



10. Danske Planteværnskonference

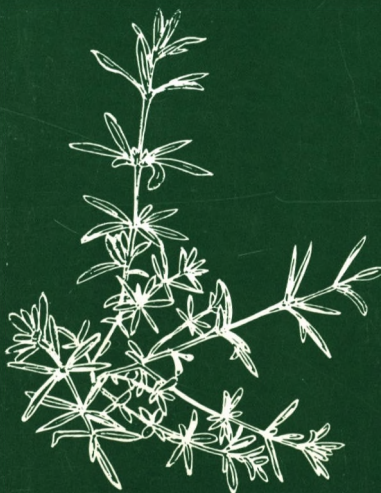
Ukrudt

Pesticider og miljø

10th Danish Plant Protection Conference

Weeds

Side Effect of Pesticides



Planteværnscentret, 1993

Tidsskrift for Planteavls Specialserie

Beretning nr. S 2236 - 1993

Pris: 150,00 kr. ekskl. moms

Kan rekvireres hos:

Planteværnscentret
Lottenborgvej 2
DK-2800 Lyngby

Tlf. 45 87 25 10



Danmarks JordbrugsForskning
Biblioteket
Forskningscenter Flakkebjerg
4200 Slagelse

10. Danske Planteværnskonference

Ukrudt

Pesticider og miljø

10th Danish Plant Protection Conference

Weeds

Side Effect of Pesticides

Planteværnscentret, 1993



Indholdsfortegnelse

Miljøsektionen

| | |
|---|----------|
| Pesticidrester i grundvand. Resultater fra grundvandsovervågningen 1989-1991 | 7 |
|---|----------|

Pesticide residues in groundwater. Results from monitoring of the groundwater quality 1989-1991

Henning Kristiansen

| | |
|--|-----------|
| Nedvaskning af efterårsanvendt ¹⁴C-mechlorprop (2-ethylhexylester i lysimeterforsøg sammenlignet med udvaskning af ¹⁴C-mechlorprop (salt) | 15 |
|--|-----------|

Leaching of autumn applied ¹⁴C-mecoprop (2-ethylhexyl ester) in lysimeter experiments compared to leaching of ¹⁴C-mecoprop (salt)

Peder Odgaard, Gitte Felding, Kirsten Heinrichson & Arne Helweg

| | |
|--|-----------|
| Nedbrydning af pesticider i jordlagene under rodzonen | 29 |
|--|-----------|

Degradation of pesticides in subsurface soils

Inge Fomsgaard & Arne Helweg

| | |
|--|-----------|
| Udvaskning af phenoxy-syrer fra landbrugsjord i omdrift | 39 |
|--|-----------|

Leaching of phenoxy herbicides from farm land

Gitte Felding

| | |
|--|-----------|
| Sprøjteførerens belastning med pesticider | 53 |
|--|-----------|

Contamination of spraying personnel with pesticides

Ivar Lund & Erik Kirknel

| | |
|--|-----------|
| Status for EF-harmoniseringen på pesticidområdet - sundhed, miljø og effektivitetsvurdering | 61 |
|--|-----------|

Status regarding the EEC-harmonization in the Pesticide Area - Health, Environmental and Efficacy Assessment

Gunver Bennekou & Lise Nistrup Jørgensen

Ukrudtssektionen

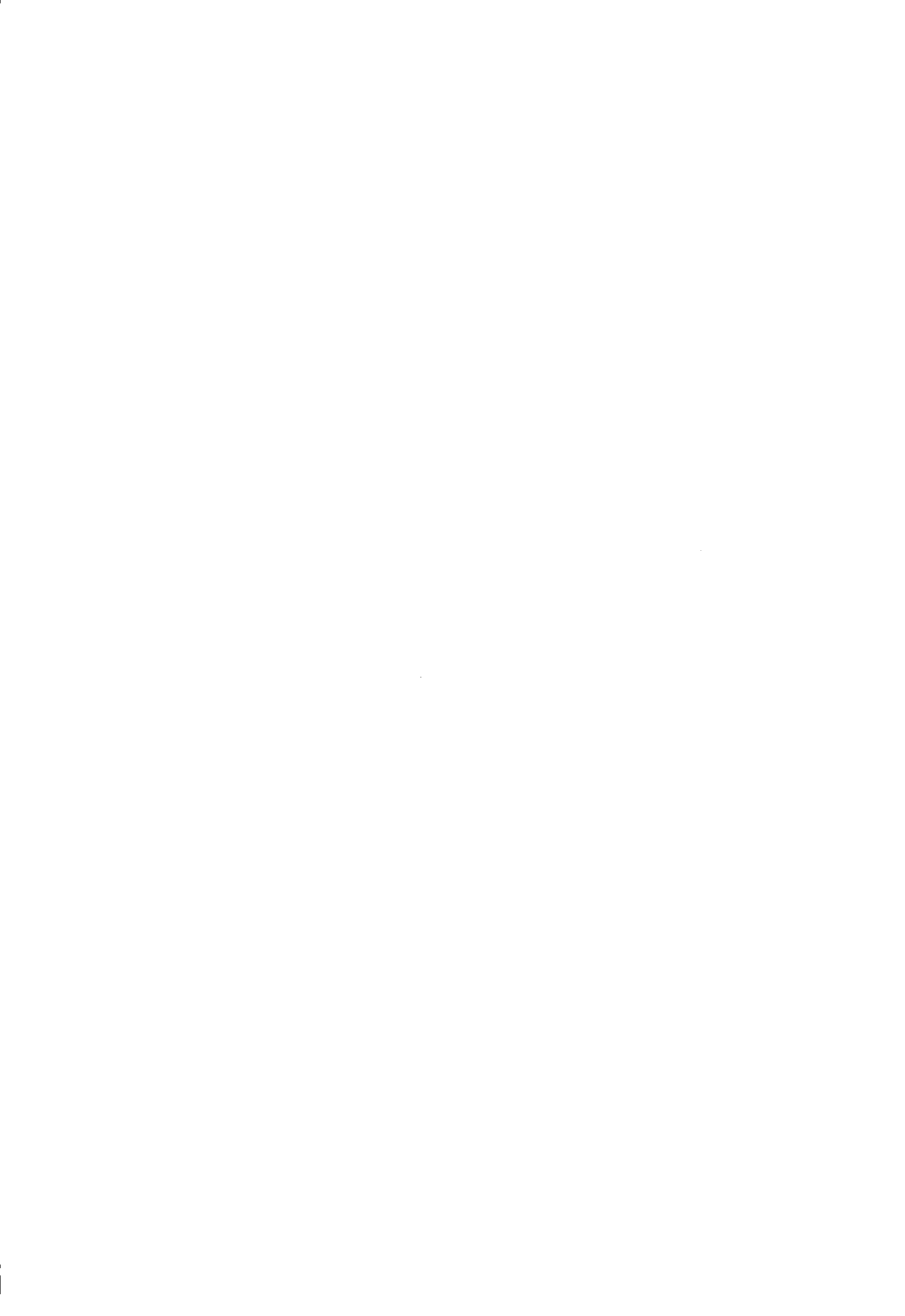
| | |
|--|-----------|
| Bliver ukrudtets frøproduktion et problem ved anvendelse af reducerede doseringer i kornafgrøder? | 71 |
|--|-----------|

Will weed seed production become a problem by use of reduced doses of herbicides in cereal crops?

Ilse A. Rasmussen

| | |
|--|------------|
| Skadetærskler for kvikbekæmpelse i forskellige sædskifter | 83 |
| <i>Thresholds for the control of couch Elymus repens (L.) Gould</i> | |
| <i>in different crop rotations</i> | |
| Bo Melander | |
| | |
| Forekomst af ukrudt i sprøjtefri randzoner i Danmark | 97 |
| <i>Occurrence of weeds in unsprayed field margins in Denmark</i> | |
| Hanne Pontoppidan | |
| | |
| Afgrødetolerance og ukrudtseffekt i relation til dysetyper i markærter | 107 |
| <i>Crop tolerance and weed control in combining peas in relation</i> | |
| <i>to nozzle types</i> | |
| Peter Kryger Jensen & Erik Kirknel | |
| | |
| Variation i afsætning af sprøjtevæske under markforhold | 117 |
| <i>Spray deposition variability in field spraying</i> | |
| Ebbe Nordbo | |
| | |
| Vandkvalitet og herbicid-effekt | 131 |
| <i>Water quality and herbicide efficacy</i> | |
| Per Kudsk & Solvejg K. Mathiassen | |
| | |
| Strategi mod ukrudt efter EF-reformen | 141 |
| <i>Strategy against weed following the CAP-reform</i> | |
| Hans Kristensen | |
| | |
| Konsekvenser af revurderingen af herbicider for dansk frøavl | 145 |
| <i>Impacts on Danish production of the herbicide reevaluation</i> | |
| Niels Vestergaard Olsen | |
| | |
| "Puma-Super" et safenerbaseret herbicid | 149 |
| <i>"Puma-Super" a safener based herbicide</i> | |
| C. E. Hørlyk | |
| | |
| Boxer - et nyt herbicid mod græsukrudt og burre-snerre i vintersæd og kartofler | 157 |
| <i>Boxer - a new herbicide against grassweeds and cleavers</i> | |
| <i>(Galium aparine) in winter crops and potatoes</i> | |
| Henning Jensen | |

| | |
|---|------------|
| Touchdown - et nyt totalherbicid til bekæmpelse af bl.a. kvik (<i>Elymus repens</i>) før høst og i stubmarker | 167 |
| <i>Touchdown - a new non-selective foliar herbicide for control of couch (<i>Elymus repens</i>) pre-harvest and in stubbles</i> | |
| Freddy Kjølberg Pedersen | |
| Gallant - bekæmpelse af enårig rapgræs (<i>Poa annua</i>) | 177 |
| <i>Gallant - control of annual meadow-grass (<i>Poa annua</i>)</i> | |
| Anders Mondrup | |
| Fusilade & Gallant - blanding med andre herbicider og additiver | 185 |
| <i>Efficacy of fluazifop-p-butyl and haloxyfop-ethoxyethyl in mixture with broadleaf herbicides and adjuvants</i> | |
| Per Kudsk & Solvejg K. Mathiassen | |
| Herbicidblandingers virkning | 193 |
| <i>Joint action of herbicide mixtures</i> | |
| Jens C. Streibig & Per Kudsk | |
| Fluorescensmåling af herbiciders virkning på planter | 203 |
| <i>Assessment of herbicide effects using chlorophyll fluorescence</i> | |
| Henrik Østergaard Nielsen, Niels Kristian Pedersen, Jens Erik Jensen, Christian Andreasen & Jens C. Streibig | |
| Faktorkorrigerede doseringer af jordherbicider | 215 |
| <i>Factor-adjusted doses of soil-applied herbicides</i> | |
| Hanne Juul Pedersen, Per Kudsk & Arne Helweg | |
| Basta - indflydelse af klima og additiver | 225 |
| <i>Glufosinate - impact of climatic conditions and adjuvants</i> | |
| Solvejg K. Mathiassen & Per Kudsk | |
| Aftenarrangement | |
| Hvad skal ISO 9000 gøre godt for? | 235 |
| <i>Is ISO 9000 any good?</i> | |



Pesticidrester i grundvand. Resultater fra grundvandsovervågningen 1989 - 1991

Pesticide residues in groundwater. Results from monitoring of the groundwater quality 1989 - 1991

Henning Kristiansen

Danmarks Geologiske Undersøgelse

Thoravej 8

2400 København NV

Summary

Out of a total of 1029 sampling screens in wells in the Danish monitoring system, groundwater samples from 528 screens were analysed for residues of pesticides during 1989 - 1991.

