været adsorptionsligevægt med jorden. Beregningen bygger selvfølgelig på en række antagelser. Tykkelsen af jorden kan synes lille, men resultatet vil blive det samme, hvis man antog, at pesticidet har været i kontakt med 10% af jorden i de øverste 10 cm, hvilket sikkert er en mere rimelig antagelse af, hvordan virkeligheden er.

Prochloraz adsorberes langt overvejende til ler- og siltfraktionerne (de Jonge *et al.*, 2000b).

Kolonneforsøg

Både i laboratoriet og i marken er det vist, at det netop er de små ler- og siltpartikler, der samtidigt også er de mest mobile. Transporten sker hovedsagelig i makroporer. Typisk er middelstørrelsen af mobiliserede partikler fra Røgenjorden 2-5 µm (Jacobsen *et al.*, 1997)

Udvaskningen af partikler følger et typisk forløb. Med det første vand, der strømmer ud af jordprøven, finder vi de største koncentrationer, hvorefter koncentrationen falder til en lav konstant koncentration. Mængden er meget afhængig af pH og ionstyrke i jordvæske (Jacobsen *et al.*, 1997, 1998; de Jonge *et al.*, 1998b).

I våde jorde og ved høj regnintensitet kan vandtransporten foregå i en meget lille del af jordvolumen, nemlig i makroporerne. Det er vist både ved meget hurtige gennembrud af bromidtracer og ved at skære de intakte jordprøver op efter at have tilført Briliant Blue med vandingsvandet (Jacobsen *et al.*, 1997; de Jonge *et al.*, 1998b). Det er hovedsageligt regnormegange og gamle rodkanaler, der har bidraget til transport ned gennem prøverne. Hvis jorden er mere tør og regnintensiteten mindre, vil en større del af jordvolumen deltage i vandtransporten. Dette betyder, at der især vil være risiko for transport af partikler og pesticider i efterårs- og forårsperioden, hvor jorden er fugtig, og det regner meget, og vandet derfor transporteres i jordens makroporer.

Resultaterne vedrørende pesticidudvaskning er summeret i tabel 1. Udvaskning af glyphosat fra sandjorden (Fladerne Bæk) er meget lille. Også efter vanding med 700 mm var der ingen tegn på gennembrud af glyphosat (de Jonge *et al.*, 2000a). For den strukturerede sandblandet lerjord (Røgen) er der derimod en meget hurtig transport ned gennem prøverne. Der var stor forskel i udvaskningen af pesticid mellem jordprøverne. Det meste pesticid blev udvasket som opløst stof, men noget af pesticidet var bundet til jordkolloider, hvilket dokumenterer partikelbåren pesticidtransport som en mulig udvaskningsmekanisme. Udvaskningen syntes mest afhængig af mængde og type af makroporer.

Den udvaskede mængde var væsentlig mindre, når glyphosat har været tre dage i kontakt med jorden før vandingen (de Jonge *et al.*, 2000a). Dette giver bedre tid til at binde sig til jorden. Men samtidig er den procentvise udvaskning af partikelbunden pesticid blevet større. Resultaterne viser, at stærkt absorberende pesticider som prochloraz og glyphosat er potentielt mobile i jorde med makroporer. Men da flere af forsøgsbetingelserne ikke er realistiske for forholdene ude på marken, kan man ikke ud fra disse forsøg sige noget om udvaskningen på markniveau.

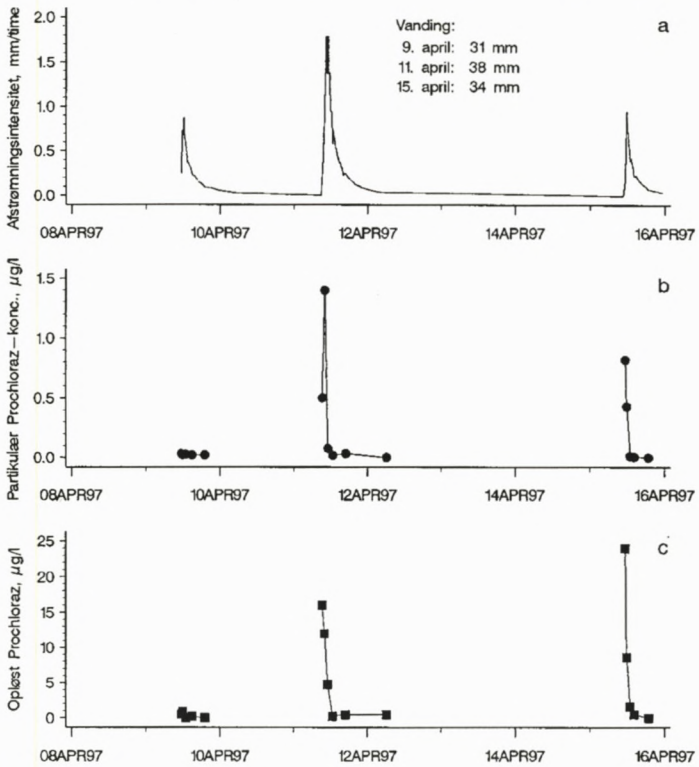
Tabel 1. Resultatoversigt for kolonneforsøgene (de Jonge *et al.*, 1998ab, 2000a). List of results for the column trials.

Pesticid	Jord	Pesticid udvasket efter 20 mm		Max. konc.
		total	partikelbundet	
		[% af tilført]	[% af udvasket]	[µg L^{-1}]
Prochloraz	Sandblandet ler	0.02-5.8	5.7-12.0	0.14-45.3
Glyphosat	Sandblandet ler	1.0-21.3	n.d.-3.2	29.9-740
Glyphosat*	Sandblandet ler	0.06-3.4	6.0-36.7	14.6-116.5
Glyphosat	Grovsand	<0.01	<0.01	≈0.8

*** Glyphosat udsprøjtet på jorden tre dage før vanding.** Glyphosate sprayed on the soil four days pre-watering.

Feltforsøg

Derfor er transporten også evalueret på et drænplot i felten. Efter hver vanding stiger afstrømningsintensiteten fra drænplottet meget hurtig og falder derefter ret hurtigt ned til et lavt niveau (figur 1a). Opløst og partikulær pesticidkoncentration følger intensiteten i drænaf-



Figur 1. Afstrømningsintensitet og koncentration af opløst og partikulær prochloraz efter sprøjtning den 7. april. Run-off intensity and concentration of soluble and particulate prochloraz after application April 7, 1997.

strømningen, således at de største koncentrationer af pesticid også kommer ved de største intensiteter, hvorefter koncentrationen hurtigt falder (figur 1bc). Resultaterne bekræfter de processer, der er set i laboratoriet. Det er dog interessant, at der ikke kommer så meget pesticid første gang hvilket tyder på, at der er sket en forsinkelse af pesticidet på grund af den høje bindingskapacitet. 2‰ af den tilførte prochloraz blev udvasket, og 6% af dette var partikulært bundet.

Dansk sammendrag

Pesticider, der bindes stærkt til jorden, er også fundet i drænvand og i det øvre grundvand. Formålet med vores undersøgelser har været at klarlægge mulige årsager til denne mobilitet, som ikke var forventet. Undersøgelserne er foregået ved batch eksperimenter i laboratoriet, udvaskningsforsøg i laboratoriet med uforstyrrede jordkolonner og på drænplot i marken.

Det er fundet, at makroporeflow kan øge transporten af stærk adsorberende pesticider i strukturerede jorde betydeligt. De hydrauliske betingelser i jorden er afgørende for, om transport sker eller ikke. Under de forhold vi har undersøgt, er partikelbåren transport af sekundær betydning for prochloraz og glyphosat. Sandjorde repræsenterer ikke "worst case", da der ingen makroporer er i disse jorde.

Litteratur

Jacobsen O.H, Moldrup P., Larsen C., Konnerup L. & Petersen L.W. 1997. Particle transport in macropores of undisturbed soil columns. *Journal of Hydrology* 196:185-203.

Jacobsen O.H., Moldrup P., de Jonge H. & de Jonge L.W. 1998. Mobilization and transport of natural colloids in a macroporous soil. *Physics and Chemistry of the Earth* 23:159-162.

de Jonge H., Jacobsen O.H., de Jonge L.W. & Moldrup P. 1998a. Colloid-facilitated transport of pesticide in undisturbed soil columns. *Physics and Chemistry of the Earth* 23:187-191.

de Jonge H., Jacobsen O.H., de Jonge L.W. & Moldrup P. 1998b. Particle-facilitated transport of prochloraz in undisturbed sandy loam soil columns. *Jour. Environ. Qual.* 27:1495-1503.

de Jonge H. & de Jonge L.W. 1999 Influence of pH and solution composition on the sorption of glyphosate and prochloraz to a sandy loam soil. *Chemosphere* 39:753-763.

de Jonge H., de Jonge L.W. & Jacobsen O.H. 2000a. ^{14}C-Glyphosate transport in undisturbed topsoil columns. *Pesticide Science* (submitted).

de Jonge L.W., de Jonge H., Moldrup P., Jacobsen O.H., & Christensen B.T. 2000b. Sorption of prochloraz on primary soil organomineral size separates. *Jour. Environ. Qual.* (in print).

Flury M. 1996. Experimental evidence of transport of pesticides through field soils – A review. Jour. Environ. Qual. 25:25-45.

Indeksering af vinterhvedesorters konkurrenceevne over for ukrudt

Index of the competitive ability against weeds of winter wheat varieties

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

Summary

We present a method for testing and calculating an index of the competitive ability against weeds of nine varieties of winter wheat. The result showed that the competitive ability of the varieties differed from 72% (Flair) to 123% (Yatch) of the mean weed biomass in experiments conducted at Research Centre Flakkebjerg in 1998 and 1999.

Further the results showed that a measurement of reflectance at the end of April, the final canopy height in the middle of June, and the leaf area index in the beginning of July could be used to calculate an index of the competitive ability against weeds of the varieties with a simple additive model. This index correlated well with the relative measurements of the weed biomass in the experiments (R^2=0.53).

The model was validated with data from an experiment at Pajbjergfonden, with different soil and climatic conditions. The result of the validation was satisfying.

Finally, we discuss the perspectives of using an index of competitiveness in relation to the farmer's choice of cereal cultivar.

Indledning

Adskillige forsøg har vist, at der er betydelige forskelle på kornsorters konkurrenceevne (Challaiah *et al.*, 1986; Huel & Hucl, 1996; Seavers & Wright, 1999), og at afgrødens konkurrenceevne har stor betydning for ukrudtets vækst og opformering især ved anvendelse af lave herbiciddoseringer og mekanisk ukrudtsbekæmpelse (Christensen, 1994). Forædling af konkurrencestærke sorter kan derfor medvirke til at reducere forbruget af herbicider eller en mekanisk bekæmpelse til gavn for både miljø og landmandens bestræbelser for at reducere dyrkningsomkostningerne. Sorter, der både er konkurrencedygtige og samtidig opfylder kravene til de øvrige dyrkningsegenskaber, kan også være et vigtigt element i langsigtede strategier for ukrudtsregulering i forskellige sædskifter.

Christensen (1995) viste, at den primære årsag til sortsforskelle i vårbyg var forskellig skyggeevne. Skyggeevnen er en sammensat egenskab, der består af sorternes fremspiringshastighed, vækstrate, bladarealindeks, buskningsevne, lysoptagelse, vertikal bladarealfordeling, strækningstidspunkt, strålængde og vækstperiodens længde. Med henblik på forædling af konkurrencestærke sorter er der behov for rationelle metoder til at bestemme disse egenskaber

samt en model til at sammenveje egenskaberne i et indeks for konkurrenceevne. En indeksering af alle vinterhvede- og vårbygsorters konkurrenceevne over for ukrudt kunne eventuelt indbygges i sortsdatabasen SortInfo. Et konkurrenceindeks vil også kunne anvendes til at vurdere sorters egnethed til udlæg af f.eks. græs og efterafgrøder.

I denne artikel beskrives resultatet af to års forsøg med ni forskellige vinterhvedesorter. De indledende analyser af sammenhængen mellem ukrudtets udviklingsmuligheder (biomasse) og enkelte delelementer af sorternes skyggeevne præsenteres. Endvidere foreslås og afprøves en simpel additiv model, der kan indeksere de ni sorters konkurrenceevne, ligesom perspektiverne i anvendelsen af en sådan model diskuteres.

Materialer og metoder

Forsøgsdesign

På Forskningscenter Flakkebjerg er der gennemført to ud af tre års forsøg med det formål at undersøge sammenhængen mellem ni vinterhvedesorters konkurrenceevne over for ukrudt og sorternes vækstkarateristika. De ni sorter blev valgt ud blandt 83 sorter med det kriterium, at sorterne skulle dække så stort et spektrum som muligt, hvad angår vækstdynamik og morfologiske og fysiologiske karakteristika. Dog blev sorter med stor risiko for udvintring og lejesæd fravalgt. De valgte sorter og deres genetiske baggrund er vist i tabel 1.

Tabel 1. Vinterhvedesorter i konkurrenceforsøgene på Forskningscenter Flakkebjerg.
Varieties of winter wheat in the competition experiments at Research Centre Flakkebjerg.

Sortsnavn	Afstamning	Karakteristika
Blanding[1]	-	
Flair	Ares × Marabu	Stor afgrødehøjde, tidlig vækst
Terra	Kraka × TJB 730/3637	Stor afgrødehøjde, middeltidlig vækst
Cortez	Krydsningsserie incl. Emmer	Middel afgrødehøjde, brede blade, tidlig vækst
Pentium	Talon × Rendezvous	Middel afgrødehøjde, tidlig og lang vækst
Yatch	Pokal × Tabor × CWW 1335-2	Lav til middel afgrødehøjde, middeltidlig vækst
Lynx	Rendezvous × CWW4442	Lav afgrødehøjde, tidlig vækst
Haven	(Hedgehog × Normann) × Moulin	Lav afgrødehøjde, middeltidlig vækst
Meridien	(Starke × Norre) × /(Ertus × Nor) × Holme/[2] × WPM × Moisson	Lav afgrødehøjde, sildig vækst

[1] Trintella, Ritmo, Hussar og Pentium

Afgrødens udsædsmængde var 375 spiredygtige kerner m^{-2}, der blev udsået med en rækkeafstand på 0.15 meter ultimo september begge år. Næringsstoffer blev tilført i de anbefalede mængder som handelsgødning.

I forsøgene blev anvendt et fuldstændig randomiseret blokdesign med tre gentagelser, hvor den ene faktor var sort og den anden tætheden af ukrudt. Der blev anvendt en blanding af

græsser som "ukrudt", idet den naturligt forekommende ukrudtsbestand herved kunne kontrolleres kemisk, så der kunne opnås så ensartede forsøgsbetingelser som muligt. I 1998 blev der således sprøjtet med 1.75 l Ariane S ha^{-1} (40 g l^{-1} Fluroxypyr, 20 g l^{-1} Clopyralid og 200 g l^{-1} MCPA) og i 1999 med 1 liter Oxitril ha^{-1} (200 g l^{-1} Ioxynil og 200 g l^{-1} Bromoxynil). Sygdomme og skadedyr blev bekæmpet, så afgrøden blev holdt fri for angreb gennem hele vækstsæsonen.

Udsædsmængde af ukrudtet var på 0, 50, 150 eller 450 spiredygtige frø m^{-2}. I vækstsæsonen 1998 bestod græsblandingen af 33% Rødsvingel (*Festuca Rubra* cv. Pernille), 33% Alm. Rajgræs (*Lolium perenne* cv. Borvi) og 33% Vesterwoldisk Rajgræs (*Lolium multiflorum var. westerwoldicum* cv. Rimbo). I vækstsæsonen 1999 blev ukrudtet ændret til en blanding bestående af 50% Alm. Rajgræs (*Lolium perenne* cv. Borvi) og 50% Tetraploid Rajgræs (*Lolium multiflorum* cv. Turgo) for at opnå et større ukrudtstryk.

Reflektansmålinger

Omtrent ugentligt blev den spektrale reflektans i henholdsvis det røde og det nærinfrarøde område målt med et såkaldt telemålingsudstyr (Kristensen, 1997) fire tilfældigt valgte steder i alle ukrudtsfrie led i forsøgene. De første målinger blev gennemført medio marts, og sidste gang, der blev målt, var umiddelbart ført høst. Registreringerne fra telemålingerne blev omregnet til et Relativt Vegetations Indeks (*RVI*), der kan korreleres med den aktuelle lysoptagelse og dermed biomasseproduktionen (Christensen & Goudriaan, 1993).