The analytical programme covered determination of the herbicides Dichlorprop, Mecoprop, MCPA, Dinoseb, Atrazine and Simazine in all samples, and further determination of 2,4-D in some.

In 36 screens residues of pesticides were found in the groundwater, corresponding to approximately 7% of the screens. In about half of the samples, the concentration exceeded the highest acceptable concentration in Danish drinking water e.g. 0,1 µg per litre.

Groundwater samples with residues of Dichlorprop, Mecoprop and MCPA were found typically in anaerobic aquifers covered with layers of clay. Reverseely samples with residues of Atrazine were found typically in aerobic aquifers not covered by clay.

The occurrence of Dichlorprop, Mecoprop and MCPA in groundwater under anaerobic conditions may be caused by the relatively high persistence of these compounds in the anaerobic environment. The finding of groundwater with Atrazine may be caused by a combination of a higher persistence in an aerobic environment and the typical application of Atrazine in sandy areas with coniferous forest.

Indledning

Grundvandsmoniteringssystemet i Danmark består af 67 statslige og amtskommunale overvågningsområder fordelt over hele landet, således at typiske grundvandsmagasiner i de forskellige egne er søgt repræsenteret.

Grundvandsmoniteringssystemet er nærmere beskrevet i Danmarks Geologiske Undersøgelses (DGU's) rapporter over resultaterne af overvågningerne i 1991 (Nygaard (red.), 1991) og i 1992 (Jacobsen (red.), 1992). Systemet er endvidere summarisk beskrevet i en artikel i beretningen fra 9. Danske Planteværnskonference i 1992 (Kristiansen, 1992).

Grundvandsmoniteringssystemet omfatter 641 borerer med ialt 1029 filtre.

Ved udgangen af 1991 var der i alt udtaget vandprøver til analyse for pesticider fra 528 filtre for perioden 1989 - 1991, således at lidt over halvdelen af samtlige filtre er undersøgt for pesticidrester mindst en gang.

Fra en del af de filtre, hvor der i første prøve fandtes pesticidrester, er der udtaget en ny vandprøve til genbestemmelse. Genbestemmelser er udført på udvalgte vandprøver, hvor det første resultat gav anledning til mistanke om fejl, bl. a. som følge af kontaminering i forbindelse med prøvetagning eller udførsel af borerer.

Genbestemmelse af pesticidrester i grundvandsprøver vil blive fortsat i et vist omfang i sammenhæng med programmet for undersøgelse af prøver fra de resterende filtre i grundvandsmoniteringssystemet.

Denne artikel omhandler resultaterne af pesticidanalyser udført med udgangen af 1991.

Analyseprogram for pesticider

Det systematiske analyseprogram har indtil nu omfattet følgende 7 herbicider: Dichlorprop, mechlorprop, MCPA, DNOC, dinoseb, atrazin og simazin. Desuden er der i nogle amtskommuner, bl. a. Sønderjyllands amt, analyseret for 2,4-D.

Efterhånden vil også andre pesticider og omsætningsprodukter blive inddraget i special-analyseprogrammet.

Pesticidfund og koncentrationsniveauer

I 1989 - 1991 er der i alt fundet pesticidrester i prøver fra 36 grundvandsfiltre placeret i 27 overvågningsboringer. Disse fund svarer til ca. 7% af de 528 filtre, hvorfra der i alt er undersøgt grundvandsprøver.

De 7% repræsenterer en nedgang i den relative andel af fund i forhold til perioden 1989 - 1990, idet der i den sidstnævnte periode blev fundet pesticidrester i ca. 11% af 255 prøver.

Nedgangen i hyppighed skyldes primært, at positive resultater, som ikke er genfundet ved analyse af nye prøver, er udeladt fra de 36 fund, der indgår i beregningen for perioden 1989 - 1991 (Brüsch og Salinas, 1992).

I tabel 1 er vist antallet af fund af hver af 8 herbicider, variationsintervaller for koncentrationer og den relative andel af enkeltstoffer.

Tabel 1 viser, at der i alt er fundet enkeltstoffer i 43 tilfælde. I enkelte grundvandsfiltre er der fundet mere end et af de nævnte herbicider, således at der i alt er fundet pesticidrester i 36 grundvandsfiltre. Tabellen viser også, at variationsintervallet for koncentrationerne i nogle tilfælde er meget stort, specielt for dichlorprop og atrazin. Dichlorprop og atrazin udgør over halvdelen af samtlige fund, og de fleste fund af atrazin stammer sandsynligvis fra ukrudtsbekæmpelse i skovarealer eller læbælter.

Tabel 1. Fund af herbicider i grundvandsprøver 1989 - 1991.
Herbicides found in groundwater samples 1989 - 1991.

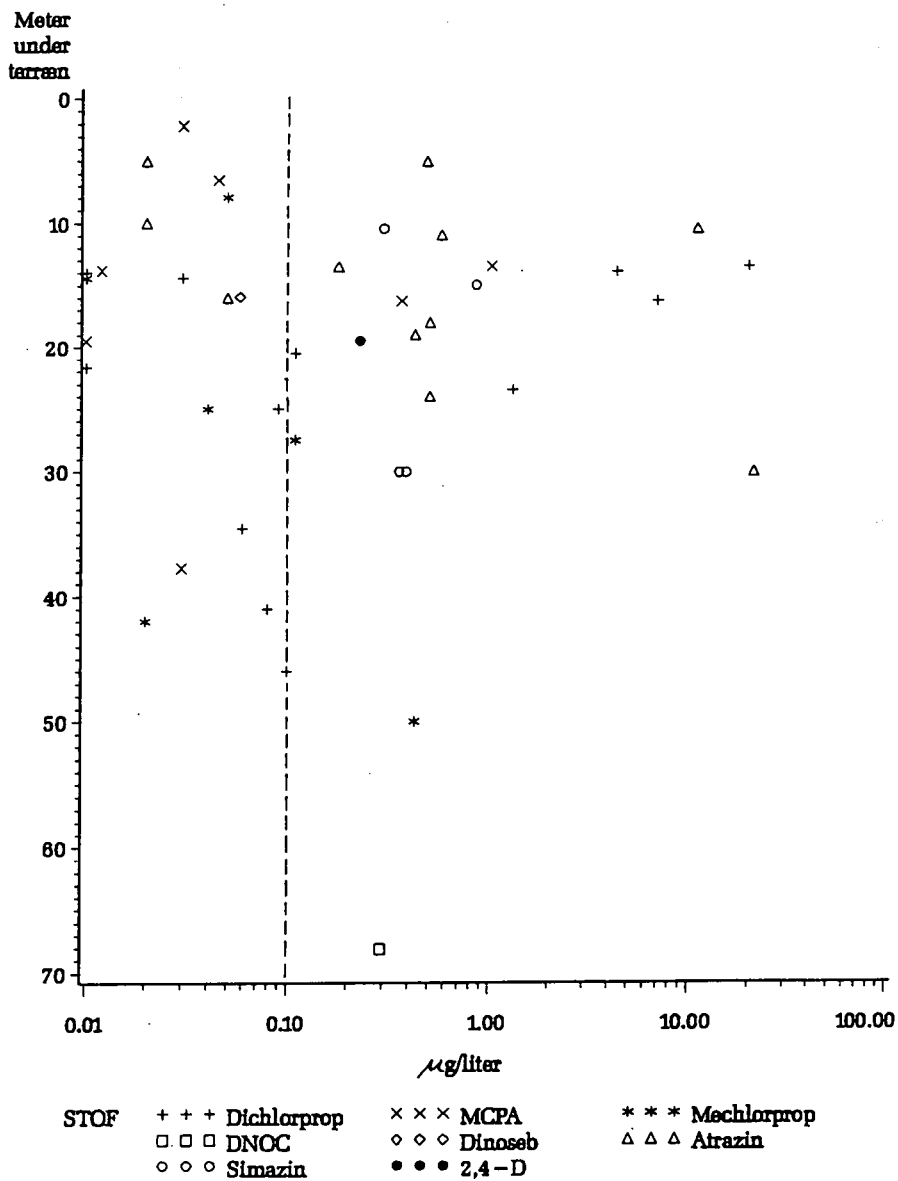
| Pesticid | Antal fund | Koncentration µg pr. l | % af fund |
|-------------|------------|---------------------------|-----------|
| Dichlorprop | 12 | 0,010 - 20,3 | 27,9 |
| Atrazin | 11 | 0,020 - 21,5 | 25,6 |
| Mechlorprop | 6 | 0,010 - 0,430 | 14,0 |
| MCPA | 7 | 0,010 - 1,040 | 16,3 |
| Simazin | 4 | 0,160 - 0,870 | 9,3 |
| Dinoseb | 1 | 0,058 | 2,3 |
| DNOC | 1 | 0,294 | 2,3 |
| 2,4-D | 1 | 0,230 | 2,3 |
| Total | 43 | | 100 |

Halvdelen af simazinfundene stammer fra ukrudtsbekæmpelse på en gårdsplads på Bornholm (Brüsch og Salinas, 1992). De øvrige fund af herbicider kan stamme fra anvendelse i landbrugsdrift.

Ved to borer på Fyn, skyldes en forurening med dichlorprop og mechlorprop sandsynligvis nedsvivning fra overfladen langs borerør (Fyns amt, 1991).

Koncentrationer i relation til dybde og grænseværdier for drikkevand

Figur 1 viser koncentrationer af de fundne herbicider i relation til filterdybden i m under terræn.



Figur 1. Koncentrationen af forskellige herbicider i relation til filterdybde (efter Brusch & Salinas, 1992)
The concentrations of different herbicides in relation to depths of screens.

Figur 1 viser, at over halvdelen af pesticidfundene stammer fra prøver udtaget i en dybde

på mindre end 20 m under terræn, men at der er en del fund i dybder fra 20 - 40 m under terræn. Et enkelt fund af DNOC stammer endda fra et filter i ca. 68 m dybde.

I 24 af de 43 fund, der er vist på figuren, overskrider koncentrationen den højst tilladte værdi af et enkelt pesticid i drikkevand på 0,1 µg pr. l (markeret med stiplet linie på figuren).