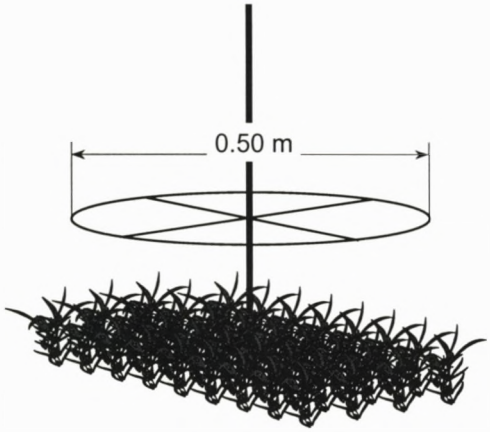
Da de gennemsnitlige niveauer af telemålingerne var markant forskellige hver dato de to år, blev *RVI*-målingerne normaliseret inden for hver måledato, således at de enkelte sorters *RVI*-værdier blev sat i relation til middelværdien af *RVI* på hver dato. Den normaliserede *RVI*-værdi er herefter kaldet *nRVI*. Denne værdi skal således opfattes som en relativ beskrivelse af sortens lysoptagelse på den aktuelle dato og dermed den aktuelle biomasseproduktion.

Bladarealindeks

Det totale bladarealindeks (*LAI*) blev målt tre til fem gange gennem vækstsæsonen. Målingerne blev foretaget fire tilfældige steder ved jordoverfladen i de ukrudtsfrie parceller med et instrument af typen LICOR 2000 (Welles & Norman, 1991). Instrumentet består af en lysfølsom sensor, der måler indstrålingen i forskellige vinkler samt en logger, der beregner afgrødens bladarealindeks (total areal af både levende og dødt plantemateriale over jorden) på baggrund af en referencemåling over afgrøden og målingen ved jordoverfladen.

Afgrødehøjde

Omtrent ugentligt blev afgrødens højde registreret ved hjælp af en højdemåler (figur 1) fire tilfældigt valgte steder i de ukrudtsfrie parceller. Højde blev registreret, når mindst et blad inden for hvert kvarte cirkeludsnit berørte plexiglaspladen. Den endelige afgrødehøjde HJD_E blev defineret som den maksimale afgrødehøjde gennem vækstsæsonen.



Figur 1. Højdemåler. Afgrødehøjden blev registreret, når mindst et blad berørte den cirkulære plexiglasplade i hvert af de fire udsnit. Canopy height-measuring equipment. The canopy height was measured when one leaf touched the circular plate in each of the four quarters.

Planteprøver

Gennem vækstsæsonen blev der udtaget planteprøver for at måle forholdet mellem afgrødens og ukrudtets biomasseproduktion. Prøverne blev udtaget ved vækststadierne 31 (begyndende strækning), 49 (begyndende skridning) og 65 BBCH (fuld blomstring) (Lancashire *et al.*, 1991). Prøveudtagningen blev foretaget i alle parceller ved afklipning af al biomasse ved jordoverfladen i en 0.25 m^2 kvadratisk prøveflade og opdeling af prøven i afgrøde og ukrudt. Planteprøverne blev tørret ved 100°C i 24 timer, og mængden af biomasse blev registreret. I denne artikel er der kun anvendt resultater fra planteprøver udtaget i vækststadie 65, da ukrudtets biomasse var maksimalt på dette tidspunkt, og alle delelementer af konkurrencen var akkumuleret i disse resultater.

På grund af markante forskelle i ukrudtsbiomassen mellem de to år, delvist på grund af ændret sammensætning af ukrudtet, blev det valgt kun at præsentere data fra led med udsædsmængden 150 og 450 spiredygtige ukrudtsplanter m^{-2} i 1998 og 50 og 150 planter m^{-2} i 1999. Disse fire behandlinger afspejlede en middel til kraftig ukrudtsbestand, idet ukrudtets biomasse således udgjorde fra 18.3% til 36.3% af den totale biomasse (tabel 2). Som det ses af tabellen udgjorde ukrudtet mere end halvdelen (53.0%) af den totale biomasse i de led med en udsædsmængde på 450 spiredygtige ukrudtsplanter m^{-2} i 1999. På den baggrund blev dette led fravalgt i analysen, da ukrudtstrykket var så stort, at der mere var tale om, hvor meget ukrudtet trykkede afgrøden end omvendt.

Sorternes relative evne til at trykke ukrudtet blev udregnet ved at sætte den aktuelle ukrudtsbiomasse i forhold til middelværdien af biomassen for hvert år og hver tæthed af ukrudt. Disse relative værdier beskriver sorternes relative konkurrenceevne og er således det målte indeks for konkurrenceevnen, herefter kaldet $KI_{Observeret}$. Sorternes konkurrenceindeks

(*KI*) blev således defineret som deres relative evne til at undertrykke en ensartet ukrudtsmængde i forhold til en middelukrudtsmængde.

Statistiske analyser

Da reflektans, højde- og bladarealindeksmålinger alle blev gennemført i led uden ukrudt, og de i analysen anvendte planteprøver kun var fra led med ukrudt, blev kun middelværdien af de tre gentagelser af alle kombinationer af sorter og ukrudtsmængder anvendt i de statistiske analyser. For at undersøge sammenhængen mellem alle reflektans-, højde- og LAI-målinger blev der gennemført korrelationsanalyser *(Spearman's partial rank-order correlation)* (SAS Institute Inc., 1989). Resultater fra denne analyse er ikke vist her. Kun måledata, der ikke var korrelerede, blev anvendt i regressionsanalysen (PROC GLM), (SAS Institute Inc., 1989), der blev udført for at bestemme hvilke målinger, der beskrev den relative ukrudtsbiomasse bedst.

Den endelige model i regressionsanalysen var

$$KI_{Observeret} = \alpha + \beta LAI_j + \gamma nRVI_j + \delta HJD_E \qquad (1)$$

Hvor $KI_{\text{Observeret}}$ er den relative biomasse af ukrudt, α, β, γ, og δ, beskriver regressionsparametrene for henholdsvis skæringen med y-aksen, bladarealindeksmålingen (*LAI*) i uge *j*, den normaliserede reflektansmåling (*nRVI*) i uge *j* og den maksimale højde (HJD_E).

Validering

Regressionsparametrene blev afprøvet på et datasæt fra et forsøg beliggende på Pajbjergfonden i 1998. I dette forsøg indgik 19 forskellige sorter, hvoraf de 7 var de samme som i forsøget på Forskningscenter Flakkebjerg. Det var således kun disse 7 sorter (sorterne Flair og Pentium deltog ikke), der indgik i valideringen. I forsøget blev der foretaget reflektans- og højdemålinger ugentligt, hvorimod *LAI*-målinger kun blev gennemført en enkelt gang den 30. maj 1998. Da niveauet af *LAI*-målingerne var 33% højere i valideringsforsøget end den måling, der gav den bedste beskrivelse af $KI_{\text{Observeret}}$ i forsøgene på Forskningscenter Flakkebjerg, blev alle målte *LAI*-værdier fra valideringsforsøget reduceret, så de gennemsnitligt var på samme niveau som målingerne på Forskningscenter Flakkebjerg.

Der blev udtaget planteprøver efter samme procedure som i forsøgene på Forskningscenter Flakkebjerg. Da ukrudtet var naturligt forekommende, og der var en markant gradient af ukrudtsbiomasse gennem forsøget, blev der kun anvendt data fra to ud af fire gentagelser, idet der i de udeladte gentagelser var flere parceller helt uden ukrudt.

Resultater

Biomasseproduktion

I tabel 2 er angivet de gennemsnitlige biomasser af afgrøde og ukrudt ved planteprøver udtaget i hvedens vækststadie 65 (BBCH). Bemærk at kun led med en ukrudtstæthed på 150 og 450 planter m^{-2} i 1998 og 50 og 150 planter m^{-2} i 1999 blev taget med i regressionsanalysen.

Tabel 2. Gennemsnitlig biomasse af afgrøde og ukrudt ved planteprøver udtaget i konkurrenceforsøgene på Forskningscenter Flakkebjerg i 1998 og 1999. Mean biomass of crop and model weeds from plant samples from the competition experiments at Research Centre Flakkebjerg in 1998 and 1999.

Dato[1]	Ukrudtstæthed, spiredygtige frø m^{-2}	Biomasse[2], g m^{-2}		Ukrudts andel af total biomasse, %
		Afgrøde	Ukrudt	
7. juli 1998	0 [3]	1978.2	1.5	0.1
7. juli 1998	50 [3]	1797.0	151.8	7.8
7. juli 1998	150	1538.4	343.8	18.3
7. juli 1998	450	1006.0	572.8	36.3
21. juli 1999	0 [3]	1489.0	29.3	1.9
21. juli 1999	50	1110.2	296.6	21.1
21. juli 1999	150	992.9	499.0	33.4
21. juli 1999	450 [3]	646.0	730.3	53.1

[1] Hvedens vækststadie 65 BBCH. [2] Gennemsnit af alle sorter. [3] Udeladt af regressionsanalysen.

Vækstmålinger

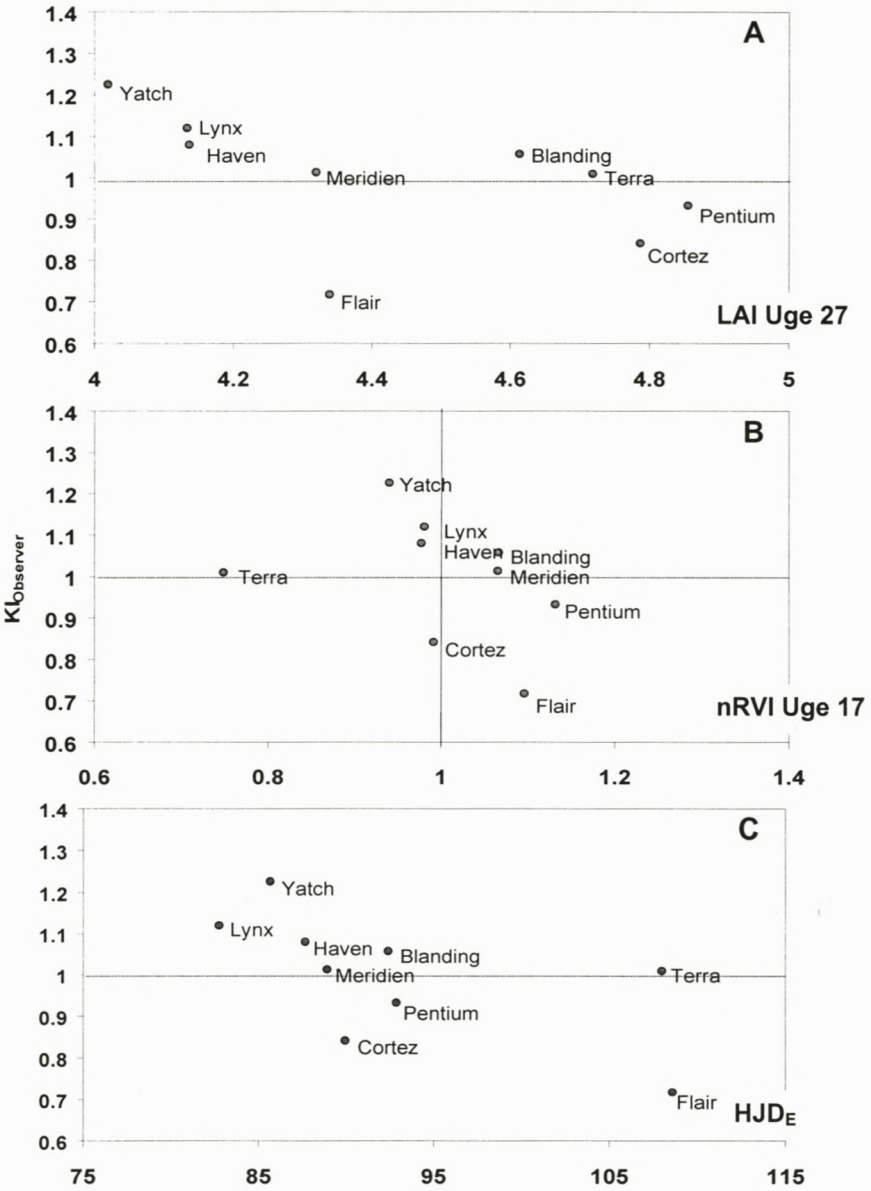
I figur 2 ses sammenhængene mellem den relative ukrudtsbiomasse ($KI_{Observeret}$) og tre forskellige ikke-destruktive målemetoder til bestemmelse af afgrødens vækstkarakteristika; *LAI*-målingen i uge 27 (figur 2A), den normaliserede *RVI*-måling i uge 17 (n*RVI*) (figur 2B) og den endelige afgrødehøjde, HJD_E (figur 2C).

Der ses en negativ korrelation mellem $KI_{Observeret}$ og *LAI*-målingen (figur 2A). Sorten Flair falder dog udenfor denne sammenhæng, idet denne sort trykkede ukrudtet 28% i forhold til middelværdien på trods af et relativt lavt *LAI*, hvor sorten Meridien, der havde et *LAI* på tilsvarende niveau, ikke trykkede ukrudtet.

I figur 2B ses ligeledes en negativ korrelation mellem *nRVI* i uge 17 og $KI_{Observeret}$. Der er tilsyneladende en gruppering af sorter, således at Terra, Cortez og Flair var i stand til at trykke ukrudtet ved en lavere *nRVI*-værdi end de andre sorter. Terra var i stand til at holde ukrudtet på et middelniveau på trods af en meget lav lysoptagelse i uge 17 og dermed en relativ lille biomasse på dette tidspunkt.

I figur 2C ses, at med stigende endelig afgrødehøjde opnås en lavere ukrudtsmængde. Sorterne Cortez og Terra falder dog lidt udenfor denne tendens. Cortez var i stand til at reducere ukrudtsmængden med 16% i forhold til gennemsnittet, selvom sorter med tilsvarende højde (Haven, Meridien og Blanding) ikke var i stand til at reducere ukrudtet. På trods af en højde svarende til sorten Flair var Terra ikke i stand til at reducere ukrudtsmængden i forhold til gennemsnittet, hvorimod Flair reducerede ukrudtet med 28%.

Eftersom de tre målinger, hver for sig, således ikke gav et klart og entydigt resultat, blev der foretaget en regressionsanalyse ud fra model (1).



Figur 2. Sammenhængen mellem den relative ukrudtsbiomasse, $KI_{Observeret}$ og *LAI*-målingen i uge 27 (A), *nRVI*-målingen i uge 17 (B) og den endelige afgrødehøjde, HJD_E (C) for hver sort. $KI_{Observeret}$ var et gennemsnit af to år, to ukrudtstætheder og tre gentagelser, i alt 12 registreringer. Registreringerne af *LAI*, *nRVI* og HJD_E var et gennemsnit af to år, tre gentagelser og fire målinger pr. parcel, i alt 24 registreringer. The relationship between the relative biomass of weeds, $KI_{Observeret}$ and the measurements of *LAI* in week no. 27 (A), *nRVI* in week no. 17 (B), and the final canopy height, HJD_E (C) for each variety. $KI_{Observeret}$ is the mean of two years, two weed densities and three replicates, in all 12 measurements. The measurements of *LAI*, *nRVI* and height are the mean of two years, three replicates and four measurements in every plot, in all 24 measurements.

Regressionsanalyse

Resultatet af regressionsanalysen viste, at hvis den endelige afgrødehøjde (figur 2A), reflektansmålingen i uge 17 (figur 2B) samt målingen af bladarealindekset i uge 27 blev kombineret i en additiv model, kunne 53% af variationen i $KI_{Observeret}$ forklares med modellen (tabel 3).

I tabellen ses, at i sorten Flair blev målt en relativ ukrudtsbiomasse ($KI_{Observeret}$) på 0.72, og at modellens beregninger gav et KI på 0.78 ($KI_{Beregnet}$). Disse værdier skal forstås således, at Flair trykkede en given ukrudtsmængde med 28% i forhold til en "gennemsnitssort" i forsøgene, og at modellens beregninger viste, at den ville kunne trykke ukrudtet med 22% i forhold til gennemsnittet. I den anden ende af skalaen findes Yatch, der havde et $KI_{Observeret}$ på 1.23 og et $KI_{Beregnet}$ på 1.18, og hvor modellen således ville forvente ca. 18% mere ukrudt end i "gennemsnitssorten."

Tabel 3. Observerede og beregnede værdier for de ni sorter. Tal i parentes angiver standardafvigelsen. Observed and calculated values of the nine varieties. Figures in brackets are standard error.

Sortsnavn	$KI_{Observeret}$		$KI_{Beregnet}$	
Flair	0.72	(0.05)	0.78	(0.16)
Cortez	0.84	(0.05)	0.99	(0.15)
Pentium	0.93	(0.05)	0.85	(0.15)
Terra	1.01	(0.04)	0.98	(0.16)
Meridien	1.01	(0.05)	1.01	(0.15)
Blanding	1.06	(0.05)	0.93	(0.15)
Haven	1.08	(0.05)	1.11	(0.15)
Lynx	1.12	(0.04)	1.16	(0.15)
Yatch	1.23	(0.05)	1.18	(0.15)

Resultatet af regressionsanalysen er angivet i tabel 4. Her er angivet estimaterne på de faktorer, som de målte værdier (*LAI*, *nRVI* og HJD_E) skal ganges med. Det ses, at skæringen med y-aksen (α) er stærk signifikant forskellig fra 0 ($p<0.001$). β, faktoren, *nRVI* skal multipliceres med og γ, faktoren, der skal ganges med HJD_E, er ligeledes stærkt signifikant forskellig fra 0. Faktoren δ, der skal ganges med *LAI*-målingen i uge 27, viste ligeledes signifikant effekt men i knapt så stor grad ($p<0.05$).