5 - 10% af fundene ligger tæt på detektionsgrænsen for bestemmelse af pesticider i vand på 0,01 - 0,02 µg pr. l.

Pesticidfund i relation til regionale, hydrogeologiske og grundvandskemiske forhold
Rester af pesticider er indtil nu fundet i 20 af 64 overvågningsområder. Den geografiske fordeling synes at være nogenlunde jævn, bortset fra at der endnu ikke er gjort fund i amtskommunerne Frederiksborg, Ringkøbing og Nordjylland. Det skal dog tages i betragtning, at der endnu ikke er undersøgt prøver med samme hyppighed i alle områder.

Forekomster af atrazin synes især knyttet til steder, med delområder bevokset med nåletræer. Dette stemmer overens med, at atrazin anvendes i skovbrug (Brüsch og Salinas, 1992).

Pesticidfundene kan opdeles i to grupper, hvoraf den første synes at afspejle specielle situationer med enkeltfund, medens den anden udviser et generelt udbredelsesmønster. Til den første gruppe hører fund af simazin, dinoseb, DNOC og 2,4-D, som tilsammen udgør 16,2% af fundene. Til den anden gruppe hører fund af atrazin, dichlorprop, mechlorprop og MCPA, som tilsammen udgør 83,8% af fundene (se også tabel 1).

I tabel 2 er den relative forekomst af de 4 herbicider, som udviser et generelt udbredelsesmønster, opstillet i forhold til forskellige hydrogeologiske og grundvandskemiske parametre. Disse parametre er, om grundvandsmagasinet er overdækket med et lerlag eller ej, om grundvandet er yngre eller ældre end ca. 1954 (tritiumindholdet), grundvandets alkalinitet (mækv. pr. l), og om vandet er oxideret (indeholder opløst ilt (O₂) eller nitrat (NO₃⁻)) eller reduceret (uden ilt eller nitrat).

Det ses af tabel 2, at der er en markant forskel på den relative hyppighed af fund af de 4 herbicider under forskellige hydrogeologiske og grundvandskemiske forhold. Atrazin findes for 90% eller mere, hvor overdækkende lerlag mangler, og hvor grundvandet er oxideret, medens fordelingen ved forskellige alkalinitetsniveauer er omtrent jævn. For dichlorprop, mechlorprop og tildels MCPA er forholdet modsat, idet disse stoffer overvejende findes, hvor grundvandsmagasinet er dækket af lerlag, og hvor grundvandet er reduceret og med en høj alkalinitet.

Tabel 2. Relativ hyppighed af pesticidfund under forskellige hydrogeologiske og grundvandskemiske forhold.

Frequency of pesticides found in relation to hydrogeological and groundwater chemical conditions.

| | Atrazin | Dichlor-prop | Mechlor-prop | MCPA |
|--------------------|---------|--------------|--------------|------|
| | % | | | |
| Lerdække + | 9 | 90 | 86 | 67 |
| do. - | 91 | 10 | 14 | 33 |
| Alder, før 1954 | ? | ? | 29 | ? |
| Alder, efter 1954 | 80 | 40 | 57 | 50 |
| Alk. < 1 mækv./l | 40 | 0 | 0 | 17 |
| Alk. 1 - 4 mækv./l | 20 | 0 | 0 | 17 |
| Alk. > 4 mækv./l | 40 | 100 | 100 | 66 |
| Oxideret | 90 | 10 | 0 | 33 |
| Reduceret | 10 | 80 | 100 | 67 |

Hovedparten af fundene af alle 4 herbicider synes knyttet til grundvand yngre end 1954, men der foreligger endnu ikke bestemmelse af tritium i alle prøver.

Diskussion

Analyseresultaterne af vandprøver fra grundvandsmonitoringssystemet i perioden 1989 - 1991 viser med sikkerhed, at pesticidforurenede grundvand forekommer stedvis i Danmark.

Hyppigheden af sikre fund er ca. 7% af de undersøgte filtre, men det kan ikke udelukkes, at hyppigheden er lidt større, fordi muligheden for periodisk ikke registrerede forekomster, er til stede ved nogle af filtrene.

I lidt over halvdelen af de forurenede prøver, har indholdet været over den højst tilladte værdi for drikkevand (0,1 µg pr. l for et enkelt stof).

Af de fund, som udviser et generelt udbredelsesmønster, findes atrazin primært i grundvandsmagasiner uden overdækkende lerlag og med oxiderede forhold, medens dichlorprop, mechlorprop og til dels MCPA overvejende forekommer i grundvandsmagasiner

med overdækkende lerlag og med reducerede forhold.

Ved bearbejdelsen af analyseresultaterne i forbindelse med afrapportering af overvågningen for 1992, blev det i overensstemmelse hermed bemærket, at fund af pesticider af phenoxysyregruppen oftest forekom i reducerede grundvandsprøver, medens pesticider af triazintypen (atrazin) modsat fandtes i oxiderede vandprøver (Brüsch, 1993).

Det er sandsynligt, at forekomst af rester af dichlorprop, mechlorprop og MCPA i grundvand med reducerede forhold, skyldes at disse stoffer er stabile i det reducerede miljø, medens det modsatte forhold for atrazin sandsynligvis skyldes en kombination af stoffets større stabilitet i det oxiderede miljø med typisk anvendelse i nåletræsbevoksning på sandet jord.

Når dichlorprop, mechlorprop og MCPA typisk findes i grundvand med høj alkalinitet, skyldes det sandsynligvis, at grundvand af denne type næsten altid findes i magasiner med overdækkende lerlag. Der er således snarere tale om et generelt sammenfald i grundvandets redoxforhold og alkalinitet end om et kausalt forhold mellem alkalinitet og forekomst af de 3 pesticider.

Sammendrag

Ved udgangen af 1991 var der analyseret vandprøver for pesticidrester fra 528 af grundvandsmoniteringssystemets 1029 filtre. Analyseprogrammet omfattede bestemmelse af dichlorprop, mechlorprop, MCPA, DNOC, dinoseb, atrazin og simazin i alle prøver, og bestemmelse af 2,4-D i nogle prøver, bl. a. fra Sønderjyllands amt.

I 36 filtre eller ca. 7% af filtrene fandtes med sikkerhed rester af et eller flere pesticider. I lidt over halvdelen af fundene var koncentrationen over den højst tilladte værdi for drikkevand (0,1 µg pr. l).

Grundvandsprøver forurenet med dichlorprop, mechlorprop og MCPA fandtes overvejende i magasiner med overdækkende lerlag og reducerede forhold. Årsagen er sandsynligvis, at disse stoffer er relativt stabile i det reducerede miljø.

Grundvandsprøver med rester af atrazin fandtes modsat i magasiner uden overdækkende lerlag og med oxiderede forhold. Årsagen til dette er sandsynligvis en kombination af atrazins større stabilitet i det oxiderede miljø med en typisk anvendelse i nåletræsbevoksninger i sandede områder.

Litteratur

1. Brüsch, W. & Salinas, I. 1992. Pesticider og detergenter. I Grundvandsovervågning. Danmarks Geologiske Undersøgelse, pp 135 - 158.
2. Brüsch, W. 1993. Personlig kommunikation.
3. Fyns amt. 1991. Grundvand. Vandmiljø overvågning 1991, p 67.
4. Jacobsen, O. S. (red.). 1992. Grundvandsovervågning. Danmarks Geologiske Undersøgelse.

5. *Kristiansen, H.* 1992. Pesticidrester i grundvand - resultater fra Miljøstyrelsens overvågning af grundvandskvaliteten. I 9. Danske Planteværnskonference. Ukrudt. Pesticider og Miljø. Beretning nr. S2178 - 1992, pp 173-182.
6. *Nygaard, E. (red.)*. 1991. Grundvand. Overvågning og problemer. Danmarks Geologiske Undersøgelse - DGU Serie D - Nr. 8, 1991.

Nedvaskning af efterårsanvendt ^{14}C -mechlorprop (2-ethylhexylester) i lysimeterforsøg sammenlignet med udvaskning af ^{14}C -mechlorprop (salt)
Leaching of autumn applied ^{14}C -mecoprop (2-ethylhexyl ester) in lysimeter experiments compared to leaching of ^{14}C -mecoprop (salt)

Peder Odgaard, Gitte Felding,
Kirsten Heinrichson & Arne Helweg
Afdeling for Pesticidanalyser og Økotoksikologi
Flakkebjerg
4200 Slagelse

Summary

Leaching of autumn-applied mecoprop, formulated as 2-ethylhexyl ester, is determined in a lysimeter experiment.

The experiment is carried out in two 0.5 m² lysimeters containing undisturbed ~ 1.1 m deep cores of a coarse sandy soil (JB1). On 7 November 1991 ring ^{14}C -labelled mecoprop ester was applied (225 g mecoprop acid per ha). The precipitation is supplied with irrigation up to 800 mm per year. Percolated water is sampled and analysed for ^{14}C in different fractions.

Of the applied ^{14}C about 0.2% is found in the leachate from December through May, when percolation stopped. In the following autumn period (until 22 December 1992) further about 0.05% leached out.

Compared to experiments with mecoprop salt under the same conditions, leaching of the ester formulation is very small. Of the salt formulation 15 and 25%, respectively, leached out from two lysimeters within 4 months, and most of it was unchanged mecoprop.

Identification of ^{14}C -labelled compounds in the leachate is still lacking but supposing all ^{14}C in the leachate is mecoprop the concentrations of mecoprop in the leachate will be between 0.05 and 0.15 $\mu\text{g l}^{-1}$ and totally 0.5 g will be leached out from one ha.

Residual ^{14}C in the top 0-20 cm soil layer was determined in December 1992. About 28 and 36% of the radioactivity applied was recovered in the soil. This corresponds to bound residues found in soil after laboratory degradation studies.

Indledning

Mechlorprop og andre phenoxyrter hører til de pesticider, som oftest er påvist som forureninger i grundvand (Fielding, 1991). Phenoxyrternes salte bindes kun meget lidt i jorden (K_{oc} -værdien er ca. 20). For estre af dichlorprop og MCPA angives K_{oc} -værdier på 1.000 (Wauchope et al., 1992), mechlorprop skønnes at ligge i samme størrelsesorden. Saltene er hermed potentielt udvaskelige, hvilket også bekræftes i screeningsmodeller (Gustafson, 1989) som angiver "muligt udvaskelige" for saltene. For estrene angiver modellen "næppe udvaskelige" eller "overgangszone".

Mechlorprop nedbrydes relativt let af jordbundens mikroflora. Smith (1989) angiver halveringstider på mellem 3 og 10 dage ved 20-23°C og optimal fugtighed. Helweg (1992) har påvist halveringstider på henholdsvis 3, 12 og 20 dage ved inkuberingstemperaturer på henholdsvis 20, 10 og 5°C. I jordlagene under pløjelaget var halveringstiden øget til 30-70 dage på grund af den lave mikrobiologiske aktivitet i dette miljø.