Tabel 4. De beregnede regressionsparametre for modellen (1) i konkurrenceforsøgene på Forskningscenter Flakkebjerg i 1998 og 1999. Calculated parameters of the regression analysis of model **(1)** in the competition experiment at Research Centre Flakkebjerg in 1998 and 1999.

Faktor[1]	Estimat	Signifikansniveau T-værdi[2]	Standardafvigelse på estimatet
α	3.319	8.35***	0.398
β	-0.140	-2.16*	0.065
γ	-0.710	-3.77***	0.189
δ	-0.011	-3.83***	0.003
R^2	0.526		

[1] α beskriver skæringen med y-aksen

β beskriver konstanten *LAI*-målingen fra uge nr. 27 skal multipliceres med

γ beskriver konstanten *nRVI* fra uge nr. 17 skal multipliceres med

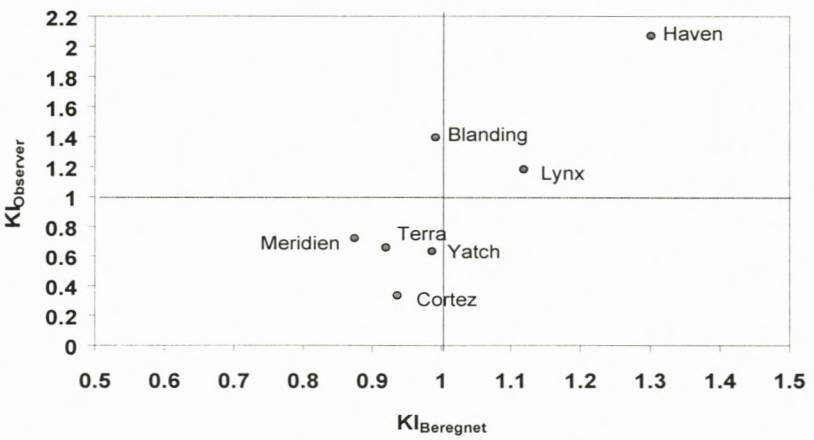
δ beskriver konstanten afgrødens maksimale højde skal multipliceres med

[2] '*' angiver, at parameterestimatet er signifikant ($p<0.05$) forskellig fra 0

'***' angiver, at parameterestimatet er signifikant ($p<0.001$) forskellig fra 0

Validering

Modellen blev afprøvet på resultater fra et forsøg beliggende på Pajbjergfonden i 1998. I figur 3 ses sammenhængen mellem de målte relative ukrudtsbiomasser ($KI_{Observeret}$) fra dette forsøg og modellens beregnede værdier ($KI_{Beregnet}$). Modellen var i stand til at rangordne sorterne i overensstemmelse med den målte relative biomasse af ukrudt. Rangordningen af sorterne er tæt på at være den samme som i forsøgene på Flakkebjerg med den undtagelse, at Meridien og Yatch havde lavere *KI* på Pajbjergfonden end i forsøgene på Flakkebjerg.



Figur 3. Sammenhængen mellem de relative ukrudtsbiomasser ($KI_{Observeret}$) og $KI_{Beregnet}$ fra modellen (1). Data fra Pajbjergfonden 1998. The relationship between the relative biomass of weeds ($KI_{Observeret}$) and $KI_{beregnet}$ from model **(1)**. Data from Pajbjergfonden 1998.

Diskussion

Resultaterne af to ud af tre års forsøg med ni forskellige vinterhvedesorter viser, at der er markante forskelle på sorternes relative evne til at undertrykke en given ukrudtsmængde. Konkurrenceevnen af sorterne i forsøget varierede fra 72% (Flair) til 123% (Yatch) af den gennemsnitlige ukrudtsbiomasse begge år.

Det blev analyseret, hvorvidt en måling af reflektans, højde og bladarealindeks gennem vækstsæsonen kan anvendes hver for sig til beregning af sorternes konkurrenceevne. Der blev således observeret en generel sammenhæng, så stigende reflektansmåling i uge 17, stigende endelig afgrødehøjde og stigende *LAI* i uge 27 resulterede i faldende biomasser af ukrudt og dermed stigende konkurrenceevne. Enkelte sorter faldt dog uden for denne generelle tendens (Flair i figur 2A, Terra Cortez og Flair i figur 2B og Cortez og Terra i figur 2C). Kombinationen af de tre målinger blev derfor analyseret i en tresidet regressionsanalyse.

Resultatet af denne analyse var en simpel additiv model, der udfra de tre registreringer kunne forklare 53% af variationen i ukrudtets relative biomasseproduktion. Hermed blev sorternes relative konkurrenceevne, *KI*, indekseret.

Ved at udvide udvalget af registreringer kunne forklaringsgraden sandsynligvis forbedres, f.eks. vil et forøget kendskab til den underjordiske konkurrence om vand og næring bidrage til en mere sikker bestemmelse af konkurrenceindekset. Forsøg har vist, at konkurrence om vand og næring har stor betydning for forholdet mellem *arter* f.eks. afgrøde og ukrudt (Wilson, 1988). På nuværende tidspunkt forligger der dog endnu ingen resultater, der viser, at der er forskel på *sorternes* evne til at konkurrere om vand og næring.

I forbindelse med landmandens sortsvalg vil et indeks, der beskriver sortens evne til at undertrykke en given ukrudtsmængde, være medvirkende til et optimalt sortsvalg under forhold, hvor der forventes en mindre og konkurrencesvag ukrudtsbestand, hvor ukrudt bekæmpes mekanisk eller med meget lave herbiciddoseringer.

Under forhold, hvor der f.eks. er sået udlæg, er sortens evne til at undertrykke "ukrudtet" (udlægget) dog ikke den eneste faktor, der er bestemmende for sortsvalget. Sorter, der er i stand til at producere et højt kerneudbytte uden at trykke "ukrudtet", vil kunne sikre landmanden et relativt større dækningsbidrag af både dækafgrøde som udlæg. Der er således tale om et andet aspekt i konkurrenceevne; sortens evne til at tolerere høje tætheder af ukrudtet.

Med den her skitserede metode til at bestemme sorternes konkurrenceevne/toleranceevne er der åbnet mulighed for et mere optimalt sortsvalg i den givne situation.

Sammendrag

En metode til afprøvning og indeksering af ni vinterhvedesorters konkurrenceevne over for ukrudt er præsenteret. Resultatet viser, at sorternes konkurrenceevne over for ukrudt har varieret fra 72% (Flair) til 123% (Yatch) af den gennemsnitlige ukrudtsbiomasse fra forsøg i 1998 og 1999.

Resultaterne viser endvidere, at med få registreringer; en reflektansmåling sidst i april, en måling af afgrødens endelige højde medio juni samt en måling af bladarealindekset først i juli, kan der opnås en relativ god indeksering af ni sorters konkurrenceevne, og at denne

sammenhæng korrelerer med en relativ ukrudtsbiomasse fra to års forsøg på Forskningscenter Flakkebjerg (R^2=0.53).

Resultaterne er afprøvet på data fra et forsøg på Pajbjergfonden, der har en anden jordbund og klimatiske faktorer. Resultatet af afprøvningen gav et tilfredsstillende resultat.

Endeligt er perspektiverne i anvendelse af et konkurrenceindeks diskuteret i relation til landmandens sortsvalg.

Erkendtlighed

Projektet, der er finansieret af Cerealienetværkets 1. Rammeprogram, er et resultat af et samarbejdet med Sejet Planteforædling og Pajbjergfonden. Forædlerne takkes for at have bidraget med sortsmateriale og faglig ekspertise i diskussionen af resultater.

Litteratur

Challaiah R.E., Burnside O.C., Wicks G.A. & Johnson V.A. 1986. Competition between winter wheat *(Triticum aestivum)* cultivars and downy brome *(Bromus tectorum)*. Weed Science, 34. 689-693.

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.

Huel D.G. & Hucl P. 1996. Genotypic variation for competitive ability in spring wheat. Plant Breeding, 115. 325-329.

Kristensen J. 1997. Brugervejledning til telemålingsudstyr. Afdeling for Ukrudtsbekæmpelse, Flakkebjerg.

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.

SAS Institute Inc. 1989. "SAS/STAT™ Users Guide, Version 6". 4.udg. Cary, North Carolina USA, SAS Institute Inc. pp. -943.

Seavers G.P. & Wright K.J. 1999. Crop canopy development and structure influence weed suppression. Weed Research, 39. 319-328.

Welles J.M. & Norman J.M. 1991. Instrument for indirect measurement of canopy architecture. Agronomy Journal. 83, 818-825.

Wilson J.B. 1988. Shoot competition and root competition. Journal of Applied Ecology, 25. 279-296.

Nye herbicider til bekæmpelse af ukrudtsgræsser i vintersæd

New herbicides for grass weed control in winter cereals

Solvejg K. Mathiassen, Per Kudsk, Peter K. Jensen & Peder E. Jensen
Danmarks JordbrugsForskning
Afdeling for Plantebeskyttelse
Flakkebjerg
DK-4200 Slagelse

Summary

Four new herbicides for control of grass weed species in winter cereals are described and the results of experiments with these herbicides carried out at Department of Crop Protection are summarized. Sulfosulfuron is a sulfonylurea for use in winter wheat in the spring to the control of *Bromus ssp.*, *Apera spica-venti* and *Poa trivialis*. Iodosulfuron and clodinafop-propargyl can be used in winter wheat, winter rye and triticale to the control of *Lolium ssp.* and *A. spica-venti*. In addition iodosulfuron is active against *Poa ssp.* and clodinafop-propargyl against *Alopecurus myosoides*. Tralkoxydim can be used in all cereals to control *A. spica-venti*, *Lolium ssp.* and *A. myosoides*. In general the efficacy of the herbicides was reduced when applied to plants after tillering compared to the 5-6 leaf stage. With each herbicide the influence of the growth stage was most pronounced at the least susceptible species. When applied in the autumn the efficacy on *L. perenne* of iodosulfuron, clodinafop-propargyl and tralkoxydim was almost similar while the efficacy was reduced in the order tralkoxydim> iodosulfuron> clodinafop-propargyl when applied in the spring. On *A. spica-venti* similar effects were obtained with clodinafop-propargyl and iodosulfuron applied in the spring as with prosulfocarb and fenoxaprop-ethyl applied in the autumn. Increasing temperatures enhanced the activity of clodinafop-propargyl, iodosulfuron and tralkoxydim while sulfosulfuron was more active at 5^0C compared to 12.5^0 and 20^0C.

Indledning

Den øgede vintersædsdyrkning har gennem de senere år medført stigende problemer med en række græsukrudtsarter. Dette gælder enårige arter som vindaks, agerrævehale, enårig rapgræs samt gold og blød hejre, men også kvikken har nydt glæde af den kortere tid som vintersædsdyrkningen levner til jordbearbejdning.

Hidtil har isoproturon været et meget anvendt middel til bekæmpelse af græsukrudt enten alene eller i kombination med andre midler. Pr. 1. december 1999 blev anvendelsen af isoproturon imidlertid forbudt på grund af risikoen for udvaskning samt midlets cancinogene effekt. De midler, som herefter er til rådighed til bekæmpelse af græsukrudt i korn, er prosulfocarb (Boxer), pendimethalin (Stomp) og methabenzthiazuron (Tribunil) i efteråret samt fenoxaprop-p-ethyl (Primera Super), som kan anvendes såvel efterår som forår. Ved

brug af disse midler vil det fortsat være muligt at bekæmpe arter som vindaks, enårig rapgræs og agerrævehale, hvorimod ingen af midlerne kan erstatte isoproturons effekt over for rajgræs. Desuden er der fortsat ingen midler på markedet med effekt over for hejrearterne.

Der er en række nye midler på vej med effekt over for græsukrudt. I det følgende gives der en kort beskrivelse af disse midler, og efterfølgende præsenteres resultaterne af det forsøgsarbejde, som der indtil nu er udført med midlerne ved Afdeling for Plantebeskyttelse. Sluttelig gives en kort opsummering af de enkelte midler.

Sulfosulfuron (Monitor)

Sulfosulfuron er et nyt sulfonylurea herbicid, som er udviklet af Monsanto. Handelsnavnet for produktet er Monitor, som indeholder 800 g/kg af sulfosulfuron. Som andre sulfonylurea-midler virker sulfosulfuron ved at blokere for syntesen af aminosyrerne valin, leucin og isoleucin.

Sulfosulfuron kan anvendes i vinterhvede om foråret, hvorimod både vår- og vinterbyg skades efter behandling. Det anbefales at udsprøjte sulfosulfuron i blanding med et spredemiddel. Sulfosulfuron er meget effektiv over for vindaks, almindelig rapgræs og flyvehavre, mens effekten over for agerrævehale og enårig rapgræs er utilstrækkelig. Midlet har desuden effekt over for en række tokimbladede ukrudtsarter som for eksempel burresnerre, fuglegræs, kamille og raps. Det helt enestående er imidlertid, at sulfosulfuron også har effekt over for kvik, hvilket vil sige, at det for første gang er muligt at sprøjte mod kvik i en voksende vinterhvedeafgrøde (Parrish *et al.*, 1995b).

Halveringstiden for sulfosulfuron er under markforhold 40 til 60 dage. Sukkerroer er meget følsomme over for sulfosulfuron og bør ikke dyrkes året efter behandling. Vinterbyg og vinterraps er også følsomme afgrøder, men de foreløbige undersøgelser viser, at der ikke under europæiske forhold er problemer med at lade disse afgrøder efterfølge en afgrøde behandlet med sulfosulfuron i foråret (Parrish *et al.*, 1995a).

Sulfosulfuron er endnu ikke godkendt men fik i 1998 en anerkendelse til væksthæmning af kvik frem til høst i vinterhvede ved anvendelse af 15 g v.s. i foråret på kvikkens 3-4 bladstadie.

Iodosulfuron (Hussar)

Iodosulfuron er et andet nyt sulfonylurea herbicid, som er udviklet af AgrEvo. Midlet vil blive markedsført i blanding med en safener under handelsnavnet Hussar med et indhold af iodosulfuron på 50 g/kg. Virkemekanismen er som for andre sulfonylureamidler en blokering af dannelsen af aminosyrerne valin, leucin og isoleucin. Midlet optages primært gennem bladene, og det anbefales at tilsætte Isoblette ved udsprøjtning.

Iodosulfuron kan anvendes i vinterhvede, rug og triticale med op til 15 g v.s./ha, i vårbyg med 5 g v.s./ha og i vinterbyg med 2.5 g v.s./ha. Iodosulfuron har effekt over for vindaks, rajgræs, rapgræs og flyvehavre samt en række tokimbladede arter heriblandt burresnerre. Forskellen i selektivitet mellem afgrøderne skyldes forskelle i metabolismen af det aktive stof.

Halveringstiden angives til 1-6 dage, og der er under normale europæiske forhold ingen restriktioner i valg af efterfølgende afgrøde (Hacker *et al.*, 1999). I tilfælde af omsåning kan der 15 dage efter sprøjtning sås byg, hvede eller majs (Anonym, 1998).

Iodosulfuron er endnu ikke godkendt eller anerkendt i Danmark men er under forsøgsmæssig afprøvning.

Clodinafop-propargyl (Topik)

Topik, som indeholder 80 g/l clodinafop-propargyl, er et middel fra Novartis. Midlet hører ligesom Agil, Fusilade og Gallant til gruppen af aryloxyphenoxysyrer. Clodinafop-propargyl optages gennem bladene, og virkemekanismen er en blokering af dannelsen af fedtsyrer og dermed for de fedtstoffer, der er en væsentlig bestanddel i de membraner, der omgiver celler og grønkorn. Væksten af følsomme arter stopper kort tid efter behandling, men nedvisningen foregår forholdsvis langsomt. Clodinafop-propargyl er ikke udpræget selektiv over for enkimbladede kulturer, og i Topik er der tilsat en safener, som medfører, at midlet ikke blokerer fedtsyresyntesen i alle arter. Clodinafop-propargyl er endnu ikke godkendt eller anerkendt i Danmark men anvendes i en række andre europæiske lande.

I Tyskland er den anbefalede dosering af Topik 0.4-0.5 l/ha i hvede, rug, triticale og durumhvede. Topik bør udsprøjtes i blanding med en penetreringsolie og kan anvendes såvel efterår som forår, idet ukrudtets udviklingstrin kun har betydning for de vanskeligt bekæmpelige arter. Midlet angives at have god effekt over for agerrævehale, vindaks, rajgræs og flyvehavre samt engrapgræs, engsvingel og hundegræs, mens der er ringe effekt på rødsvingel og hejre-arterne (Gleissl *et al.*, 1997).