Smith (1989) angiver, at estrene af phenoxyrter relativt hurtigt spaltes i jorden under dannelse af den tilsvarende phenoxyrte. Efter 2-3 dage ved 20-25°C er hovedparten spaltet ved en primært kemisk hydrolyse. Hydrolyseringen af 2-ethylhexylesteren er dog tilsyneladende noget langsommere end isobutyl og n-butylestre. Søjleforsøg med estre af 2,4-D viste, at ethylhexylesteren blev væsentlig langsommere udvasket end n-butylesteren (Grover, 1973).

De fleste undersøgelser er udført ved 20-25°C, og det skønnes, at lave jordtemperaturer (5-6°C) vil hæmme hydrolyseringen af esteren og dermed nedsætte udvaskningsrisikoen.

Forårsanvendelse af phenoxyrter finder sted fra ca. 10. april til 15. juni. Fra april måned indtil august er der normalt nedbørsunderskud i Danmark. Det vil sige, at vandforbruget er større end nedbøren, og at der normalt ikke siver vand ned gennem jorden i sommermånederne. Det betyder, at trods potentiel udvaskelighed vil midlerne under normale vejforhold blive nedbrudt, inden efteråret med dets nedbørsoverskud starter. Dog kan der ske nogen nedsvivning gennem sprækker og andre makroporer ved sommernedbør.

Analyser af jordvand udtaget i ca. 1 meters dybde under danske landbrugsjorde viser, at indholdene i de fleste tilfælde er under grænseværdien i drikkevand (Mogensen & Spliid, 1991 og Felding, 1993). Nogle få prøver indeholdt rester på op til 0,3-0,4 mikrogram pr. l, og et par prøver var på ca. 1 mikrogram pr. liter.

Efterårsanvendelse af pesticider udgør en potentielt større risiko for udvaskning end forårs- og sommeranvendelse på grund af lav jordtemperatur, og dermed langsom nedbrydning, samt overskudsnedbør i vinterhalvåret. Til ukrudtsbekæmpelse i vintersæd om efteråret har phenoxyherbicidet mechlorprop været anvendt i stigende omfang, enten som saltform eller som ester. Ofte i blanding med andre herbicider.

¹⁴C-mærket mechlorprop (kaliumsalt) blev i november 1990 udsprøjtet på 2 lysimetre med grovsandet jord (fra St. Jyndeved) udlagt med vinterhvede.

I løbet af vinteren kunne gennemsnitlig 20% af den tilførte ¹⁴C-mængde genfindes i drænvandet, hovedsagelig i form af unedbrudt mechlorprop (Helweg & Odgaard, 1992). En sådan udvaskning er naturligvis uacceptabel.

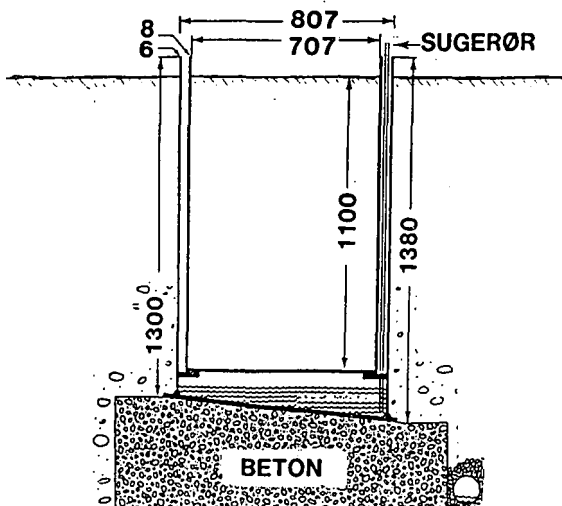
For at undersøge, om efterårsudvaskning kan undgås ved at bruge midlet i en formulering, der stort set ikke er vandopløselig, blev der i efteråret 1991 anlagt et forsøg i 2 tilsvarende lysimetre. Her blev anvendt ¹⁴C-mærket mechlorprop i form af 2-ethylhexylester, tidligere benævnt isooctylester (Oxbøl, pers. medd.).

Tidligere undersøgelser (Majka et al., 1982) tyder på, at 2,4-D og 2,4,5-T formuleret som butylester kun i ringe grad er udvaskelige.

Materialer og metoder

Lysimetre og jord

Forsøget er udført i 2 lysimetre, nr. 3 og 4, der indeholder jord i naturlig lejring udtaget i St. Jyndeved i november 1989, samtidig med lysimeter 1 og 2, som er benyttet i forsøget med mechlorprop-salt anlagt i 1990. Lysimetrenes udformning, proceduren ved udtagning samt jordens tekstur er beskrevet af Helweg & Odgaard (1992). Jordsøjlelernes tværsnit er kvadratisk med et areal på 0,5 m², og jorddybden er 107-108 cm. Se figur 1.



Figur 1. Lodret snit af lysimeter. De anførte mål er i mm.

Vertical cross-section of a lysimeter. Measures are in millimeters.

Dyrkning

Almindelig markdrift efterlignes mest muligt med hensyn til jordbehandling, såning og gødskning. På arealet uden om lysimetrene dyrkes samme afgrøde. I 1990-91 var afgrøden vinterraps i lysimeter 3 og 4, og vinterhvede blev sået i efteråret 1991.

Forsøgsbehandling

Mechlorprop-ester

De to lysimeter blev den 7. november 1991 tilført mechlorprop-2-ethylhexylester i en mængde svarende til 225 g mechlorprop-syre pr. ha eller 11,3 mg pr. lysimeter. Mængden er baseret på anvendelse af den oprensede form i blandingspræparat.

Esteren blev fremstillet efter en metode fra Kemisk Værk Køge (Oxbøl, pers. komm., 1991). Udgangsmaterialet hertil var 2-ethylhexanol og dels ^{14}C -mechlorprop-syre (ringmærket, specifik aktivitet $245 \mu\text{Ci}/\text{mg}$, radiokemisk renhed $\geq 97\%$) indkøbt fra Amersham Inc., dels umærket mechlorprop-syre (renhed $> 99\%$) venligst stillet til rådighed af Kemisk Værk Køge. Begge var blandinger af de 2 isomere af mechlorprop (l- og d-formen).

Identifikation blev foretaget på HPLC med C-18 kolonne. Resultatet viste, at forestringen var 92% effektiv. De resterende 8%, der hovedsagelig var uomdannet mechlorprop-syre, kunne ikke franses og fulgte derfor med.

Den tilførte ^{14}C -aktivitet pr. lysimeter var 1,087 mCi, svarende til $2,4135 \cdot 10^9$ dpm (dpm = disintegrationer pr. minut).

Br-sporstof

Samtidig med mechlorpropbehandling blev der udsprøjtet 372 mg KBr pr. lysimeter (250 mg Br). Bromidet fungerer som sporingstof for vandbevægelsen gennem jordsøjlerne. En tilsvarende mængde var tilført i marts 1990.

Mechlorprop-salt

Lysimeter 1 og 2 tilførtes ^{14}C -mechlorprop som kaliumsalt den 13/11 1990. Doseringen var 2,017 kg/ha (beregnet som syre), hvilket normalt er den maksimale dosering, når midlet udsprøjtes alene.

Alle kemikalier blev fordelt med en lille trykluftsprøjte monteret med fladsprededyse.

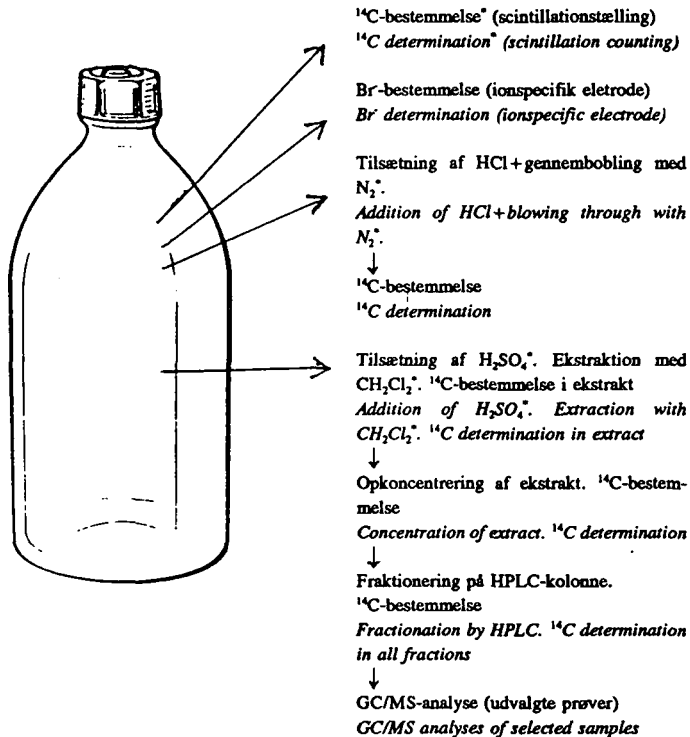
Optagning og analyser af drænvandet

Den afdrænedede vandmængde i lysimetrene måles ved hjælp af et manometer, som viser det lufttryk, der skal til at fortrænge vandsøjlen i en teflonslange ført til bunden af reservoiret. Opsugning sker via den samme slange til flasker af borsilikatglas, der tilsluttes en vakuumpumpe.

Drænvandet suges op ca. 1 gang pr. måned, eller når 15-20 l er løbet igennem. Vand-

mængden vejes, og der udtages prøver til målinger og analyser, som skitseret i figur 2. Desuden pumpes små vandprøver op 1-2 gange om ugen i vinterperioden efter forsøgsbehandlingen, alene til ^{14}C - og bromid-bestemmelse.

Aktiviteten af ^{14}C i vandet repræsenterer den samlede koncentration af mechlorprop og nedbrydningsprodukter i vandet. Ved syretilsætning og gennembobling forsvinder CO_2 . Den efterfølgende måling kan bruges til at beregne mængden af CO_2 i vandprøven.



Figur 2. Procedure for behandling af vand optaget fra lysimetre. De med * mærkede operationer foretages samme dag, som vandet er pumpet op.

Procedure for lysimeter water sub-sampling and analyses. The operations marked with an asterisk are to be accomplished on the day of sampling.

Jordtemperatur, nedbør og vanding

De meteorologiske forhold registreres på klimamålestationen i Flakkebjerg.

Jordtemperaturen i de to vinterhalvår, hvor forsøgene er udført, er vist i tabel 1.

Tabel 1. Middel jordtemperatur ved Flakkebjerg i 1990-91 og 1991-92, målt 10 cm under kort græs.