Tralkoxydim (Grasp)

Handelsnavnet for tralkoxydim er Grasp, som indeholder 800 g v.s./kg. Tralkoxydim er et ældre middel fra Zeneca, som hører til gruppen af cyclohexadioner, hvis virkemekanisme er en blokering af dannelsen af fedtsyrer. Tralkoxydim optages gennem bladene og translokeres meget hurtigt til de yngste blade og vækstpunkter, hvor væksten stoppes i løbet af få dage. På grund af den hurtige optagelse angives midlet at være regnfast allerede 1 time efter udsprøjtning.

Nedbrydningen i jord er meget hurtig, idet halveringstiden angives til mindre end 4 dage (Warner *et al.*, 1987).

Tralkoxydim kan anvendes i byg, hvede, rug og triticale. Tralkoxydim er effektiv over for en række græsarter herunder flyvehavre, agerrævehale, vindaks og almindelig rajgræs men har ingen effekt over for tokimbladede ukrudtsarter. Det anbefales at udsprøjte midlet i blanding med en penetreringsolie.

Materialer og metoder

I semifieldforsøgene blev planterne dyrket udendørs i 2 l's potter i en jord:sand:sphagnum blanding (2:1:1), som var tilsat alle nødvendige mikro- og makro næringsstoffer. I et enkelt forsøg, hvor fordelingen af blad- og jordoptagelse blev undersøgt, blev planterne dyrket i 1 l's potter i ren markjord.

I forsøgene med sulfosulfuron blev der som testplanter anvendt gold eller blød hejre (*Bromus sterilis/hordeaceus*) eller agerrævehale (*Alopecurus myosoides*). I forsøgene med iodosulfuron, clodinafop-propargyl og tralkoxydim var testplanterne almindelig rajgræs (*Lolium perenne*), vindaks (*Apera spica-venti*) og agerrævehale. I 2 forsøg blev effekten af sulfusulfuron og iodosulfuron undersøgt på 14 forskellige græsarter. Efter fremspiring blev antallet af planter pr. potte reduceret til et ensartet antal.

Sprøjtningerne blev udført i en pottesprøjte. Der blev anvendt Hardi 4110-14 dyser, et tryk på 2.5 bar og en væskemængde på 130-160 l/ha. I alle forsøg blev der anvendt 5-6 doseringer.

I regnfasthedsforsøget blev regnen tilført ved hjælp af en regnsimulator. Planterne blev behandlet med 5 mm regn ved en intensitet på 30 mm i timen.

Klimaets indflydelse på effekten af en række midler blev undersøgt ved at placere planterne i klimasimulatorer ved forskellig temperatur. Planterne blev anbragt i klimasimulatorer 1 døgn før sprøjtning og indtil 6 døgn efter sprøjtning. I klimasimulatorerne blev der simuleret naturligt klima som beskrevet af Mathiassen *et al.* (1996) med 3 gennemsnitstemperaturer på henholdsvis 5^0 (minimum/maximum= 2/8), 12.5^0 (8/16.5) og 20^0C (16/24).

Forsøgene blev høstet 3-4 uger efter sprøjtning ved måling af frisk- og tørvægt.

Der blev i 1999 udført 2 markforsøg til belysning af en række midlers effekt over for almindelig rajgræs og vindaks. Begge arter blev udsået i renbestand i efteråret. I det ene forsøg blev effekten over for rajgræs af tralkoxydim, clodinafop-propargyl og iodosulfuron sammenlignet med effekten af isoproturon. Herbiciderne blev udsprøjtet henholdsvis 3 uger efter såning eller i det tidlige forår. I det andet forsøg blev effekten over for vindaks af en række midler udsprøjtet i efteråret sammenlignet med effekten af midler udsprøjtet i foråret. I begge forsøg blev der anvendt en parcelstørrelse på 6 m^2. Herbiciderne blev udsprøjtet i 4 doseringer, og hver behandling blev gentaget 4 gange. Effekterne blev bestemt ved telemåling på to tidspunkter i henholdsvis maj og juni måned.

Effekten af sulfosulfuron over for kvik i vinterhvede blev i 2 markforsøg i 1997 sammenlignet med effekten af en før høst sprøjtning med glyphosat (Roundup). I 1998 blev der yderligere udført 3 markforsøg, hvor effekten over for kvik af forskellige doseringer af sulfosulfuron blev undersøgt. Parcelstørrelsen i disse forsøg var 25 m^2, og forsøgene var anlagt som randomiserede blokforsøg med 4 gentagelser. Ved udsprøjtning blev der anvendt Hardi 4110-12 dyser og en væskemængde på 200 l/ha. Effekten af sulfosulfuron blev visuelt bedømt ved høst samt i efteråret, hvor også bedømmelse af glyphosat behandlingerne fandt sted.

I alle forsøgene er der udført en variansanalyse. I nogle af semifieldforsøgene er doseringskurverne estimeret ved anvendelse af følgende model:

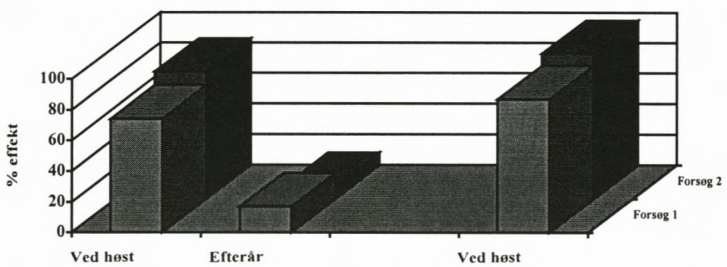
$$U = C + \frac{D - C}{[1 + \exp(2 * b * (\log(ED_{50}) - \log(z)))]}$$

hvor U er frisk- eller tørvægten, z er doseringen, D og C er den øvre og nedre asymptote ved lave og høje doseringer, og ED_{50} er den dosering, som resulterer i 50% reduktion i biomassen. Modellens anvendelighed til beskrivelse af data blev testet ved en test for lack of fit, hvor residualsummen fra den non-liniære regressionsanalyse og variansanalysen blev sammenlignet.

Resultater og diskussion

Som tidligere nævnt er ingen af de omtalte nye midler godkendt i Danmark. Sulfosulfuron er det eneste af midlerne, som i øjeblikket har en anerkendelse, mens iodosulfuron og clodinafop-propargyl indgår i forsøg til anerkendelse. Tralkoxydim er ikke under afprøvning og er ikke markedsført i andre europæiske lande. Det er derfor tvivlsomt, om midlet kommer på det danske marked.

Sulfosulfuron er anerkendt til *væksthæmning* af kvik i hvede frem til høst. Baggrunden for, at der tales om *væksthæmning* og ikke bekæmpelse af kvik, fremgår af figur 1. Figuren viser resultaterne af 2 markforsøg, hvor effekten af sulfosulfuron udsprøjtet i vinterhvede om foråret blev sammenlignet med effekten af en før høst sprøjtning med glyphosat. Ved bedømmelserne i juni og ved høst var der opnået en god effekt af sulfosulfuron, men ved bedømmelsen i efteråret i 1997 var der total genvækst af kvikken og dermed en væsentlig dårligere effekt end af glyphosat behandlingen. Resultaterne tyder på, at kvikken ikke dør efter behandling, men at væksten kun stoppes. Effekten forstærkes af konkurrencen fra afgrøden, og den manglende konkurrence efter høst er årsagen til den hurtige genvækst i efteråret. I 1998 blev der i 2 forsøg opnået en effekt over for kvik bedømt ved høst på 70-80% og i 1 forsøg på 55-60% efter udsprøjtning af 15 g v.s./ha af sulfosulfuron (Jensen *et al.*, 1998).



Figur 1. Effekt over for kvik af 15 g/ha sulfosulfuron udsprøjtet i vinterhvede i begyndelsen af maj måned og 1080 g/ha glyphosat udsprøjtet før høst. 2 markforsøg. Effect on *Elymus repens* of 15 g/ha of sulfosulfuron applied in winter wheat ind the beginning of May and 1080 g/ha glyphosate applied before harvest. 2 field experiments.

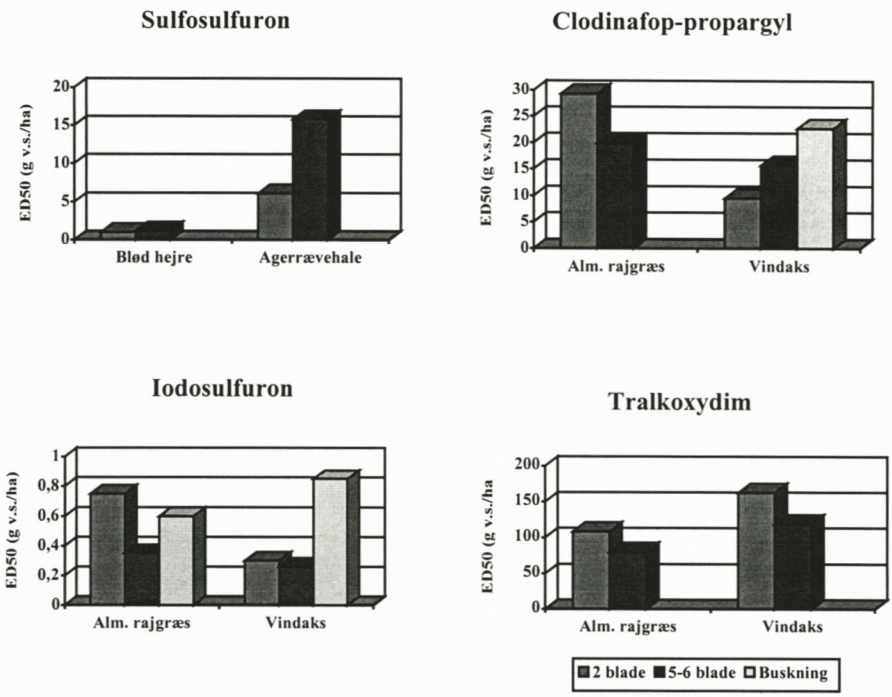
Der blev ikke foretaget efterfølgende bedømmelser af genvækst i disse forsøg. Sulfosulfuron muliggør altså en hæmning af kvik i hvede, således at opformering og udbyttetab som følge af konkurrence med afgrøden minimeres. Behandlingen bør dog følges op af en egentlig bekæmpelse af kvik i efteråret eller senere i sædskiftet.

Effekten af henholdsvis sulfosulfuron og iodosulfuron blev i 2 semifieldforsøg undersøgt over for 14 forskellige græsser på 4-5 bladstadiet. Resultaterne med sulfosulfuron viste, at der med en dosering på 6 g v.s./ha blev opnået mere end 85% effekt over for hejrearterne, almindelig rapgræs, enårig rapgræs, vindaks og rød- og engsvingel og omkring 80% effekt over for flyvehavre, hundegræs og strandsvingel. Bekæmpelse af rajgræs, stivbladet svingel, engrapgræs og agerrævehale krævede højere doseringer. Med 5 g v.s./ha af iodosulfuron blev der opnået mere end 85% effekt over for de fleste af vore dyrkede græsser med undtagelse af rødsvingel og stivbladet svingel. Vindaks, agerrævehale, flyvehavre, enårig rapgræs og væselhale blev bekæmpet med mere end 90% effekt af doseringer ned til 2.5 g v.s./ha, mens det var nødvendigt at øge doseringen til 10 g v.s./ha for at bekæmpe gold hejre.

En faktor, som kan have stor betydning for ukrudtsmidlers effekt, er planternes udviklingstrin på behandlingstidspunktet. Betydningen heraf blev undersøgt i et semifieldforsøg, hvor effekten af sulfosulfuron over for gold hejre og agerrævehale blev undersøgt på to udviklingstrin, mens effekten af iodosulfuron, clodinafop-propargyl og tralkoxydim blev undersøgt på 3 udviklingstrin af arterne almindelig rajgræs, vindaks og agerrævehale. Resultaterne fremgår af figur 2. Det var ikke muligt at estimere doseringskurven for clodinafop-propargyl på almindelig rajgræs på buskningsstadiet samt doseringskurverne for tralkoxydim på almindelig rajgræs og vindaks på buskningsstadiet. Desuden var effekten af såvel tralkoxydim som iodosulfuron over for agerrævehale uanset udviklingstrin for ringe til, at der kunne estimeres doseringskurver. Med sulfosulfuron var de estimerede ED_{50} doseringer på blød hejre ens, uanset om der blev behandlet på 2- eller på 5-6 bladstadiet. Agerrævehale var mindre følsom end blød hejre over for sulfosulfuron, og det var nødvendigt at øge doseringen signifikant for at bekæmpe planter med 5-6 blade sammenlignet med planter med 2 blade.

Resultaterne med clodinafop-propargyl, iodosulfuron og tralkoxydim på rajgræs viste alle en tendens til, at ED_{50} doseringerne var højere på planter med 2 blade i forhold til planter med 5-6 blade. Dette kan skyldes en ringe afsætning på de meget små planter. ED_{50} doseringen af iodosulfuron blev signifikant forøget, når rajgræsset var på buskningsstadiet i forhold til planter med 5-6 blade (figur 2). Også resultaterne med clodinafop-propargyl og tralkoxydim tydede på, at doseringskravet blev markant forøget, når rajgræsplanterne var på buskningsstadiet.

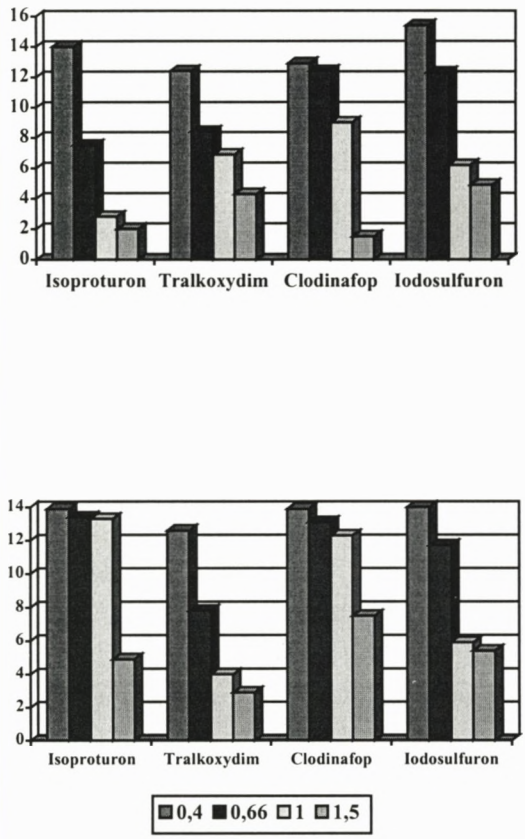
Over for vindaks var der med iodosulfuron og tralkoxydim ikke signifikant forskel på effekten over for planter med 2- og 5-6 blade, hvorimod ED_{50} doseringen af iodosulfuron blev signifikant forøget fra 5-6 bladstadiet til buskningsstadiet. Resultater af enkeltdoseringer med tralkoxydim tydede på, at der også med dette middel var tale om et markant effekttab, når vindaks var på buskningsstadiet sammenlignet med 5-6 bladstadiet. Med clodinafop-propargyl var der en signifikant stigning i ED_{50} dosering fra såvel 2 bladstadiet til 5-6 bladstadiet som fra 5-6 bladstadiet til buskning (figur 2).



Figur 2. Effekt af forskellige herbicider over for græsukrudt på forskellige udviklingstrin. Sulfosulfuron blev udsprøjtet i blanding med 0,1% Lissapol Bio, clodinafop-propargyl og tralkoxydim i blanding med 0,5 l/ha DLG Superolie og iodosulfuron i blanding med 0,5 l/ha Isoblette. Efficacy of different herbicides on grass weed species at various growth stages. Sulfosulfuron was applied in admixture with 0.1% Lissapol Bio, clodinafop-propargyl and tralkoxydim in admixture with 0.5 l/ha DLG Superoil and iodosulfuron in mixture with 0.5 l/ha Isoblette.

Effekten over for agerrævehale af de højeste anvendte doseringer af iodosulfuron (2-4 g v.s./ha afhængig af udviklingstrin) og tralkoxydim (320-640 g v.s./ha) var under 50%. Clodinafop-propargyl havde derimod en god effekt over for planter med op til 5-6 blade (resultater ikke vist).