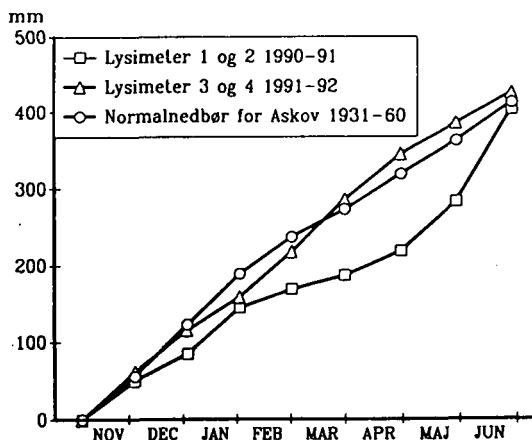
Mean soil temperature at Flakkebjerg in 1990-91 and 1991-92, measured at 10 cm's depth under short grass.

| | °C | |
|------------|-----------|-----------|
| | 1990-1991 | 1991-1992 |
| November | 5,6 | 5,5 |
| December | 2,5 | 3,3 |
| Januar | 2,1 | 2,2 |
| Februar | 0,2 | 3,1 |
| Marts | 4,4 | 4,8 |
| April | 7,2 | 7,1 |
| Gennemsnit | 3,7 | 4,3 |

Tabellen viser, at begge perioder har været relativt milde og trods den lidt højere gennemsnitstemperatur i 1991/1992 end i 1990/1991 ret ensartede.

Som standard for nedvaskningsforsøgene er valgt en nedbørsmængde på 790 mm pr. år, svarende til gennemsnittet for Askov i årene 1931-60. Manglende nedbør i henhold til normalen for de enkelte måneder tilføres ved vanding med 10 mm ad gangen.

Denne nedbørsmængde svarer stort set til de nuværende tyske krav fra BBA til nedbør i lysimeterforsøg, som er 800 mm pr. år, baseret på nedbørsforholdene i Hamburg.



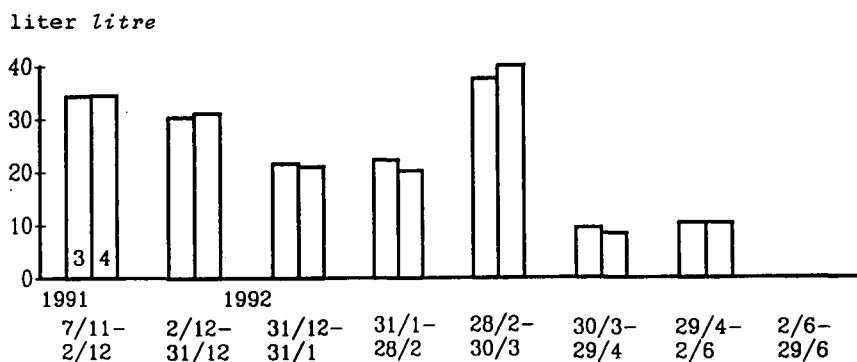
Figur 3. Nedbør + vanding i lysimetrene fra sprøjtedatoen til 30. juni (opsummeret).
Accumulated precipitation + irrigation in the lysimeters from date of treatment (13 November in 1990 and 7 november in 1991) until 30 June, compared to normal for Askov (South-West Jutland).

I figur 3 er nedbør + vanding opsummeret fra sprøjtetidspunktet for hvert forsøg. Til sammenligning er normalnedbøren summeret op.

Resultater og diskussion

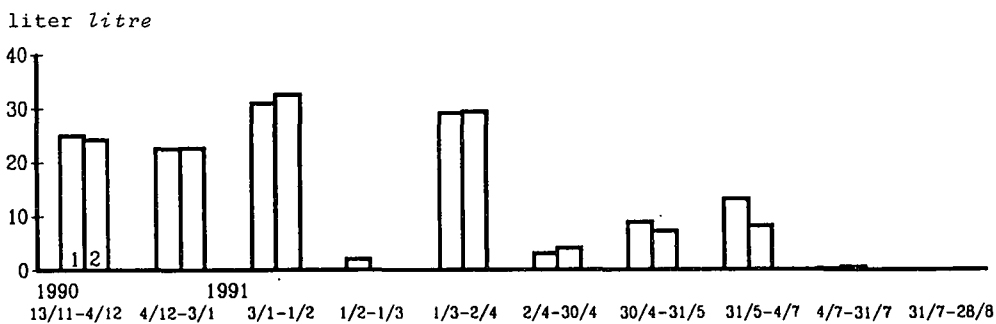
Drænvand og vandbevægelse

Den afdrænedede vandmængde i hver måned efter forsøgsbehandlingen fremgår af figur 4. Vinteren igennem har der været en forholdsvis jævn vandbevægelse nedad. Indtil udgangen af marts er der i alt afdrænet en mængde svarende til 292 og 294 mm nedbør i henholdsvis lysimeter 3 og 4. Med nedbør og vanding er i samme periode tilført 286 mm.



Figur 4. Vandafdræning i lysimeter 3 og 4 (mechlorprop-ester) fra sprøjtetiden i 1991 til slutningen af juni 1992. 1 l svarer til 2 mm nedbør.

Water leached out in lysimeter 3 and 4 from the treatment in 1991 through June 1992. 1 litre is equal to 2 mm precipitation.



Figur 5. Vandafdræning i lysimeter 1 og 2 (mechlorprop-salt) fra sprøjtetiden i 1990 til slutningen af august 1991. 1 l svarer til 2 mm nedbør.

Water leached out in lysimeter 1 and 2 from the treatment in 1990 through August 1991. 1 litre is equal to 2 mm precipitation.

Figur 5 viser til sammenligning den afdræned vandmængde i lysimeter 1 og 2 året før. Her blev fra sprøjtningen den 13/11 til udgangen af marts kun målt en afstrømning på henholdsvis 219 og 217 mm primært på grund af en lavere vandtilførsel i perioden (Helweg & Odgaard, 1992).

En pludselig stigning i drænvandets bromid-koncentration viser, at bromidfronten og dermed det vand, som befandt sig i jordoverfladen på sprøjtetidspunktet, har nået lysimetrets bund. Af figur 6 fremgår, at dette er sket den 29/11 i lysimeter 4 og ca. 3 dage senere i lysimeter 3. I de forløbne 3-3½ uger er ca. 70 mm vand afdrænet, mens nedbør og vanding udgør 62 mm. Situationen er meget lig den i lysimeter 1 og 2 i 1990, hvor en begyndende stigning i bromid-indholdet også viste sig 3 uger efter tilførslen (Helweg & Odgaard, 1992). Den relativt høje baggrundsværdi for bromid skyldes, at lysimetrene også året før var tilsat KBr.



Figur 6. Bromid-koncentrationen i drænvand fra lysimeter 3 og 4. 372 mg KBr pr. lysimeter tilført 7/11 1991.

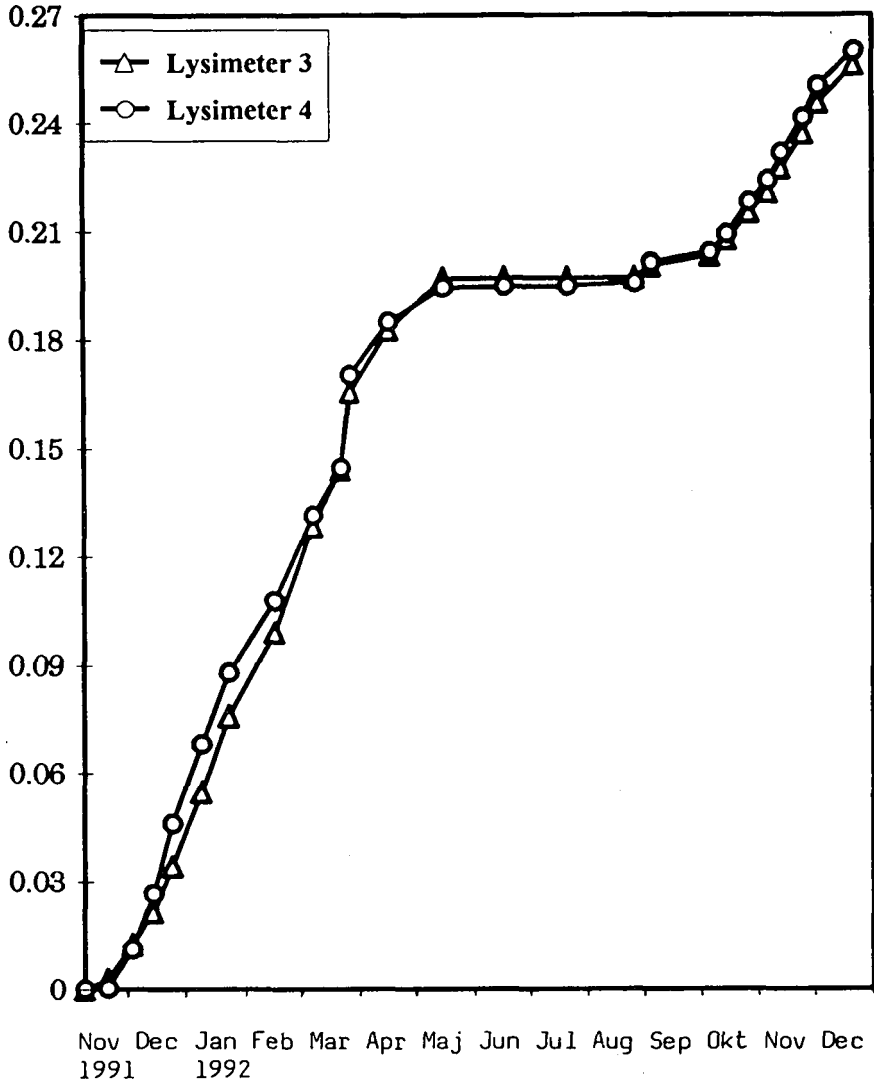
Bromide concentration in percolate from lysimeter 3 and 4. Each lysimeter was added 372 mg KBr on 7 November 1991.

Mechlorprop og nedbrydningsprodukter i drænvandet

Den udvaskede mængde ¹⁴C over mere end 1 år er løbende opsummeret i figur 7. Heraf fremgår, at ca. 0,2% af det tilsatte ¹⁴C i alt er fundet i drænvandet i løbet af den første

vintersæson efter behandling med ^{14}C -mærket mechlorprop-ester i efteråret. I det følgende efterår er udvaskningen af ^{14}C fortsat, dog i et lavere tempo, så den samlede mængde efter 13½ måned er 0,26% af det tilførte.

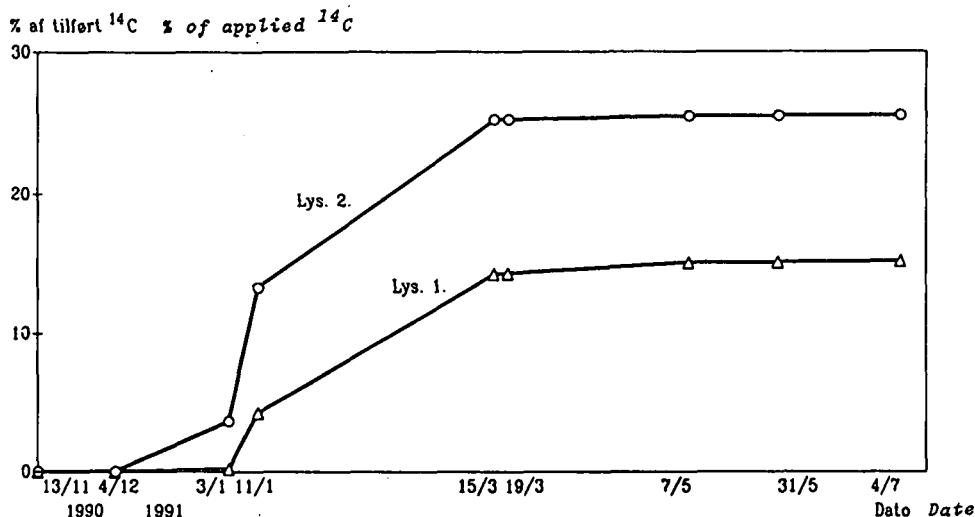
% af tilsat ^{14}C
 % of applied ^{14}C



Figur 7. ^{14}C målt i drænvand fra lysimeter 3 og 4 behandlet med ^{14}C -mechlorprop-ester. Sumkurver.

Accumulated ^{14}C determined in leachate from lysimeter 3 and 4 after treatment with ^{14}C -mecoprop ester on 7 November 1991.

Udvaskningen er meget lille sammenlignet med den, der året før kunne konstateres efter tilførsel af ^{14}C -mechlorprop-salt, som blev udspøjet under de samme forsøgsbetingelser i lysimetre med samme jordtype (Helweg & Odgaard, 1992). I de 2 lysimetre blev der i løbet af den første vinter udvasket henholdsvis 15 og 25% af den tilførte mængde ^{14}C (figur 8), og vandgennemstrømningen var som foran nævnt endda noget mindre. Med hensyn til jordtemperatur afveg de to vinterperioder ikke meget fra hinanden (tabel 1).



Figur 8. ^{14}C målt i drænvand fra lysimeter 1 og 2 behandlet med ^{14}C -mechlorprop-salt den 13/11 1990. Sumkurver.

Accumulated ^{14}C determined in leachate from lysimeter 1 and 2 after treatment with ^{14}C -mecoprop salt on 13 November 1990.

Figur 7 viser, at den totale mængde ^{14}C udvasket i esterforsøget er ca. 0,25%. Hvis man antager, at alt er mechlorprop, vil det svare til en udvaskning på 0,25% af 225 g/ha svarende til ca. 0,5 g pr. ha. Det viste sig dog, at en meget stor del af den udvaskede ^{14}C blev fjernet som CO_2 , når syre blev tilsat vandet.

Kommende analyser vil klarlægge, hvorvidt det resterende ^{14}C er til stede i form af mechlorprop, og i så tilfælde, om der er tale om esterformen eller den udvaskelige saltform. Esteren bliver, som tidligere nævnt, hurtigt hydrolyseret til syren.

Mechlorprop og nedbrydningsprodukter bundet i jord

Jordprøver til bestemmelse af tilbageværende ^{14}C i pløjelaget i lysimeter 3 og 4 blev udtaget den 23/12 1992. Prøverne blev udtaget i jordlagene 0-10 og 10-20 cm. Derefter blev ^{14}C i jordprøverne bestemt ved afbrænding og opsamling af CO_2 til ^{14}C -bestemmelse. Resultatet heraf fremgår af tabel 2.

Tabel 2. Tilbageværende ^{14}C i jorden (0-10 og 10-20 cm) 13½ måned efter udsprøjtningen af ^{14}C -mechloorprop-ester.

Residual ^{14}C in the lysimeter topsoil (0-10 and 10-20 cm) 13½ months after ^{14}C -mecoprop ester application determined by oxidation and quantification of $^{14}\text{CO}_2$ liberated.

| Lysimeter | % af tilført ^{14}C fundet i jordlaget % of applied ^{14}C found in the soil layer | | |
|-----------|---|----------|-------|
| | 0-10 cm | 10-20 cm | Total |
| 3 | 24 | 4 | 28 |
| 4 | 32 | 4 | 36 |

Tallene i tabel 2 er tilnærmede, idet den nøjagtige vægt af jord i lysimetrene ikke er kendt. Men det ses, at omkring 1/3 af det ^{14}C , der blev tilført i form af mechloorprop-ester, stadig er til stede i pløjelaget (indbygget i mikroorganismer og humuspartikler). Det svarer til, hvad der er observeret for saltformuleringer af mechloorprop (Helweg, Fomsgaard & Gardshodn, 1991). Derfor er der næppe grund til at antage, at den potentielt mere flygtige esterforbindelse skulle være fordampet i væsentlig omfang efter udsprøjtningen.

Konklusion

I lysimetre med grovsandet jord er efterårsudbragt ^{14}C -mærket mechloorprop-ester kun udvasket i yderst ringe omfang. Af den tilførte mængde, svarende til 225 g a.i. pr. ha, er der i drænvandet fundet 0,20% af den tilførte radioaktivitet i perioden december-maj. Tilsvarende forsøg med mechloorprop-salt resulterede i en udvaskning på gennemsnitlig 20% i løbet af vinteren.

Mechloorprop formuleret som ester ser således ud til at blive udvasket i væsentlig mindre omfang end saltformen, og dette forsøg tyder på, at ethylhexylesteren af mechloorprop kan udsprøjtes om efteråret uden den risiko for grundvandsforurening, som saltformuleringer af midlet frembyder.

Det skal bemærkes, at hydrolyseringen af esteren kan foregå relativt hurtigt i jorden. Udsprøjtning af mechloorprop-estre tidligt på efteråret efterfulgt af store nedbørsmængder kan derfor muligvis udgøre en risiko for udvaskning, dog skønnes den at være væsentlig mindre end risikoen ved saltformen.

Sammendrag

Nedvaskning af efterårsudbragt mechloorprop, formuleret som 2-ethylhexylester, er undersøgt i lysimeterforsøg.

Forsøget er udført i to 0,5 m² lysimetre med søjler af grovsandet jord i naturlig lejring (ca. 1,1 m dybe), udtaget ved St. Jyndeved. Den 7/11 1991 blev der udsprøjtet ^{14}C -mærket

mechlorprop-ester i en dosering svarende til 225 g mechlorprop-syre pr. ha. Nedbøren suppleres med vanding op til ca. 800 mm. Alt drænvand opsamles og pumpes op.

Af den tilførte ^{14}C -mængde er der i drænvandet fundet ca. 0,2% i alt fra december til maj, da vandafstrømningen hørte op. Det følgende efterår (indtil 22/12 1992) er der udvasket yderligere ca. 0,05%.

Identifikation af det udvaskede ^{14}C er endnu ikke foretaget, men under den forudsætning, at alt udvasket ^{14}C er mechlorprop, er den totale udvaskning ca. 0,5 g mechlorprop pr. ha.

I december 1992 blev der udtaget jordprøver i pløjelaget (0-10 og 10-20 cm), hvori indholdet af ^{14}C blev bestemt. Dette indhold var 28-36% af den tilførte mængde, hvilket svarer til, hvad der er fundet som bunden ^{14}C i jord efter tilførsel af mechlorprop-salt.

Sammenlignet med udvaskningen af mechlorprop i en saltformulering er udvaskningen af esterforbindelsen yderst ringe. Af saltforbindelsen var der allerede inden udgangen af marts udvasket henholdsvis 15 og 25% i 2 lysimetre. Den overvejende del heraf var uomdannet mechlorprop. Klimamæssigt var de to vintre temmelig ens, hvorfor sammenligningen er relevant.

Erkendtlighed

Forfatterne takker medarbejdere ved Sun Chemical KVK, Køge, for stor hjælpsomhed og for vejledning ved syntetiseringen af 2-ethylhexylesteren af ^{14}C -mechlorprop.

Litteratur

1. *Fielding, G.* 1993. Udvasning af phenoxy-syrer fra landbrugsjord i omdrift. 10. Danske Planteværnskonference/Pesticider og Miljø, Tidsskr. f. Planteavl, under trykning.
2. *Fielding, M.; Barcelo, D.; Helweg, A.; Galassi, S.; Torstensson, L.; Van Zoonen, P.; Wolter, R.; Angeletti, G.* 1991. Pesticides in Ground and Drinking Water. Commission of the European Communities Directorate - General for Science, Research and Development, Environment and Waste Recycling Water Pollution Research Report 27 (Ed. Fielding, M.), ISBN 2-87263-068-6, 135 sider.
3. *Grover, R.* 1973. The adsorptive behaviour of acid and ester forms of 2,4-D on soils. *Weed Res.* 13, 51-58.
4. *Gustafson, D. T.* 1989. Groundwater ubiquity score: A simple method for assessing pesticide leachability. *Environ. Toxicol. Chem.*, 8, 339-357.
5. *Helweg, A., Fomsgaard, L. & Gardshodn, E.* 1991. Nedbrydning af herbicidet mechlorprop (MCP) i jord. Indflydelse af jordtemperatur og jorddybde. 8. Danske Planteværnskonference/Pesticider og Miljø, 255-264.
6. *Helweg, A. & Odgaard, P.* 1992. Måling af pesticidnedvasning i lysimeterforsøg. Forsøgsdesign og foreløbige resultater med efterårsanvendt mechlorprop (K-salt) på grovsandet jord. 9. Danske Planteværnskonference/Pesticider og Miljø, 195-209.

7. *Helweg, A.* 1992. Degradation and adsorption of ¹⁴C-mecoprop (MCP) in surface soils and in subsoil. Influence of temperature, moisture content, sterilization and concentration on degradation. In Proc. "3rd Workshop on Chemistry and Fate of Modern Pesticides". The Science of the Total Environment, Elsevier Science Publishers B.v. Amsterdam (under trykning).
8. *Majka, J. T., Cheng, H. H. & McNeal, B. L.* 1982. Mobility of 2,4-D and 2,4,5-T n-Butyl Esters in Soils Following Massive Application to Field Mini-Lysimeters. *J. Environ. Qual.* II, 650-655.
9. *Mogensen, B. B.; Spliid, N. H.* 1991. Udvaskning af pesticider fra landbrugsjord, 8. Danske Planteværnskonference, Ukrudt og Pesticider & Miljø, Planteværnscentret, 245-254.
10. *Olesen, J. C.* 1992. Jordbrugsmeteorologisk årsoversigt 1991. *Tidsskr. Planteavl*, B. nr. S2202.
11. *Oxbøl, A.* 1991. Personlig kommunikation. Kemisk Værk Køge.
12. *Smith, A. E.* 1989. Degradation, fate and persistence of phenoxyalkanoic acid herbicides in soil. *Rev. Weed Sci.*, 4: 1-24.
13. *Wauchope, R. D.; Buttler, T. M.; Hornsby, A. G.; Augustijn-Beckers, P. W. M.; Burt, J. P.* 1992. The SCS/ARS/CES Pesticide Properties Database for Environmental Decision-Making in: *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, Volume 123 (Ed. Ware, G. W.), Springer-Verlag, New York Inc., 26-35.