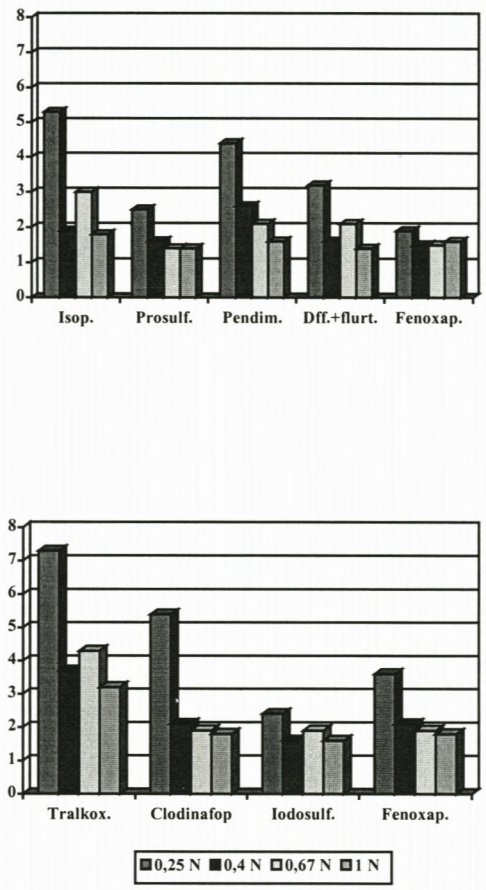
I figur 3 ses resultaterne af et markforsøg, hvor effekten over for almindelig rajgræs af isoproturon, tralkoxydim, clodinafop-propargyl og iodosulfuron er sammenlignet ved udsprøjtning i efteråret og i foråret. Bedømmelserne af efterårssprøjtningen viste, at den højeste effekt blev opnået med isoproturon, mens der ikke var væsentlig forskel på effekten af de nye midler. Ved forårsbehandling faldt effekten i rækkefølgen: tralkoxydim > iodosulfuron > isoproturon > clodinafop-propargyl. Dette tyder på, at planternes udviklingstrin under markforhold har mindre indflydelse på effekten af tralkoxydim og iodosulfuron end på effekten af isoproturon og clodinafop-propargyl.



Figur 3. Effekt af forskellige herbicider over for almindelig rajgræs ved udsprøjtning efterår (øverst) eller forår (nederst). Isoproturon (n=1250 g/ha) blev udsprøjtet alene, mens tralkoxydim (n=320 g/ha) blev udsprøjtet i blanding med 0,75 l/ha Atplus, clodinafop (n=600 g/ha) i blanding med 0,25 l/ha Actirob og iodosulfuron (n=10 g/ha) i blanding med 0,3 l/ha Isoblette. Effekten er målt ved telemåling i juni. Effect on *L. perenne* of different herbicides applied in the autumn (top) or in the spring. Tralkoxydim (n=320 g/ha), clodinafop-propargyl (n=600 g/ha) and iodosulfuron (10 g/ha) were applied in admixture with 0.5 l/ha Atplus, 0.25 l/ha Actirob and 0.3 l/ha Isoblette, respectively. Isoproturon (n=1250 g/ha) was applied alone. The effect was measured by plant canopy reflectance.

Effekten over for vindaks af en række efterårsbehandlinger blev i et andet markforsøg sammenlignet med effekten af forårsbehandling med de nye midler (figur 4). Der blev opnået en god effekt over for vindaks af alle efterårsbehandlingerne (prosulfocarb, pendimethalin, diflufenican+flurtamon, fenoxaprop og isoproturon). Effekten af forårsbehandling med clodinafop-propargyl, iodosulfuron og fenoxaprop var på højde med efterårsbehandlingerne,

mens effekten af tralkoxydim var svagere. Ved sammenligning med resultaterne af semifieldforsøget i figur 2 fremgår det, at behandlingstidspunktet i markforsøget har haft størst indflydelse på effekten over for de arter, som det enkelte herbicid er mindst aktivt over for (clodinafop-propargyl – rajgræs, tralkoxydim – vindaks).



Figur 4. Effekt over for vindaks af forskellige herbicider udsprøjtet efterår (øverst) og forår (nederst). Fenoxaprop-p-ethyl (n=69 g/ha) og iodosulfuron (n=10 g/ha) blev udsprøjtet i blanding med 0,3 l/ha Isoblette, tralkoxydim (n=320 g/ha) i blanding med 0,75 l/ha Atplus og clodinafop-propargyl (n=600 g/ha) i blanding med 0,25 l/ha Actirob. Isoproturon (n=1250 g/ha), prosulfocarb (n=2400 g/ha) og pendimethalin (n=1600 g/ha) blev udsprøjtet alene. Effekten er målt ved telemåling i juni. Effects on *Apera spica-venti* of different herbicides applied autumn (top) or spring. Fenoxaprop-p-ethyl (n=69 g/ha) and iodosulfuron (n=10 g/ha) were applied in admixture with 0.3 l/ha Isoblette, tralkoxydim (n=320 g/ha) with 0.75 l/ha Atplus and clodinafop-propargyl (n=600 g/ha) with 0.25 l/ha Actirob. Isoproturon (n=1250 g./ha), prosulfocarb (n=2400 g/ha) and pendimethalin (n=1600 g/ha) were applied alone.

I et semifieldforsøg blev det undersøgt, hvorvidt følsomheden over for iodosulfuron, clodinafop-propargyl og tralkoxydim varierede mellem 2 forskellige rajgræssorter samt italiensk rajgræs. Resultaterne viste, at der med clodinafop-propargyl, iodosulfuron og tralkoxydim var forskel på sorternes følsomhed, idet *Lisabella* var mere følsom end *Borvi*. Italiensk rajgræs (*cv. Sikem*) var signifikant mere følsom over for tralkoxydim og clodinafop-propargyl end almindelig rajgræs (resultater ikke vist).

Temperaturens betydning for effekten af sulfosulfuron, iodosulfuron, clodinafop-propargyl og tralkoxydim blev undersøgt i klimasimulatorer ved 3 forskellige gennemsnitstemperaturer (tabel 1). På grund af for lav effekt af sulfosulfuron og for høj effekt af tralkoxydim var det med disse to midler ikke muligt at estimere doseringskurverne ved de forskellige temperaturer. Resultaterne med de højeste doseringer af sulfosulfuron tydede på, at dette middel i lighed med en række andre sulfonylureamidler virkede bedst ved lave temperaturer (Mathiassen *et al.*, 1995). Årsagen hertil kan enten være en mindre optagelse af midlet ved høj temperatur på grund af en hurtigere indtørring af sprøjtedråberne, eller at der ved lav temperatur sker en mindre fortyndingseffekt i planten på grund af den langsommere vækst. Effekten af clodinafop-propargyl blev forøget med stigende temperatur, hvilket er i overensstemmelse med de resultater som tidligere er fundet med fluazifop-p-butyl. (Mathiassen & Kudsk, 1996). Med iodosulfuron var der en signifikant lavere effekt ved en gennemsnitstemperatur på 5^0 sammenlignet med 12.5^0 og 20^0C. I modsætning til andre sulfonylureamidler synes effekten af iodosulfuron altså at blive forstærket ved temperaturer over 5^0C. Også resultaterne med tralkoxydim pegede i retning af en forbedret effekt ved temperaturer over 5^oC.

Tabel 1. Temperaturens indflydelse på effekten af clodinafop-propargyl og iodosulfuron over for almindelig rajgræs (4 blade) angivet som ED_{50} doseringer. Clodinafop-propargyl blev udsprøjtet i blanding med 0,5 l/ha DLG Superolie og iodosulfuron i blanding med 0,5 l/ha Isoblette. Tallene i parentes er 95% konfidensintervaller. The influence of temperature on the efficacy of clodinafop-propargyl and iodosulfuron on *L. perenne* (4 leaves) shown as ED_{50} doses. Clodinafop-propargyl was applied in admixture with 0.5 l/ha DLG Super-oil and iodosulfuron in admixture with 0.5 l/ha Isoblette. Figures in parentheses are 95% confidence intervals.

Klima	ED_{50} dosering (g v.s./ha)	
	Clodinafop-propargyl	Iodosulfuron
5.0^0	9.2 (6.2-12.1)	0.42 (0.35-0.48)
12.5^0	8.4 (5.9-10.9)	0.24 (0.20-0.29)
20.0^0	5.7 (3.9-7.6)	0.28 (0.23-0.33)

De fleste sulfonylureamidler har såvel blad- som jordeffekt, men fordelingen mellem de to optagelsesmåder varierer en del fra middel til middel. Fordelingen af blad- og jordeffekt af sulfosulfuron blev undersøgt på to arter i et potteforsøg. I disse forsøg blev midlet enten udsprøjtet på normal vis (blad- og jordeffekt) eller efter afdækning af jordoverfladen (bladeffekt), eller midlet blev tilført jordoverfladen med en pipette (jordeffekt). Ved behandlingerne blad- og jordeffekt og bladeffekt var ED_{50} doseringerne næsten identiske, hvorimod ED_{50} doseringen for jordeffekt var væsentlig højere. Dette viser, at sulfosulfuron primært optages via bladene (tabel 2). Tilsvarende undersøgelser er endnu ikke udført med iodosulfuron.

Tabel 2. Jord- og bladeffekt af sulfosulfuron udsprøjtet i blanding med 0,1% Lissapol Bio angivet ved estimerede ED_{50} doseringer på henholdsvis gold hejre og lugtløs kamille. Tallene i parentes er standardafvigelser. Soil and foliar activity of sulfosulfuron applied in admixture with 0.1% Lissapol Bio shown as estimated ED_{50} doses on *Bromus sterilis* and *Tripleurospermum inodorum*. Figures in parentheses are standard errors.

	ED_{50} dosering (g v.s./ha)	
	Gold hejre	Lugtløs kamille
Jord- og bladeffekt	0.49 (0.29)	0.43 (0.17)
Jordeffekt	6.39 (4.25)	>8.00
Kun bladeffekt	0.43 (0.21)	0.30 (0.17)

Regnfastheden af sulfosulfuron på blød hejre blev undersøgt i et semifieldforsøg, og resultaterne viste, at når sulfosulfuron blev udsprøjtet alene, var midlet ikke regnfast 6 timer efter udsprøjtning (tabel 3).

Forudsætningen for at opnå en maksimal effekt med sulfosulfuron er, at der tilsættes et additiv til sprøjtevæsken. Resultaterne af et semifieldforsøg, hvor en række additivers indflydelse på effekten af sulfosulfuron blev undersøgt, viste, at non-ioniske spredemidler som Lissapol Bio og DLG Contact var blandt de mest effektive additiver (Kudsk & Mathiassen, 1998).

Tabel 3. Regnfasthed af sulfosulfuron på blød hejre angivet ved ED_{50} doseringer. Regnbehandlingerne bestod af 5 mm regn tilført ved en intensitet på 30 mm i timen. Tallene i parentes er 95% konfidens intervaller. Rainfastness of sulfosulfuron on *Bromus hordeaceus* shown as ED_{50} doses. The rain treatments consisted of 5 mm of rain applied at an intensity of 30 mm per hour. Figures in parentheses are 95% confidence intervals.

Regnbehandling	ED_{50} (g v.s./ha)	Relativ styrke
Ingen	2.1 (1.8-2.5)	1.00
Regn efter 1 time	4.8	0.44 (0.37-0.52)
Regn efter 3 timer	4.3	0.50 (0.41-0.60)
Regn efter 6 timer	3.6	0.58 (0.47-0.69)

Anvendelsestidspunktet for sulfosulfuron gør det relevant at foretage udsprøjtning i blanding med et herbicid med effekt over for tokimbladet ukrudt. I tabel 4 ses resultaterne af et forsøg, hvor sulfosulfuron blev udsprøjtet i blanding med forskellige herbicider mod tokimbladet ukrudt. Der blev tilsat 0.1% Lissapol Bio til alle sprøjteopløsningerne. Blød hejre blev anvendt som testplante i forsøget, og det viste sig, at væksten af denne art blev signifikant reduceret af Ally og Oxitril udsprøjtet i blanding med Lissapol Bio. Resultaterne tyder på, at der er antagonisme ved blanding af sulfosulfuron med ioxynil+bromoxynil, bentazon, fluroxypyr, clopyralid og muligvis metsulfuron. I et andet forsøg blev der dog ikke fundet antagonisme ved blanding med clopyralid og ioxynil+bromoxynil (resultater ikke vist).

Tabel 4. Estimerede ED_{50} doseringer (g v.s./ha) af sulfosulfuron i blanding med forskellige herbicider mod tokimbladet ukrudt. Alle blandinger blev udsprøjtet i blanding med 0,1% Lissapol Bio. Tallene i parentes er 95% konfidens intervaller. Estimated ED_{50} doses (g a.i./ha) of sulfosulfuron applied in mixture with broadleaf herbicides. All mixtures were applied in admixture with 0.1% Lissapol Bio. Figures in parentheses are 95% confidence intervals.

Blandingspartner	ED_{50} (g v.s./ha)
0.1% Lissapol	1.3 (0.2-2.3)
7.5 g/ha tribenuron	1.3 (0.3-2.3)
4 g/ha metsulfuron	1.5 (0.8-2.1)
200+200 g/ha ioxynil+bromoxynil	2.9 (1.7-4.1)
480 g/ha bentazon	4.0 (3.2-4.7)
144 g/ha fluroxypyr	3.1 (2.2-4.4)
100 g/ha clopyralid	3.6 (1.8-5.5)

Indflydelsen af forskellige additiver, regn og blanding med midler mod tokimbladet ukrudt er endnu ikke undersøgt for tralkoxydim, clodinafop-propargyl og iodosulfuron.

Konklusion

De nuværende resultater med sulfosulfuron, iodosulfuron, clodinafop-propargyl og tralkoxydim viser, at potentialet for bekæmpelse af græsukrudt i vintersæd vil blive væsentligt forøget, såfremt disse midler markedsføres i Danmark. Vindaks kan i øjeblikket bekæmpes tilfredsstillende med prosulfocarb eller pendimethalin og agerrævehale med fenoxaprop-ethyl. De største problemer, som resterer, er bekæmpelse af almindelig rajgræs og hejrearterne. Som det fremgår af de viste resultater, er der gode muligheder for bekæmpelse af rajgræs med såvel iodosulfuron, clodinafop-propargyl som tralkoxydim, mens markedsføring af sulfosulfuron vil muliggøre bekæmpelse af hejrearterne.

Sammendrag

Artiklen beskriver fire herbicider til bekæmpelse af græsukrudt i vintersæd (sulfosulfuron, iodosulfuron, clodinafop-propargyl og tralkoxydim) og opsummerer de forsøgsresultater, som indtil videre er opnået med disse midler på Afdeling for Plantebeskyttelse. Sulfosulfuron kan anvendes i vinterhvede om foråret og har god effekt over for hejrearterne, vindaks og almindelig rapgræs, mens effekten over for rajgræsserne og agerrævehale er utilstrækkelig. Iodosulfuron kan anvendes i vinterhvede, rug og triticale til bekæmpelse af vindaks, almindelig rajgræs og rapgræs, mens effekten over for agerrævehale er utilstrækkelig. Clodinafop-propargyl kan anvendes i hvede, rug og triticale til bekæmpelse af rajgræs, vindaks og agerrævehale, mens tralkoxydim kan anvendes i alle kornarter til bekæmpelse af rajgræs, vindaks og agerrævehale. Generelt blev effekten af alle midlerne reduceret, når planterne var på buskningsstadiet i forhold til 5-6 bladstadiet, men udviklingstrinnet havde for hvert middel størst betydning for effekten over for de mindst følsomme arter. Ved bekæmpelse af almindelig rajgræs i efteråret var der ingen forskel i effekten af de nye midler. Ved forårsanvendelse faldt effekten af midlerne i rækkefølgen tralkoxydim >iodosulfuron > clodinafop-propargyl. Med clodinafop-propargyl og iodosulfuron blev der ved forårsbekæmpelse opnået samme effekt over for vindaks som ved efterårsanvendelse af prosulfocarb og fenoxaprop-ethyl. Effekten af clodinafop-propargyl, iodosulfuron og tralkoxydim blev øget med stigende temperatur, mens effekten af sulfosulfuron var større ved 5^0 end ved 12.5^0 og 20^0. Med sulfosulfuron var bladoptagelsen af større betydning end jordoptagelsen, og regnfastheden var ringe, når midlet blev udsprøjtet uden spredemiddel. Ved blanding med midler mod tokimbladet ukrudt blev effekten af sulfosulfuron reduceret.

Litteratur

Anonym. 1998. AE F115008. Technical information.1st edition. AgrEvo.

Gleissl W., Raffel H. & Käsbohrer M. 1997. Möglichkeiten zur Bekämpfung selten auftretender Ungräser mit Topik bzw. Agil. Intern rapport.

Hacker E., Bieringer H., Willms L., Ort O., Koecher H. & Kehne H. 1999. Iodosulfuron plus mefenpyr-diethyl – a new foliar herbicide for weed control in cereals. Brighton Crop Protection Conference, Weeds, 15-22.

Kudsk P. & Mathiassen S.K. 1998. Adjuvant effects on MON 37500 performance. Proc. of the 5th International Symposium on Adjuvant for Agrochemicals, Memphis, Tennessee, USA.

Mathiassen S.K., Kudsk P. & Kristensen J. 1995. Efficacy of broadleaf cereal herbicides at three natural climates. Brighton Crop Protection Cenference, Weeds, 683-688.