Nedbrydning af pesticider i jordlagene under rodzonen

Degradation of pesticides in subsurface soils

Inge Fomsgaard og Arne Helweg
Planteværnscentret
Afdeling for Pesticidanalyser og Økotoxikologi
Flakkebjerg
4200 Slagelse

Summary

Detection of pesticides in ground water and drain water has stimulated the interest in determining of degradation of these chemicals in the subsurface environment.

Experiments show that in most subsurface environments some degradation of pesticides occur. Factors considered to have the greatest influence on degradation of pesticides are: Microbiological activity, soil temperature, water content, soil type and content of oxygen.

The degradation rate is in most cases much slower in subsurface than in surface soils. Pesticide half-lives in subsurface soils are 5 to 20 times longer than in surface soils.

Indledning

I november 1991 udkom Danmarks Geologiske Undersøgelse (DGU)'s rapport over pesticidbestemmelser i danske grundvandsprøver, indsamlet i 1990. Det var den første systematiske undersøgelse af forekomsten af pesticidrester i det danske grundvand, og der blev fundet rester af pesticider i 28 af de ialt 264 undersøgte vandprøver (Nygaard, 1991). Samme år udkom en EF-rapport (Fielding, 1991), hvor forekomsten af pesticidrester i jordvand og grundvand i 6 europæiske lande blev opsummeret. Tabel 1 viser antallet af pesticider, der blev analyseret for, og hvor mange der blev påvist.

De hyppigst fundne pesticider ifølge EF-rapporten var atrazin, bentazon, dichlorprop, 2,4-D, MCPA, mechlorprop og simazin.

Når et pesticid applikeres på en afgrøde, vil en del af det optages i afgrøden eller fordampe, og resten vil havne i jordbunden. Risikoen for, at pesticidet transporteres ned gennem jordlagene til grundvandszonen, og hvilke mængder, der nedvaskes bestemmes derefter væsentligst af adsorptionen i jorden og nedbrydningshastigheden.

Tabel 1. Pesticidrester i det underjordiske vandmiljø i 6 europæiske lande (Fielding, 1991).
Pesticide residues looked for and found in the subsurface environment in 6 European countries.

| | Antal pesticider, der blev analyseret for | Antal pesticider påvist |
|----------|---|-------------------------|
| Tyskland | 173 | 36 |
| Italien | 47 | 39 |
| Holland | 26 | 26 |
| Danmark | 10 | 10 |
| England | ? | 30 |
| Sverige | 18 | 18 |

Adsorption i jorden

Pesticiders evne til at blive adsorberet til jorden varierer meget fra eet stof til et andet, og jordens indhold af humus har stor betydning for adsorptionen. Pesticiders binding angives ved deres fordelingskoefficient, K_d (høj K_d -værdi = stor adsorption). Tabel 2 viser K_d -værdier for parathion i pløjelaget og i underjord med forskelligt humusindhold. Parathion bindes stærkt i pløjelaget, hvilket ses af en K_d -værdi på 26. Den lave værdi i underjorden viser, at er pesticidet først nået igennem pløjelaget ned i de humusfattige jordlag, er der stor risiko for, at det kan udvaskes til grundvandet. Hvorvidt det når ned i grundvandet, afhænger så udelukkende af, om betingelserne for nedbrydning er til stede i jordlagene mellem rodzonen og grundvandszonen.

Tabel 2. Adsorption af insekticidet parathion i jord fra pløjelaget (0-20 cm) og i underjord udtaget i 80-100 cm's dybde. (Helweg, 1987).

Adsorption of the insecticide parathion in soil from ploughlayer (0-20 cm) and in subsurface soil sampled at 80-100 cm's depth.

| | % ler | % humus | K_d -værdi |
|-----------------------|-------|---------|--------------|
| Pløjelag (0-20 cm) | 15,8 | 2,4 | 26,0 |
| Underjord (80-100 cm) | 17,4 | 0,2 | 1,2 |

Faktorer, der influerer på nedbrydningshastigheden

De faktorer, der har størst betydning for pesticiders nedbrydning i jord, både fra pløjelag og dybe jordlag, er følgende:

- mikrobiel aktivitet
- jordtemperatur
- vandindhold
- jordtype (pH, organisk materiale, ler, sand etc.)
- iltindhold

Mikrobiel aktivitet

Nedbrydningen af et pesticid i det øverste jordlag er overvejende mikrobiologisk. Dette gælder sandsynligvis også i jordlagene under rodzonen. I jordlagene under rodzonen er den mikrobielle aktivitet og antallet af mikroorganismer dog væsentlig mindre end i pløjelaget. Antallet af bakterier i de dybe jordlag udgør oftest kun omkring 1% af antallet i de øverste jordlag, og der er kun få svampe (tabel 3).

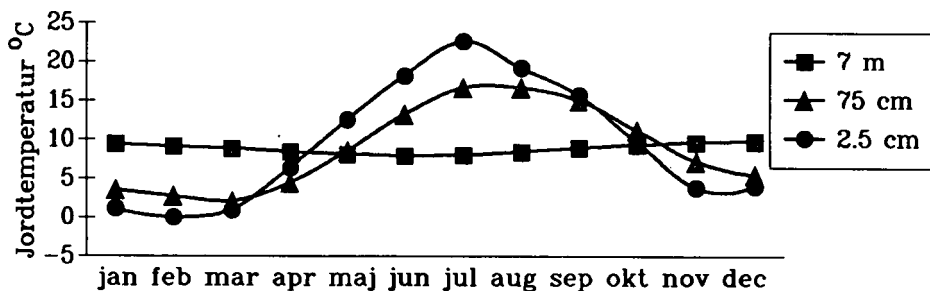
Tabel 3. Mikroorganismer i jord bestemt ved direkte tælling i mikroskop efter farvning med akridinorange.

Number of microorganisms in soil determined by direct counting after staining with acridine orange.

| | Bakterier (mill/g) | Svampe (meter/g) |
|----------------|--------------------|------------------|
| Pløjelaget | 500-1000 | 200-2000 |
| Under rodzonen | 1-10 | kun få svampe |

Jordtemperatur

Jordtemperaturen i øverste jordlag (i Danmark) varierer fra over 20°C om sommeren til ca. 0°C om vinteren. I de dybere jordlag mindskes variationen, således vil temperaturen i 7 m's dybde være 8-10°C hele året rundt (figur 1). Den lavere jordtemperatur nedsætter den mikrobielle aktivitet og dermed nedbrydningshastigheden for pesticider, som måtte lande i dette miljø.



Figur 1. Jordtemperatur under en dansk græsmark i 2,5 cm, 75 cm og 7 m's dybde (Kristensen, 1959).

Soil temperature under Danish pasture determined at 2,5 cm, 75 cm and 7 m below soil surface.

Jordens vandindhold

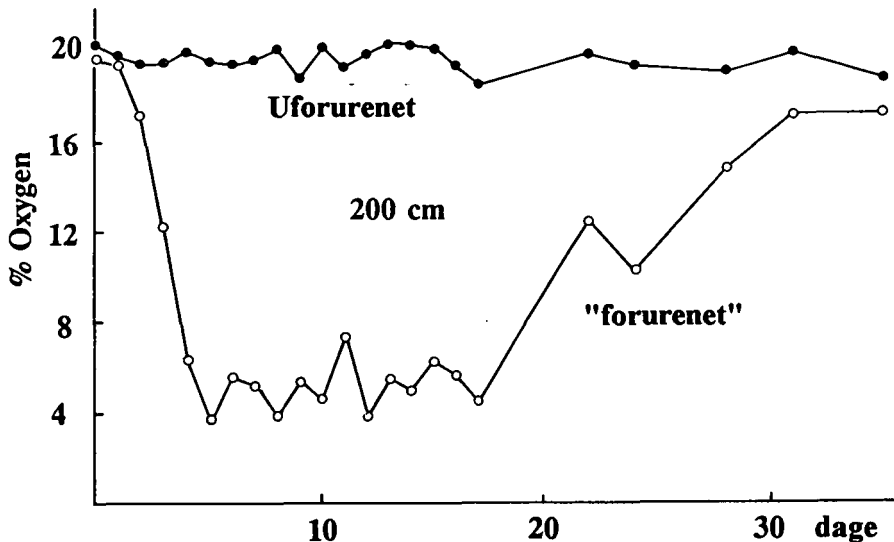
I pløjelaget sker det jævnlige, at jorden udtørres på grund af planternes vandoptagelse og fordamningen. Dette nedsætter den biologiske aktivitet i jorden, og dermed også nedbrydningshastigheden for pesticiderne. I jordlagene under rodzonen vil jordens vandindhold derimod sjældent være en begrænsende faktor for nedbrydningen, idet der ikke er noget egentligt vandforbrug, som bevirker, at jorden udtørres.

Jordtypen

Jordtypen har stor betydning for kemiske stoffers skæbne i jorden. Jordens indhold af organisk materiale har, som vist i tabel 2, stor betydning for adsorptionen. pH-værdien influerer på hydrolysehastigheden og adsorptionen. Jordens struktur har betydning for vandtransporten og dermed også for transporten af pesticiderne. I jord med højt lerindhold er vandtransporten langsom, mens den kan være meget hurtig i sandjorder.

Iltindholdet

Iltindholdet i jordluften i den umættede zone (zonen fra pløjelaget til grundvandet) er ofte på niveau med atmosfærisk lufts indhold af ilt på ca. 21 %. Først når man når ned i den vandmættede zone, vil der kunne være anaerobe omstændigheder. Ved forurening med et organisk stof vil iltindholdet falde i en periode, hvorefter det vil stige igen. Dette fald skyldes mikroorganismernes anvendelse af ilt i nedbrydningen af stoffet (figur 2).