Mathiassen S.K. & Kudsk P. 1996. Influence of climate scenarios on herbicide performance. Second International Weed Control Congress, Copenhagen, 905-910.

Mathiassen S.K., Kudsk P. & Rydahl P. 1996. Klimakorrektioner i PC-Planteværn – forsøgsmæssig baggrund. SP rapport nr. 3. 13 Danske Planteværnskonference, Ukrudt, 203-213.

Jensen P.E., Christensen J. & Kristensen K.J. 1998. Results from testing of herbicides and growth regulators, winter cereals .Weed 1998/1, 33.1-33.9.

Parrish S.K., Euler J.P., Grogna R., Spirlet M., Walker A., Macvicar F.H. & Cullington J.E. 1995a. Field, glasshouse and laboratory investigations into the rate of degradation of MON 37500 in European soils. Brighton Crop Protection Conference, Weeds, 667-672.

Parrish S.K., Kaufmann J.E., Croon K.A., Ishida Y., Ohta K. & Itoh S. 1995b. MON 37500: A new selective herbicide to control annual and perennial weeds in wheat. Brighton Crop Protection Conference, Weeds, 57-64.

Warner R.B., Watson K., Bird G., Farrel G.M., Spinks C.A., McClellan W.D. & Kowalczyk B. 1987. Tralkoxydim – a new post-emergence cereal selective graminicide. Brighton Crop Protection Conference, Weeds, 19-26.

Ukrudtsarternes følsomhed over for glufosinat-ammonium

The sensitivity of weed species to glufosinate ammonium

Jørgen Pedersen
Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole
Thorvaldsensvej 40
DK-1871 Frederiksberg C

Summary

The objective of this study is to test the efficacy of glufosinate ammonium on a number of weed species, which presently cause problems in oilseed rape (*Brassica napus*) fields. A possible solution to the problems is to grow oilseed rape varieties, which have been genetically engineered to be tolerant to glufosinate ammonium. In spite of the prospect that permission of growing will not be given in the near future, it might be relevant in the long term to know the efficacy of glufosinate ammonium on the weed species.

The experiments showed that the dicots are substantially more sensitive than the monocots (grasses) to glufosinate ammonium, and that they can be controlled sufficiently with a dose of 400-600 g a.i. ha^{-1}; on the other hand, glufosinate ammonium was not particularly suitable to control volunteer barley (*Hordeum vulgare*) and rhizome plants of *Elymus repens* at a standard dose of 600 g a.i. ha^{-1}.

Indledning

Ukrudtsbekæmpelse i rapsmarker har i de senere år været besværliggjort af manglen på effektive herbicider. Med de aktivstoffer, der i dag er godkendt til ukrudtsbekæmpelse i rapsmarker, er selektiv kemisk bekæmpelse af arter som eksempelvis Ager-Sennep (*Sinapis arvensis*) og Hyrdetaske (*Capsella bursa-pastoris*) i realiteten umulig.

Anvendelse af gensplejsning i planteforædlingsarbejdet har resulteret i frembringelsen af rapssorter, som er tolerante over for totalherbicidet glufosinat-ammonium. Glufosinat-tolerante rapssorter er på nuværende tidspunkt ikke tilladte til kommerciel dyrkning i dansk landbrug. For landmændene er det af stor vigtighed at vide, hvor effektiv en ukrudtsbekæmpelse de kan forvente at opnå, hvis de dyrker de herbicid-tolerante rapssorter. Af hensyn til den økonomiske optimering i rapsfrøproduktionen er det ganske afgørende at kunne foretage en effektiv bekæmpelse af konkurrencestærke ukrudtsarter og samtidig holde bekæmpelsesomkostningerne – og miljøbelastningen - på et så lavt niveau som muligt.

Med det sigte for øje at kunne anvende glufosinat-ammonium som eneste herbicid ved dyrkning af glufosinat-tolerante rapssorter er det blevet undersøgt, hvilken dosis af glufosinat-ammonium, det er nødvendigt at bruge for at bekæmpe en række udvalgte ukrudtsarter, der er almindeligt forekommende i rapsmarker. I nærværende artikel er der beskrevet to forsøg, som er

udført i forbindelse med undertegnedes specialearbejde ved KVL. I det første forsøg, væksthusforsøget, blev effekten af glufosinat-ammonium i væksthus undersøgt på en række udvalgte plantearter på et relativt tidligt vækststrin. Det andet forsøg, semifield-forsøget, belyste, hvilken indflydelse forskellige udviklingstrin hos planterne har på effekten af glufosinat-ammonium.

Materiale og metode

De to forsøg er gennemført som potteforsøg.

Følgende arter indgik i de to forsøg: Ager-Kål (*Brassica campestris*), Ager-Sennep (*Sinapis arvensis*), Vinterraps (*Brassica napus*) af sorten Lirajet (væksthusforsøget), Vårraps (*Brassica napus*) af sorten Sprinter (semifield-forsøget), Gul Sennep (*Sinapis alba*) af sorten Carla (semifield-forsøget), Hyrdetaske (*Capsella bursa-pastoris*), Lugtløs Kamille (*Tripleurospermum inodorum*), Burre-Snerre (*Galium aparine*), Enårig Rapgræs (*Poa annua*), Vinterbyg (*Hordeum vulgare*) af sorten Tiffany (væksthusforsøget), Vårbyg (*Hordeum vulgare*) af sorten Scarlett (semifield-forsøget), samt Kvik (*Elymus repens*); Kvik blev i begge forsøg etableret både som frøplanter og som udløberplanter (rhizomer á 5-10 cm).

I **væksthusforsøget** blev planterne dyrket i et væksthus i 1 L potter i sphagnum. I væksthuset var der lys fra kl. 7:00 til kl. 19:00, og temperaturen søgtes reguleret til 18°C om dagen (kl. 7:00 til kl. 19:00) og 12°C om natten. For alle arter tilstræbtes en plantebestand på 10 pr. potte. På sprøjtedagen havde de tokimbladede arter 2-4 løvblade og de enkimbladede arter ca. 2 blade. En ekstra serie potter med Vinterbyg blev sprøjtet på 2. dagen for begyndende fremspiring, det vil sige på 1-bladstadiet; da var planterne ca. 2-4 cm høje. Ca. 2 uger efter sprøjtning blev planterne høstet og friskvægten bestemt.

I **semifield-forsøget** blev planterne dyrket udendørs i 5 L potter i sphagnum. Der blev sået to gange med ca. 2 ugers mellemrum, således at der for hver art var planter af to udviklingstrin på sprøjtedagen, jvf. tabel 1. Der tilstræbtes et antal af 30 planter pr. potte. Tre uger efter sprøjtning blev planterne høstet og friskvægten bestemt.

Forsøgene er analyseret ved brug af ikke-lineær regression, idet den logistiske dosis-responsmodel, beskrevet ved nedenstående formel (Streibig *et al.*, 1993), er tilpasset friskvægtresultaterne:

$$y = f(x) = C + \frac{D - C}{1 + \exp[b(\log(x) - \log(ED_{50}))]}$$

hvor y er friskvægten af plantemassen pr. potte, x er doseringen af glufosinat-ammonium i g v.s./ha, D og C er henholdsvis øvre og nedre asymptote, b er en parameter, der er proportional med den absolutte værdi af kurvens hældning ved vendetangenten, og ED_{50} er den dosis, der giver 50% reduktion i friskvægten. Modellen er reparameteriseret, således at der i stedet for ED_{50} er bestemt værdier for ED_{90}. Tilpasningen af den logistiske dosis-responsmodel er undersøgt ved test for *lack-of-fit*.

Tabel 1. Planternes udviklingstrin på sprøjtedagen for arterne i væksthusforsøget. The stage of development for the plant species in the greenhouse experiment at the day of herbicide treatment.

Art Plant species	**Såtid 1** Sowing time 1	**Såtid 2** Sowing time 2
Ager-Kål	**4-6 løvblade**	**1-2 løvblade**
B. arvensis	4-6 true leaves	1-2 true leaves
Ager-Sennep	**4-6 løvblade (kraft. knopstand)**	**2-3 løvblade**
S. arvensis	4-6 true leaves	2-3 true leaves
Vårraps	**3-4 løvblade**	**1-2 løvblade**
B. napus	3-4 true leaves	1-2 true leaves
Hyrdetaske	**4-6 løvblade**	**2-4 løvblade**
C. bursa-pastoris	4-6 true leaves	2-4 true leaves
Lugtløs Kamille	**4-6 løvblade**	**2-4 løvblade**
T. inodorum	4-6 true leaves	2-4 true leaves
Burre-Snerre	**2 hele kranse på hovedskud**	**2 kimblade, beg. kransdannelse**
G. aparine	2 rosettes on main shoot	2 cotyledons, 1 small rosette
Enårig Rapgræs	**3-4 blade**	**2 blade**
P. annua	3-4 true leaves	2 true leaves
Vårbyg	**Hovedskud + 2 sideskud**	**Hovedskud + 1 sideskud**
H. vulgare	Main shoot + 2 leaves	Main shoot + 1 leaf
Kvik (frøplanter)	**2 (-3) blade**	**-**
*E. repens (*seed plants*)*	2 (-3) true leaves	-
Kvik (udløberpl.)	**2 (-3) blade**	**1 (-2) blade**
E. repens (rhizome pl.)	2 (-3) true leaves	1 (-2) true leaves
Gul Sennep	**4-6 løvblade**	**2-4 løvblade**
S. alba	4-6 true leaves	2-4 true leaves

Resultater og diskussion

Væksthusforsøget

I tabel 2 er resultaterne fra væksthusforsøget vist. Tabellen viser, at arterne har forskellig følsomhed over for glufosinat-ammonium. Det generelle billede er, at de tokimbladede arter er de mest følsomme. Eneste undtagelse herfra er Burre-Snerre, som har noget større ED_{90}-værdi end både Enårig Rapgræs og frøplanterne af Kvik. Blandt de tokimbladede arter udviser især Hyrdetaske en næsten ekstrem følsomhed med en ED_{90}-værdi på lige godt 12 g v.s./ha. Også de øvrige korsblomstrede arter samt Lugtløs Kamille, kvik-frøplanter, Enårig Rapgræs og Burre-Snerre er meget følsomme over for glufosinat-ammonium. Selvom forsøget viser, at de nævnte arter kan bekæmpes tilfredsstillende med en dosering af glufosinat-ammonium på omkring 100-

150 g v.s./ha, er det værd at erindre, at planter udvikler sig en hel del anderledes under naturlige forhold, det vil sige i marken. De her angivne talstørrelser for tilstrækkelige doseringer af glufosinat-ammonium er derfor sandsynligvis ikke direkte anvendelige til ukrudtsbekæmpelse; selv den indbyrdes rangering arterne imellem kan næppe ukritisk overføres til markforhold.

Tabel 2. Væksthusforsøget: Estimerede ED_{90}-værdier for glufosinat-ammonium samt, i parentes, de tilhørende 95% konfidensintervaller; rangering af arterne efter følsomheden over for glufosinat-ammonium ved ED_{90}; følsomheden er sat relativt til ED_{90}-værdien for Hyrdetaske. Sprøjteteknik: Hardi 4110-14 fladsprededyse; 4 bar; 198 L/ha; spredeklæbemiddel er ikke anvendt. Greenhouse experiment: Estimated ED_{90}-values for glufosinate ammonium and in brackets the 95% confidence interval; ranking of the weed species according to the sensitivity to glufosinate ammonium at the ED_{90}; the sensitivity is relative to the ED_{90}-value of *Capsella bursa-pastoris*. Application technique: Hardi 4110-14 nozzle; 4 bar; 198 L/ha; no surfactant is used.

Art Plant species	ED_{90} ED_{90}	**(95% konfidensinterval)** (95% confidence interval)	**Relativ rangering** Relative ranking
Hyrdetaske	12.8	(6.3-19.1)	1.0
Vinterraps	28.1	(23.5-32.7)	2.2
Lugtløs Kamille	43.7	(35.9-51.6)	3.4
Ager-Kål	47.0	(32.5-61.4)	3.7
Ager-Sennep	67.6	(50.7-84.4)	5.3
Kvik (frøplanter)	78.0	(17.1-139)	6.1
Enårig Rapgræs	80.8	(65.4-96.3)	6.3
Burre-Snerre	117	(103-131)	9.1
Vinterbyg	311	(243-378)	24.3
Kvik (udløberplanter)	356	(-477-1189)	27.8
Vinterbyg (kimplanter)	1899*	(450-3347)	148.4

* = værdien er bestemt ved ekstrapolation, idet stærkeste dosering af glufosinat-ammonium var ca. 422 g v.s./ha.

Til de mindst følsomme arter hører Kvik og Vinterbyg. Kvikkens udløberplanter samt Vinterbyg har ED_{90}-værdier, der er ca. 25-30 gange større end for Hyrdetaske, jvf. tabel 2. Det skal bemærkes, at ED_{90}-værdien for kvik-udløberplanterne er estimeret meget usikkert (stor standardafvigelse). Kvik-udløberplanterne besidder i kraft af rhizomer evne til genvækst, hvis de grønne plantedele beskadiges. Et senere opgørelsestidspunkt vil muligvis have ført til observation af ny skudvækst. Under naturlige omstændigheder, det vil sige i uforstyrret markjord, hvor rhizomerne antager betydelig større længde end de i potterne plantede rhizomer, er det relevant at spørge, om nedvisning af kvikplanter med glufosinat-ammonium ikke vil resultere i fornyet

skudsætning? Glufosinat-ammonium er helt overvejende et kontaktmiddel på grund af begrænset transport i planten (Anonym, 1999), så derfor må det forventes, at kun et systemisk virkende middel vil kunne foretage en bekæmpelse af Kvik i en enkelt behandling.

Vinterbyggens kimplanter har en ekstrapoleret *ED90*-værdi på ca. 1900 g v.s./ha, hvilket er godt 6 gange mere end ED_{90}-værdien for de noget større og ældre vinterbygplanter med 2 blade. Ved maksimum doseringen af glufosinat-ammonium på 422 g v.s./ha fik planterne gule bladspidser men fortsatte tydeligvis væksten, dog i et langsommere tempo end de øvrige planter. Under fremspiring får planten næsten hele sin næring fra frøet, og fotosyntesen skal først til at begynde. Den akropetale næringsstoftransport samt vel især den manglende fotosyntese er formodentlig hovedårsagerne til den ringe påvirkning. Det er klart, at med en *ED90*-værdi på ca. 1900 g v.s./ha skal bekæmpelse af (Vinter-)bygplanter i en rapsmark ikke iværksættes for tidligt. Derimod bør man vente, til bygplanterne har nået en vis størrelse, det vil sige 2-3 blade, hvor de antageligt kan bekæmpes med 400-500 g v.s./ha. Som allerede nævnt skal de fundne størrelser for arternes *ED90*-værdier ikke opfattes som gældende i praksis, da der i forhold til væksthuset hersker andre forhold i marken.

Semifield-forsøget

I tabellerne 3 og 4 er resultaterne fra semifield-forsøget vist. For arterne Hyrdetaske og Enårig Rapsgræs blev der desværre ikke indsamlet nogen data. Grunden til dette var planternes uforudsete ringe tilvækst fra sprøjtetidspunkt til høsttidspunkt; planterne var simpelthen for små, til at de kunne høstes. Begge arter var sået i sphagnum, hvilket er et relativt løst (og vådt) voksemedium. Det er velkendt, at især Enårig Rapgræs trives, hvor jorden er meget fast og hård, eksempelvis i kørespor i marker. Var der i stedet anvendt regulær markjord i potterne til de to arter, havde væksten muligvis været bedre. Visuelt bedømt havde glufosinat-ammonium kun haft ringe effekt på Hyrdetaske og Enårig Rapgræs. Der kan givetvis være flere årsager hertil, men for Enårig Rapgræs har det antageligt spillet en afgørende rolle, at planterne var meget små og bladene særdeles tynde. Der er således på de nåle-tynde blade ikke blevet afsat ret megen sprøjtevæske trods tilsætningen af sprede-klæbemidlet. Den svage gulfarvning af planterne ved den stærkeste dosering giver anledning til at tro, at de kunne have været bekæmpet med en (lidt) kraftigere dosering, det vil sige mere end 425 g v.s./ha. Også Hyrdetaske blev lettere gulfarvet ved den stærkeste dosering af glufosinat-ammonium (425 g v.s./ha), så det må på linie med Enårig Rapgræs antages, at arten kan bekæmpes med en lidt højere dosering. I væksthusforsøget viste Hyrdetaske sig at være den mest følsomme art med en *ED90*-værdi på kun ca. 13 g v.s./ha. Hyrdetaske-planterne var små, da de blev sprøjtet (i semifield-forsøget), men havde dog relativt store bladplader, der tydeligvis opfangede sprøjtevæsken. Kraftig voksbelægning som følge af det udendørs klima må formodes at være hovedårsagen til den ringe følsomhed over for glufosinat-ammonium.

ED90-værdierne i tabel 3 viser, at der generelt er sket en tilfredsstillende bekæmpelse af arterne med de anvendte doseringer af glufosinat-ammonium. Undtaget er dog Kvik og Ager-Kål til såtid 1. *Lack-of-fit* test af dosis-responsmodellen viste, at den i de fleste tilfælde beskriver data

tilfredsstillende; for Vårraps 1, Kvik (udløberpl.) 1 og Vårbyg 2 var *lack-of-fit* testen dog signifikant på 5% niveauet. Af tabel 3 ses det, at Lugtløs Kamille fra begge såtider var den mest følsomme art, samt at Kvik (udløberpl.), ligeledes til begge såtider, var den mindst følsomme art. Kvikkens udløberplanter er ikke overraskende de mindst følsomme af de afprøvede planter. Kvik-udløberplanterne fra såtid 1 er 37 gange mindre følsom end mest følsomme art, og for planterne fra såtid 2 er forskellen hele 110 gange! De tokimbladede arter er ved begge udviklingstrin (såtid 1 og såtid 2) generelt de mest følsomme. Eneste afvigelse herfra er nok Burre-Snerre, som vil have en ringere følsomhed end frøplanter af visse græsukrudtsarter.

Tabel 3. Semifield-forsøget: Estimerede ED_{90}-værdier for glufosinat-ammonium samt, i parentes, de tilhørende 95% konfidensintervaller; rangering af arterne efter følsomheden over for glufosinat-ammonium ved ED_{90}; følsomheden er sat relativt til ED_{90}-værdien for Lugtløs Kamille 2. 1=såtid 1; 2=såtid 2. Sprøjteteknik: Hardi 4110-14 fladsprededyse; 4 bar; 199 L/ha; Isoblette tilsat i koncentrationen 1%. Semifield experiment: Estimated ED_{90}-values for glufosinate ammonium and in brackets the 95% confidence interval; ranking of the weed species according to the sensitivity to glufosinate ammonium at the ED_{90}; the sensitivity is relative to the ED_{90}-value of *Tripleurospermum inodorum* 2. 1=sowing time 1; 2=sowing time 2. Application technique: Hardi 4110-14 nozzle; 4 bar; 199 L/ha; Isoblette added in the concentration of 1%.

Art Plant species	**ED_{90}** ED_{90}	**(95% konfidensinterval)** (95% confidence interval)	**Relativ rangering** Relative ranking
Lugtløs Kamille 2	35.6	(24.7-46.6)	1.0
Lugtløs Kamille 1	52.5	(45.3-59.7)	1.5
Vårraps 2	101	(-23.3-226)	2.8
Ager-Sennep 1	105	(61.4-148)	2.9
Ager-Kål 2	152	(38.7-265)	4.3
Gul Sennep 2	174	(-118-466)	4.9
Burre-Snerre 2	264	(202-325)	7.4
Vårraps 1	347	(168-527)	9.7
Gul Sennep 1	434[a]	(-729-1629)	12.2
Ager-Sennep 2	649[a]	(-1949-3246)	18.2
Kvik (frøplanter) 1	751[a]	(427-1074)	21.1
Burre-Snerre 1	867[b]	(647-1087)	23.4
Vårbyg 2	1129	(737-1522)	31.7
Vårbyg 1	1433	(760-2108)	40.3
Ager-Kål 1	1906[a]	(-135-3947)	53.5
Kvik (udløberpl.) 1	1927[c]	(1073-2780)	54.1
Kvik (udløberpl.) 2	3933[c]	(127-7740)	110.5

[a], [b] og [c]: værdierne er bestemt ved ekstrapolation, idet stærkeste doseringer af glufosinat ammonium var: [a] = 425 g v.s./ha; [b] = 847 g v.s./ha; [c] = 1691 g v.s./ha.

Tabel 4 anskueliggør, hvor stor forskel der er på ED_{90}-værdierne for planterne fra de to såtider. Agersennep og Kvik (udløberpl.) var mest følsom over for glufosinat-ammonium på det ældste udviklingstrin (såtid 1). De øvrige arter, nemlig Vårbyg, Lugtløs Kamille, Gul Sennep, Burre-Snerre, Vårraps samt Ager-Kål, var til gengæld - og ikke uventet - mest følsomme på det yngste (såtid 2) af de to udviklingstrin. Som de fremgår af tabel 4, er forholdet mellem ED_{90}-værdierne for de to såtider langt fra ens for arterne. Den ekstreme forskel i følsomhed for Ager-Kål de to såtider imellem må overvejende tilskrives svidningen med pyrethroidet fenvalerat (Ager-Sennep, Gul Sennep, Ager-Kål, Vårraps samt Vårbyg (alle fra såtid 1) blev på sent kimbladstadium behandlet med fenvalerat; behandlingen medførte nogen svidning af planterne). Bortset fra Ager-Sennep og Kvik tegner der sig et billede af, at planterne fra såtid 1 generelt var de mindst følsomme. Disse planter var for samtlige arter, uden undtagelse, de mest udviklede; dog var biomassen pr. potte for de tokimbladede arter væsentlig større i potterne fra såtid 2. For Byg og Kvik var der ingen nævneværdig forskel i biomassen i potterne såtiderne imellem.

Tabel 4. Semifield-forsøget: Tabellen viser for hver art forholdet mellem ED_{90}-værdierne for glufosinat-ammonium for de to såtider (såtid 1 og såtid 2). Semifield experiment: The table shows for each plant species the proportion between the ED_{90}-values for glufosinate ammonium at the two sowing times (sowing time 1 and sowing 2).

Art Plant species	**Såtider** Sowing times	**Forhold mellem ED_{90}-værdier** Proportions between ED_{90}-values
Ager-Sennep	(såtid 1 / såtid 2)	0.2
Kvik (udløberpl.)	(såtid 1 / såtid 2)	0.5
Vårbyg	(såtid 1 / såtid 2)	1.3
Lugtløs Kamille	(såtid 1 / såtid 2)	1.5
Gul Sennep	(såtid 1 / såtid 2)	2.5
Burre-Snerre	(såtid 1 / såtid 2)	3.3
Vårraps	(såtid 1 / såtid 2)	3.4
Ager-Kål	(såtid 1 / såtid 2)	12.5

Da planterne af de korsblomstrede arter fra såtid 1 var svedne på grund af behandlingen med fenvalerat, havde de antagelig en nedsat følsomhed over for glufosinat-ammonium. De estimerede værdier for ED_{90} er sandsynligvis derfor for store. Under forhold, hvor planterne er i god vækst, kan de frem til stadiet med 6 løvblade efter al sandsynlighed bekæmpes tilfredsstillende med en dosering på 400-500 g v.s./ha. Burre-Snerre bør sprøjtes på kimbladstadiet, da følsomheden efter kransdannelsen nedsættes betragteligt.

Kvikkens udløberplanter skal ligesom bygplanterne have en vis størrelse, det vil sige 2-4 blade, hvis man skal gøre sig håb om at bekæmpe dem. På det yngste udviklingstrin (såtid 2) er

kvik-udløberplanterne vel nærmest at betegne som tolerante over for glufosinat-ammonium. En ED_{90}-værdi på ca. 4000 g v.s./ha svarer til 20 L Basta, hvilket langt overstiger den anbefalede dosering (7.5 L/ha) til ukrudtsbekæmpelse på udyrkede arealer (Anonym, 1999).

Forsøgsresultater fra faglitteraturer

Undersøgelser af ukrudtsarternes følsomhed over for glufosinat-ammonium under markforhold og i konkurrence med en afgrøde om vækstbetingelserne vil ganske givet have affødt andre størrelser på ED_{90}-værdierne. Det er klart, at en konkurrencestærk afgrøde vil "bidrage" væsentligt til ukrudtsbekæmpelsen, hvorfor doseringen af herbicidet antageligt kan reduceres, uden at resultatet af ukrudtsbekæmpelsen forringes. Der er gennemført en del markforsøg med glufosinat-ammonium, og resultaterne fra nogle af disse er nedenfor sammenlignet med undertegnedes.

Cremer *et al.* (1996) fandt, at der under markforhold i glufosinat-tolerante afgrøder kan opnås 90% bekæmpelseseffekt på Ager-Sennep med 300 g v.s./ha. Jørgensen & Jensen (1999) fandt, at blot 150 g v.s./ha gav en bekæmpelse på 90% af Ager-Sennep i en glufosinat-tolerant vårrapsmark. For Ager-Sennep fandt Kudsk *et al.* (1996) i et udendørs potteforsøg, at ED_{90}-værdien, afhængigt af sprøjteteknikken, varierede fra 268-314 g v.s./ha for planter med 3 til 4 løvblade, og fra 543-671 g v.s./ha for planter med 5-6 løvblade; variationen på grund af sprøjteteknik var dog ikke signifikant. De angivne tal ligger på niveau med, hvad der blev fundet i semifield-forsøget, men her var planterne på det ældste vækstrin (4-6 løvblade) væsentligt mere følsomme end planterne med kun 2-3 løvblade.

Cremer *et al.* (1996) skriver, at Raps ved en dosering på 450 g v.s./ha kan bekæmpes med en effekt på 80-89%. I semifield-forsøget blev det konstateret, at Raps lod sig bekæmpe med en dosering på mellem ca. 100 og 350 g v.s./ha.

For Hyrdetaske angiver Cremer *et al.* (1996), at 300 g v.s./ha medfører 90% bekæmpelse, hvorimod Jørgensen & Jensen (1999) og Harms *et al.* (1998) (i marker med glufosinat-tolerant vinterraps) fandt, at der skal 600 g v.s./ha til for at give ca. 95% bekæmpelse. Disse tal forekommer ikke urimelige sammenlignet med semifield-forsøget, hvor Hyrdetaske på det nærmeste var ufølsom over for en dosering på 425 g v.s./ha.

Lugtløs Kamille kan under markforhold bekæmpes (95%) med 150 g v.s./ha (Jørgensen & Jensen, 1999). Kudsk *et al.* (1996) fandt en ED_{90}-værdi på ca. 98 g v.s./ha for planter med 4 løvblade. Disse resultater stemmer meget godt overens med, hvad der blev fundet i semifield-forsøget, nemlig at Lugtløs Kamille er meget følsom over for glufosinat-ammonium. For den nære slægtning Vellugtende Kamille (*Matricaria chamomilla* L.) oplyser Harms *et al.* (1998), at der skal 600 g v.s./ha til for at opnå 90% bekæmpelse.

Kudsk *et al.* (1996) fandt, at Burre-Snerre kunne bekæmpes (90%) med ca. 280 g v.s./ha. Jørgensen & Jensen (1999) og Harms *et al.* (1998) skriver, at en dosering på 600 g v.s./ha under markforhold blot giver en bekæmpelseseffekt på 70-76%. I semifield-forsøget viste Burre-Snerre sig at kunne bekæmpes med knap 250 g v.s./ha på kimbladstadiet, mens ældre planter med 2 bladkranse krævede over 800 g v.s./ha.

Rahbek (1988) fandt ved sprøjtning af Enårig Rapgræs i en æbleplantage, at 1.5 kg v.s./ha gav en bekæmpelseseffekt på 90%. Cremer *et al.* (1996) oplyser, at Enårig Rapgræs under markforhold er blevet bekæmpet (90%) med 300 g v.s./ha. Enårig Rapgræs var i semifield-forsøget nærmest upåvirket af en dosering på 425 g v.s./ha, så Rahbeks (1988) resultat forekommer ikke urimeligt.

Harms *et al.* (1998) fandt, at Vinterbyg med 2-4 blade under markforhold kunne bekæmpes (93%) med 600 g v.s./ha. Dette tal er væsentlig lavere, end hvad der blev fundet i semifield-forsøget, hvor der til vårbygplanterne skulle anvendes ca. 1100-1400 g v.s./ha for at give en bekæmpelseseffekt på 90%.

For Kvik (frøplanter?) opgiver Cremer *et al.* (1996), at der kan opnås en bekæmpelseseffekt på 80-89% med 450 g v.s./ha. Resultaterne fra semifield-forsøget er knapt så opmuntrende. Her blev det estimeret, at kvik-frøplanter kan bekæmpes med ca. 750 g v.s./ha, hvorimod kvik-udløberplanter antageligt kan bekæmpes med 2000-4000 g v.s./ha, afhængigt af planternes udviklingstrin.

Foruden de glufosinat-tolerante rapssorter findes der også sorter, som er tolerante over for glyphosat. Disse sorter vil på grund af glyphosats systemiske virkning antageligt være langt at foretrække, hvis der i marken er generende forekomster af Kvik eller andet livskraftigt rodukrudt, eksempelvis tidsler.

Sammendrag

Udfasningen af problematiske herbicider i forbindelse med Pesticidhandlingsplan 1 har betydet, at der er ukrudtsarter, som ikke længere kan bekæmpes kemisk i rapsmarker; ukrudtsproblemerne kan være så store, at rapsdyrkning ikke er mulig. En løsning på problemerne er dyrkning af rapssorter, der er gjort tolerante over for totalherbicidet glufosinat-ammonium. Disse sorter er det af forskellige grunde endnu ikke tilladt danske landmænd at dyrke kommercielt. Trods umiddelbar ringe udsigt til at dyrkningstilladelse gives, er det alligevel relevant at kende glufosinat-ammoniums effekt på en række problem-ukrudtsarter.

Der er med baggrund i et ønske om at finde en udvej på de problemer, der i dag er forbundet med gennemførelsen af en effektiv kemisk ukrudtsbekæmpelse i rapsmarker, gennemført to forsøg med glufosinat-ammonium. Forsøgene viste, at de tokimbladede arter er væsentligt mere følsomme end græsserne over for glufosinat-ammonium, og at de antageligt kan bekæmpes tilfredsstillende med en dosering på 400-600 g v.s./ha; glufosinat-ammonium var derimod ikke velegnet til at bekæmpe spildbygplanter samt kvik-udløberplanter.

Erkendtlighed

Lektor Jens Erik Jensen, KVL, takkes for gode råd og kommentarer.

Litteratur

Anonym 1999. Vejledning i Planteværn. Danmarks JordbrugsForskning, Landskontoret for Planteavl 1999. Landbrugets Rådgivningscenter, Landskontoret for Uddannelse. 256 pp.

Cremer J., Beestermöller H. & Schmutzler K. 1996. Zum derzeitigen Stand der Feldversuche mit Glufosinat-ammonium in glufosinat-verträglichen Kulturen. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderheft XV: 173-179.

Harms H., Stelling D. & Beestermöller H. 1998. Unkrautbekämpfung in herbizidtoleranten Kulturpflanzen - Aktueller Stand des Projektes Liberty Link in Deutschland. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderheft XVI: 373-378.

Jørgensen L.N. & Jensen P.E. 1999. Pesticidafprøvning 1998, Landbrugsafgrøder. Danmarks JordbrugsForskning, rapport nr. 8. Markbrug. 153 pp.

Kudsk P., Mathiassen S.K. & Kirknel E. 1996. Kemisk bekæmpelse af agersennep i raps uden brug af cyanazin. 13. Danske Planteværnskonference, Pesticider og miljø/Ukrudt. Statens Planteavlsforsøg, rapport nr. 3: 147-155.

Rahbek O. 1988. Basta® - et nyt ikke selektivt kontaktherbicid. Danske planteværnskonference. Pesticider og miljø/ukrudt, 5: 204-212. Statens planteavlsforsøg.

Streibig J.C., Rudemo M. & Jensen J.E. 1993. Dose-response curves and statistical models. I: Streibig J. C. & Kudsk P., (Eds.). Herbicide Bioassay. CRC Press, Inc. Boca Raton, FL. USA, pp. 29-55.

Sprøjtetidspunktets betydning for effekt på ukrudt ved efterårsbekæmpelse i vintersæd

Spraying time in relation to effect on weed in winter cereals when spraying in autumn

Hans Kristensen & Poul Henning Petersen
Landbrugets Rådgivningscenter
Landskontoret for Planteavl
Udkærsvej 15
DK-8200 Århus N

Summary

Control of weed in winter cereals - treatment pre-emergence, GS 10-11 and GS 12-13 - shows the best effects when sprayed in GS 10-11. When the crop is in GS 10-11, weed often has 0-2 leaves. The effects are relatively constant over a longer period from pre-emergence until GS 12-13. Data from Database of Field Trials show the tendency, that weed control is most efficient when treatment is conducted 2-4 weeks after drilling.

These results are the background for the general advice to spray winter cereals in GS 10-11.

Indledning

Vejrliget tillader ikke altid optimal gennemførelse af efterårssprøjtning mod ukrudt i vintersæd. Kendskab til midlernes effekt i hele sprøjteperioden har derfor stor betydning for praksis. Effekten af en given efterårsbehandling bestemmes af en række faktorer som ukrudtsart, ukrudtets størrelse, jordfugtighed samt klimaforhold før, under og efter sprøjtningen. I PC-Planteværn korrigeres dosis bl.a. efter ukrudtets størrelse (Rydahl, 1998).

I de landøkonomiske foreninger er der gennemført forsøg med efterårsbehandling efter forsøgsplaner designet til at belyse sprøjtetidspunktets betydning (Pedersen, 1997). Database for Markforsøg på Landskontoret for Planteavl indeholder et stort antal forsøg med afprøvning af midler eller middelblandinger ved behandling om efteråret i stadium 10-11 eller 11-12. Primært på grund af klimaforhold er behandlingerne gennemført med et relativt langt tidsinterval, hvilket giver mulighed for at få et indtryk af behandlingernes effekt i forhold til sprøjtetidspunkt.

Metodebeskrivelse

I 1995-97 er der gennemført to forsøgsserier i vinterhvede med det formål at belyse sprøjtetidspunktets betydning for ukrudtseffekt og udbytte. Forsøgsbehandlingerne er i begge serier tilstræbt gennemført henholdsvis lige efter såning, i afgrødens stadium 10-11 og stadium 12-13. Ukrudtets udvikling vurderes i gennemsnit at svare til henholdsvis begyndende spiring, 0-2

løvblade og 2-4 løvblade. Forsøgene er udført som systematiske rækkeforsøg.

Der er udtrukket resultater af forsøg i vintersæd fra Database for Markforsøg behandlet med forskellige midler eller middelblandinger om efteråret. For 3 af disse behandlinger er der gennemført så mange forsøg, at det har været muligt at inddele forsøgene i 4 grupper efter antal dage mellem såning og behandling. Registreringer af antal ukrudtsplanter efterår og forår og procent dækning af ukrudt ved høst er anvendt til at beregne effekt af behandlingerne og vurdere sluteffekten. Sluteffekten er beregnet som procent mindre ukrudtsdækning i behandlet i forhold til ubehandlet forsøgsled. Behandling med 2,0 l Stomp + 1,0 l IPU pr. ha er afprøvet i så mange forsøg, at det har været muligt at vurdere effekten mod 4 ukrudtsarter i forhold til sprøjtetidspunkt. Der er ikke gennemført statistisk behandling af materialet.

Resultat

Sprøjtetidsforsøg

Resultaterne af 30 forsøg med behandlingen 2,0 l Stomp SC + 1,0 l Tolkan pr. ha er vist i tabel 1. Der har i gennemsnit været 17 dage mellem 1. og 2. behandlingstidspunkt og samme antal dage mellem 2. og 3. behandlingstidspunkt. Effekten mod tokimbladet ukrudt og græsukrudt har både ved optælling efterår og forår været bedst ved behandling i stadium 10-11. Effekten af den sene behandling i stadium 12-13 er ved efterårsoptællingen endnu ikke slået igennem mod græsukrudt.

Tabel 1. Behandling med 2,0 l Stomp (Pendimethalin) + 1,0 l Tolkan (IPU) pr. ha på 3 forskellige sprøjtetidspunkter. Treatment with 2.0 l Stomp (Pendimethalin) + 1.0 Tolkan (IPU) pre-emergence, at GS 10-11 and GS 12-13.

Sprøjtetidspunkt	**Antal ukrudt pr. m^2** Number of weeds per m^2				**Procent dækning** Percent cover		**Udb. og merudb.** Yield and increased yield
	Efterår Autumn		**Forår** Spring		**Ved høst** Harvest		
	Græs Grass	**Tokimbl.** Dicot.	**Græs** Grass	**Tokimbl.** Dicot.	**Græs** Grass	**Tokimbl.** Dicot.	**Hkg pr. ha** Hkg per ha
1995-97. 30 forsøg 30 trials	*27 fs*	*27 fs*			*24 fs*	*28 fs*	
1. Ubehandlet Untreated	75	155	103	132	13	20	**64,8**
2. Lige efter såning Pre-emergence	4	77	8	44	2	6	7,3
3. St. 10-11 GS 10-11	2	39	2	20	0,3	5	9,4
4. St. 12-13 GS 12-13	24	68	9	30	1	5	9,2
LSD 1-4 LSD 2-4							2,7 1,7

Ved forårsoptællingen har effekten af behandlingen lige efter såning og behandlingen i stadium 12-13 haft næsten samme effekt mod græsukrudt, mens effekten mod tokimbladet ukrudt er bedst i stadium 12-13. Ved høst er der opnået en meget pæn renhed af alle behandlinger, og der er kun en meget beskeden forskel behandlingerne imellem. Der er målt et sikkert større merudbytte for behandlingerne i stadium 10-11 og 12-13 i forhold til behandling lige efter såning.

Tabel 2 viser resultaterne af 23 forsøg i vinterhvede behandlet med henholdsvis 3,0 l Boxer + 0,1 l Flexidor pr. ha og 1,0 l Kugar pr. ha på 3 sprøjtetidspunkter. Der har i gennemsnit været 16 dage mellem 1. og 2. behandlingstidspunkt og 17 dage mellem 2. og 3. behandlingstidspunkt.

Tabel 2. Behandling med henholdsvis 3,0 l Boxer (Prosulfocarb) + 0,1 l Flexidor (Isoxaben) og 1,0 l Kugar (Diflufenican + IPU) pr. ha på 3 forskellige sprøjtetidspunkter. Treatment with 3.0 l Boxer (Prosulfocarb) + 0.1 l Flexidor (Isoxaben) and 1.0 l Kugar (Diflufenican + IPU) per emergence, at GS 10-11 and GS 12-13.

Sprøjtetidspunkt	**Antal ukrudt pr. m^2** Number of weeds per m^2				**Procent dækning** Percent cover		**Udb. og merudb.** Yield and increased yield
	Efterår Autumn		**Forår** Spring		**Ved høst** Harvest		
	Græs Grass	**Tokimbl.** Dicot.	**Græs** Grass	**Tokimbl.** Dicot.	**Græs** Grass	**Tokimbl.** Dicot.	**Hkg pr. ha** Hkg per ha
1995-97. 23 forsøg 23 trials *3,0 l Boxer + 0,1 l Flexidor*	*21 fs*	*21 fs*			*18 fs*		
1. Ubehandlet Untreated	89	167	128	141	16	22	**59,5**
2. Lige efter såning Pre-emergence	2	31	6	28	2	5	9,4
3. St. 10-11 GS 10-11	4	9	2	16	1	5	10,7
4. St. 12-13 GS 12-13	43	64	4	29	1	5	11
LSD 1-4 LSD 3-4							*3,3* *ns*
1,0 l Kugar **5. Lige efter såning** Pre-emergence	4	14	9	20	3	5	9,6
6. St. 10-11 GS 10-11	2	9	1	14	1	4	11,4
7. St. 12-13 GS 12-13	33	73	49	17	6	5	9,9
LSD 1, 5-7 LSD 5-7							*3,2* *ns*

Den bedste effekt på antallet af græsukrudt og tokimbladet ukrudt er for både Boxer + Flexidor og Kugar opnået ved behandling i stadium 10-11. Kugar har ved den sene efterårsbehandling en lidt ringere effekt mod græsukrudt, som primært har været enårig rapgræs - men også i enkelte vindaksforsøg. Ved høst er der en tendens til, at Boxer + Flexidor har haft bedst effekt mod græsukrudt ved behandlingerne i stadium 10-11 og 12-13, mens Kugar har haft bedst effekt i stadium 10-11.

Udtræk fra Database for Markforsøg

Udtræksresultaterne fra Database for Markforsøg er vist i tabel 3 og 4.

2,0 l Stomp SC + 1,0 l IPU

I 138 forsøg er tokimbladet ukrudt registreret og forsøgene fordeler sig med et rimeligt ensartet antal i de 4 tidsintervaller. Der er en klar tendens til, at den bedste effekt er opnået, hvor der er behandlet indtil 28 dage efter såning - de to tidligste tidsintervaller. Dette vil svare til stadium 10-12. Græsukrudt er registreret i 94 forsøg, og dette er også bekæmpet mest effektivt indtil 28 dage efter såning. Samme mønster tegner sig for effekten bedømt som ukrudtsdækning, om end dette ikke er helt så entydigt.

1,0 l Stomp SC + 0,5 l IPU

Der er 55 forsøg med forsøgsbehandlingen 1,0 l Stomp SC + 0,5 l IPU pr. ha, hvilket er betydeligt færre end behandlingen med samme middelblanding i hel dosis. Der er en tendens til, at den bedste effekt mod både tokimbladet ukrudt og græsukrudt er opnået 15-21 dage efter såning. For de senere udførte behandlinger tegner der sig ikke nogen entydig sammenhæng mellem effekt og sprøjtetidspunkt.

0,5 l Oxitril/Briotril

Effekten af Oxitril/Briotril er helt entydigt bedst 22-35 dage efter såning, når det gælder effekten på antallet af tokimbladet ukrudt. Men samme tendens er gældende for vurderingen af procent dækning ved høst.

Tabel 3. Effekt af Stomp SC (Pendimethalin) + IPU og Oxitril/Briotril (Bromoxynil + ioxynil) mod tokimbladet ukrudt og græsukrudt i vintersæd ved forskellig tidsafstand mellem såning og sprøjtning. Effect on weeds by Stomp SC (Pendimethalin) + IPU and Oxitril/Briotril (Bromoxynil+Ioxynil) in winter cereals when different distance between drilling and spraying.

Forsøgsbehandling/ Registrering Treatment/Registration	**Antal dage fra såning til forsøgsbehandling** Days between drilling and treatment								**Gns. alle forsøg** Average all trials	
	15-21 dage 15-21 days		**22-28 dage** 22-28 days		**29-35 dage** 29-35 days		**> 35 dage** > 35 days			
	Effekt Effect	**Antal forsøg** Number of trials	**Effekt** Effect	**Antal forsøg** Number of trials	**Effekt** Effect	Antal forsøg Number of trials	**Effekt** Effect	**Antal forsøg** Number of trials	**Effekt** Effect	**Antal forsøg** Number of trials
2,0 l Stomp SC + 1,0 l IPU										
Tokimbladet ukrudt Dicot.	86.2	*45*	82.2	*27*	63.2	*27*	72.4	*33*	78.3	*138*
Græsukrudt Grass	94.8	*32*	91.5	*19*	81.8	*18*	83.4	*22*	87.7	*94*
Dækning ved høst tokimbl. 1) Cover dicot. at harvest 1)	69.5	*36*	82.0	*28*	66.7	*25*	58.0	*27*	67.7	*120*
Dækning ved høst græsukr. 1) Cover grass at harvest 1)	91.5	*19*	69.0	*12*	72.0	*12*	76.7	*12*	80.8	*57*
1,0 l Stomp SC + 0,5 l IPU										
Tokimbladet ukrudt Dicot.	79.5	*22*	75.4	*11*	74.5	*7*	81.1	*12*	77.0	*55*
Græsukrudt Grass	88.8	*14*	68.1	*7*	71.8	*5*	84.0	*9*	84.0	*38*
Dækning ved høst tokimbl. 1) Cover dicot. at harvest 1)	76.4	*19*	69.4	*12*	91.1	*7*	72.4	*9*	73.6	*49*
Dækning ved høst græsukr. 1) Cover grass at harvest 1)	84.4	*9*	72.9	*5*	-	-	83.3	*8*	75.9	*26*
0,5 l Oxitril/Briotril										
Tokimbladet ukrudt Dicot.	48.8	*21*	61.2	*30*	76.5	*7*	51.7	*8*	57.8	*69*
Dækning ved høst tokimbl. 1) Cover dicot. at harvest 1)	62.4	*20*	66.0	*23*	-	-	53.4	*8*	57.2	*57*

1) Procent mindre dækning i behandlet forsøgsled i forhold til ubehandlet.

1) Percent less cover in treated in relation to untreated.

I tabel 4 ses effekten af Stomp SC + IPU behandlingen i hel dosis på fuglegræs (*Stellaria média*), kamille (*Tripleurospérmum inodórum*), agerstedmoder (*Viola arvénsis*) og enårig rapgræs (*Poa ánnua*). For de 3 tokimbladede ukrudtsarter er den bedste effekt opnået indtil 28 dage efter såning, mens effekten mod enårig rapgræs (*Poa ánnua*) har været ensartet ved de 4 tidsintervaller.

Tabel 4. Effekt af Stomp SC (Pendimethalin) + IPU mod ukrudt i vintersæd ved forskellig tidsafstand mellem såning og sprøjtning. Effect on weeds by Stomp SC (Pendimethalin) + IPU in winter cereals when different distance between drilling and spraying.

Forsøgsbehandling/ Registrering Treatment/Registration	Antal dage fra såning til forsøgsbehandling Days between drilling and treatment								Gns. alle forsøg Average all trials	
	15-21 dage 15-21 days		22-28 dage 22-28 days		29-35 dage 29-35 days		> 35 dage > 35 days			
	Effekt Effect	Antal forsøg Number of trials	Effekt Effect	Antal forsøg Number of trials	Effekt Effect	Antal forsøg Number of trials	Effekt Effect	Antal forsøg Number of trials	Effekt Effect	Antal forsøg Number of trials
2,0 l Stomp SC + 1,0 l IPU										
Fuglegræs *Stellaria média*	90.1	*18*	91.5	*5*	83.9	*7*	86.0	*16*	87.7	*49*
Kamille *Tripleurospérmum inodórum*	80.7	*14*	-	-	45.8	*12*	72.5	*13*	70.9	*46*
Stedmoder *Viola arvénsis*	82.9	*22*	82.7	*10*	78.9	*13*	72.4	*15*	79.1	*64*
Enårig rapgræs *Poa ánnua*	89.5	*13*	85.2	*10*	80.8	*8*	89.9	*14*	87.6	*47*

Diskussion

Der er i forsøgene med 3 forskellige sprøjtetidspunkter fundet den bedste effekt mod både græsukrudt og tokimbladet ukrudt ved behandling i afgrødens stadium 10-11. Dette er i overensstemmelse med et stort antal afprøvningsforsøg ved Danmarks JordbrugsForskning 1974-1991. Sprøjtetidsforsøg med behandling efter såning og i stadium 11-12 med henholdsvis 2,5 l IPU og 4,0 l Stomp SC pr. ha viste, at enårig rapgræs med begge midler blev bekæmpet bedst i stadium 11-12, men at forskellen på effekt mellem de to behandlingstidspunkter var beskeden (Jensen og Rydahl, 1992).

Effekten og renheden ved høst er næsten på samme niveau for behandlingerne efter såning og i stadium 12-13. For praksis betyder det, at der med hensyn til tidspunkt for efterårsbehandlingerne er en stor fleksibilitet, hvilket også giver mulighed for et godt resultat i år med vanskelige færdselsforhold i markerne.

Resultater fra Database for Markforsøg viser en klar tendens til, at ukrudtseffekten af efterårsbehandling med de afprøvede midler er bedst ved sprøjtning fra 15 til 28 dage efter såning for midler eller middelblandinger med jordvirkning. Den lave effekt af Oxitril/Briotril ved sprøjtning 15-21 dage efter såning viser, at det er vigtigt, at ukrudtet er spiret frem, når dette middel anvendes.

Sammendrag

Resultaterne af forsøg med efterårsbekæmpelse af ukrudt i vintersæd på 3 forskellige sprøjtetidspunkter viser, at den bedste effekt opnås ved sprøjtning i afgrødens stadium 10-11. På

dette tidspunkt vil ukrudtet have 0-2 løvblade. Den opnåede effekt er dog ret konstant over en længere periode, således at sprøjtning lige efter såning og sprøjtning i stadium 12-13 også giver en meget tilfredsstillende ukrudtseffekt.

Udtræk af data fra et stort antal forsøg fra Database for Markforsøg viser en klar tendens til, at ukrudtseffekten af efterårsbehandling med de afprøvede midler er bedst ved sprøjtning 2-4 uger efter såning.

Forsøgsresultaterne har været baggrunden for en generel anbefaling af at behandle vintersæd i stadium 10-11, det vil sige, når køresporene kan ses i marken 2-4 uger efter såning.

Litteratur

Jensen P.E. & Rydahl P. 1992. Efterårsbekæmpelse kontra forårsbekæmpelse af græsukrudt i vintersæd. Effekttal fra afprøvningsforsøg 1974-1991. Beretning nr. S 2178. Danmarks JordbrugsForskning.

Rydahl P. 1998. PC-Planteværn. Ukrudtsbekæmpelse i landbruget, 3. udgave, 251-271. Danmarks JordbrugsForskning

Pedersen C.Å. 1997. Oversigt over Landsforsøgene. Landskontoret for Planteavl.

Blad 7401 HRC (50466) 695
Danmarks JordbrugsForskning, Flakkebjerg
Flakkebjerg Afd. for Plantebiologi
4200 Slagelse

DJF Foulum

Postboks 50, 8830 Tjele
Tlf. 89 99 19 00. Fax 89 99 19 19

Direktion
Direktionssekretariat, Økonomisekretariat

Afdeling for Animalske Fødevarer
Afdeling for Husdyravl og Genetik
Afdeling for 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 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. 76 29 60 00. Fax 76 29 61 00

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