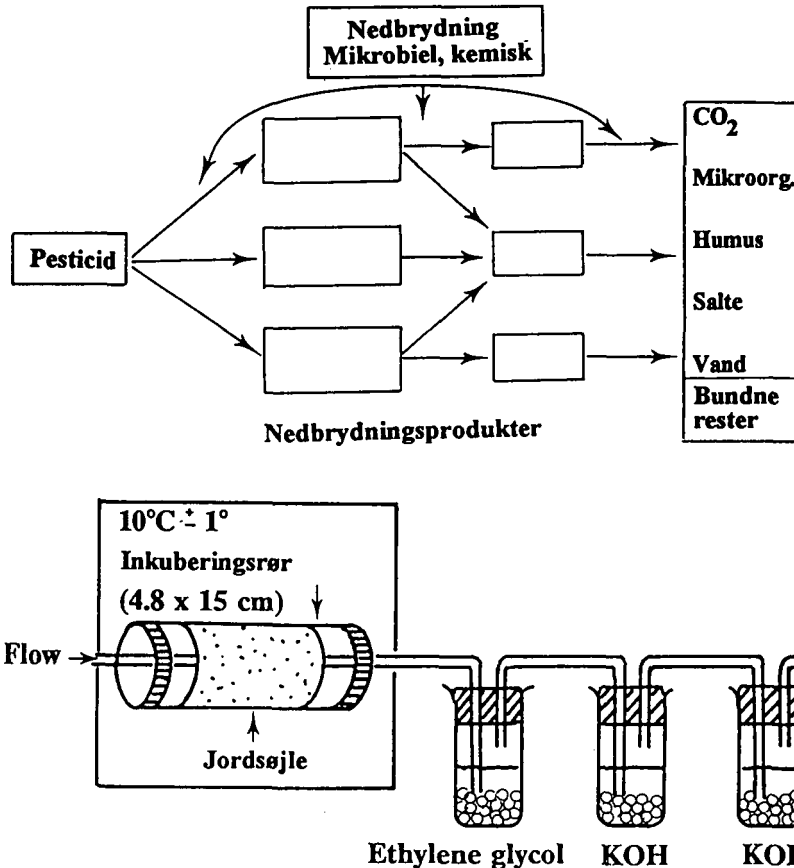


Figur 2. Koncentrationen af ilt i jordluft i 2 meters dybde i svær lerjord. Uforurennet og "forurennet" jord. Sidstnævnte var tilsat glucose og ammoniumhydrogenfosfat (Helweg, 1987).

Concentration of O_2 in soil atmosphere at 2 meters depth in a heavy clay field soil. Unpolluted and polluted soil. The latter was added glucose and diammoniumhydrogenphosphate.

Nedbrydning i dybe jordlag

Nedbrydningen af et pesticid i jord foregår gennem en række omdannelsestrin, hvor der dannes forskellige mere eller mindre stabile nedbrydningsprodukter. Som slutprodukt dannes bl.a. CO₂ og vand. Desuden vil en del af pesticidmolekylets kulstof også bygges ind i andre organiske forbindelser i jorden (f.eks. humus og mikroorganismer). Eventuelt kan der dannes stabile nedbrydningsprodukter med en kemisk struktur, der ligner pesticidets (figur 3a).



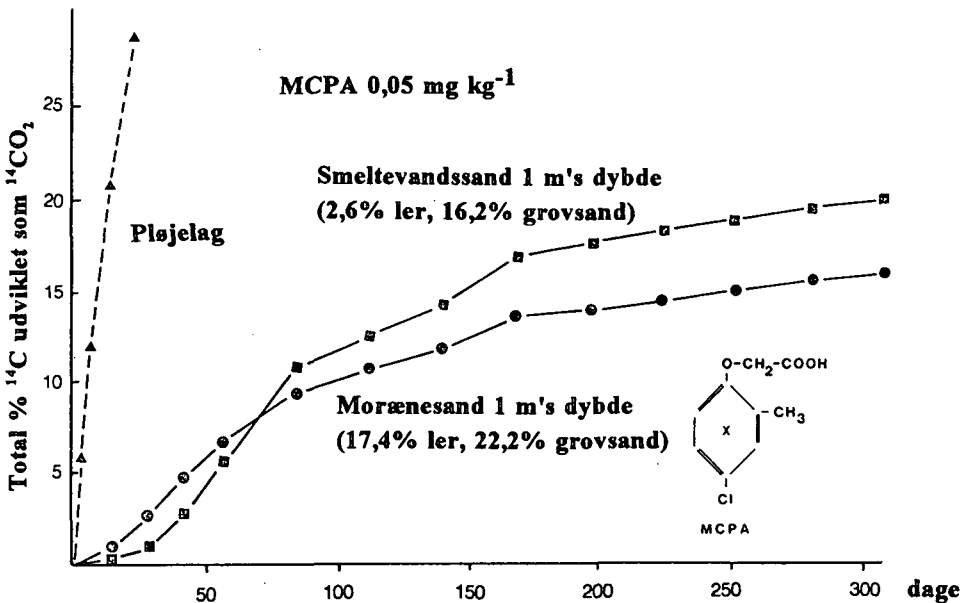
Figur 3. a) Diagram, der viser nedbrydningen af et pesticidmolekyle.
Diagram showing degradation of a pesticide molecule.

- b) Inkuberingssystem, anvendt til måling af nedbrydningen af ¹⁴C-mærkede pesticider i uforstyrrede jordprøver fra dybe jordlag (Helweg, 1988).
Incubation system used to determine degradation of ¹⁴C-labelled pesticides in undisturbed samples of subsurface soil.

Nedbrydningen af MCPA er f.eks. målt ved hjælp af ^{14}C -ringmærket MCPA, hvor mængden af udviklet $^{14}\text{CO}_2$ blev brugt som mål for nedbrydningen. Jordprøver på ca. 300 g blev udtaget ved at presse stålør ind i væggen af en udgravning i 1 meters dybde. En vandig opløsning af ^{14}C -mærket MCPA blev injiceret i jordprøverne, jævnt fordelt. De uforstyrrede prøver blev inkuberet ved 10°C , og to gange om ugen i 3 timer blev en strøm af N_2 ledt igennem. Den udviklede $^{14}\text{CO}_2$ samt andre ^{14}C -mærkede nedbrydningsprodukter blev opsamlet i de tre absorbere og mængden af ^{14}C , der har direkte relation til mængden af nedbrudt pesticid, blev målt i en scintillationstæller (figur 3b). Princippet i dette nedbrydningsforsøg har været brugt til alle studier af pesticiders nedbrydning i dybe jordlag på Planteværnscentret indtil dato.

Nedbrydning af MCPA i pløjelag og dybe jordlag

En undersøgelse af MCPA's nedbrydning sammenlignede pløjelag med jord fra 1 meters dybde i to forskellige jordtyper (smeltevandssand med kun 2,6% ler og morænesand med 17,4% ler). Figur 3 viser udviklingen af $^{14}\text{CO}_2$ fra ^{14}C -MCPA ($0,05 \text{ mg kg}^{-1}$). Nedbrydningen var væsentlig hurtigere i pløjelaget end i jord fra 1 meters dybde, men der var dog nedbrudt 15-20% af den tilsatte ^{14}C -MCPA til $^{14}\text{CO}_2$ i jord fra 1 m's dybde efter 308 dages inkubering. Når 15-20% ^{14}C er udskilt i CO_2 betyder det normalt, at mindst dobbelt så meget af det tilsatte MCPA er nedbrudt.



Figur 4. Total % ^{14}C udviklet som $^{14}\text{CO}_2$ fra ^{14}C -MCPA ($0,05 \text{ mg kg}^{-1}$) i jord fra pløjelag og i jord fra 1 meter's dybde (Helweg, 1987).

Total evolution of $^{14}\text{CO}_2$ from ^{14}C -labelled MCPA in subsurface soils and in soil from the ploughlayer.

Nedbrydning af atrazin i dybe jordlag

Nedbrydningsforsøg med ^{14}C -ringmærket atrazin i dybe jordlag fra to forskellige lokaliteter (Drengsted, grovsandet jord med 1,6% ler og 70% grovsand, og Gjellerup, sandjord med 8% ler og 48% grovsand) viste, at i den grovsandede jord blev der udskilt mellem 13,1 og 21,8% af den tilsatte ^{14}C fra ^{14}C -atrazin, mens der i sandjorden blev udskilt mellem 5,2% og 32,9% efter 626 dage (tabel 4).

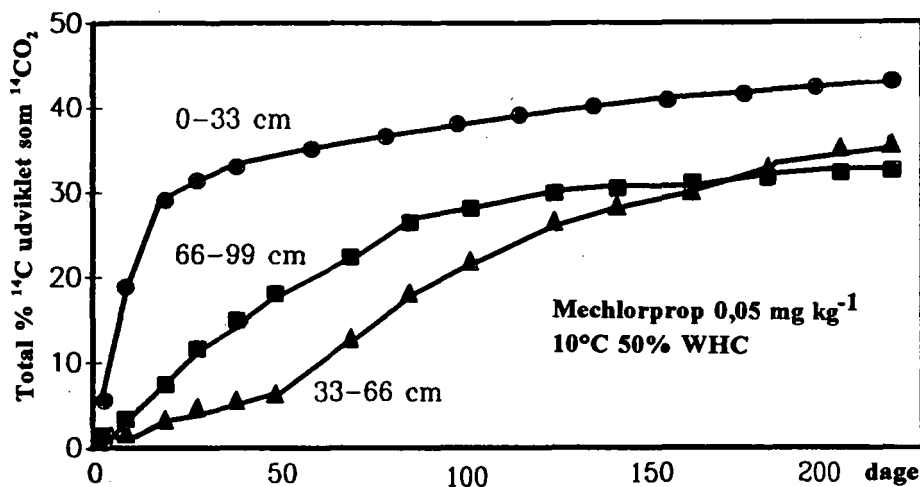
Tabel 4. Total % ^{14}C genfundet som $^{14}\text{CO}_2$ fra ^{14}C -atrazin ($0,02 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ inkuberet) i grovsandet jord og i sandjord fra 1 meters dybde i 626 dage (Helweg, 1990).
Total % ^{14}C evolved as $^{14}\text{CO}_2$ from ^{14}C -atrazine in coarse sandy soil and in sandy soil from 1 meter's depth.

| | | % ^{14}C udviklet som $^{14}\text{CO}_2$ |
|------------------------------|-----|---|
| Drengsted grovlandet jord | I | 21,8 |
| | II | 11,9 |
| | III | 13,1 |
| Gjellerup sandjord | I | 10,6 |
| | II | 32,9 |
| | III | 5,2 |

Den store variation mellem de tre gentagelser på hver lokalitet skyldes jordens heterogene sammensætning og gør en sammenligning af nedbrydningshastigheder vanskelig. På den anden side er det også de variationer, som vil optræde under naturlige forhold.

Nedbrydning af ^{14}C -mechlorprop i pløjelag og dybe jordlag

Nedbrydningen af ukrudtsmidlet MCPP (mechlorprop) er også målt i jord, udtaget i og under pløjelaget (Helweg, 1991). I dybe jordlag var omsætningen som forventet langsommere end i det øverste jordlag. Efter 20 dage blev der således udskilt ca. 30% ^{14}C som $^{14}\text{CO}_2$ i øverste jordlag (0 - 33 cm), mens en tilsvarende udskillelse fra jordlagene 33 - 66 cm og 66 - 99 cm tog 170 og 140 dage. ^{14}C -udskillelsen fortsatte stadig indtil 227 dages inkubering. Figur 5 viser nedbrydningen i een af fire gentagelser i de dybe jordlag og i en blanding af fire jordprøver fra det øverste jordlag. De relative standardafvigelser mellem gentagelserne i de dybe jordlag var 30-40 %, hvilket formodes at skyldes jordprøvernes store heterogenitet. Eventuelt kan injektionen af den vandige opløsning af mechlorprop i jordprøven give en ujævn fordeling af stoffet i jordprøven.

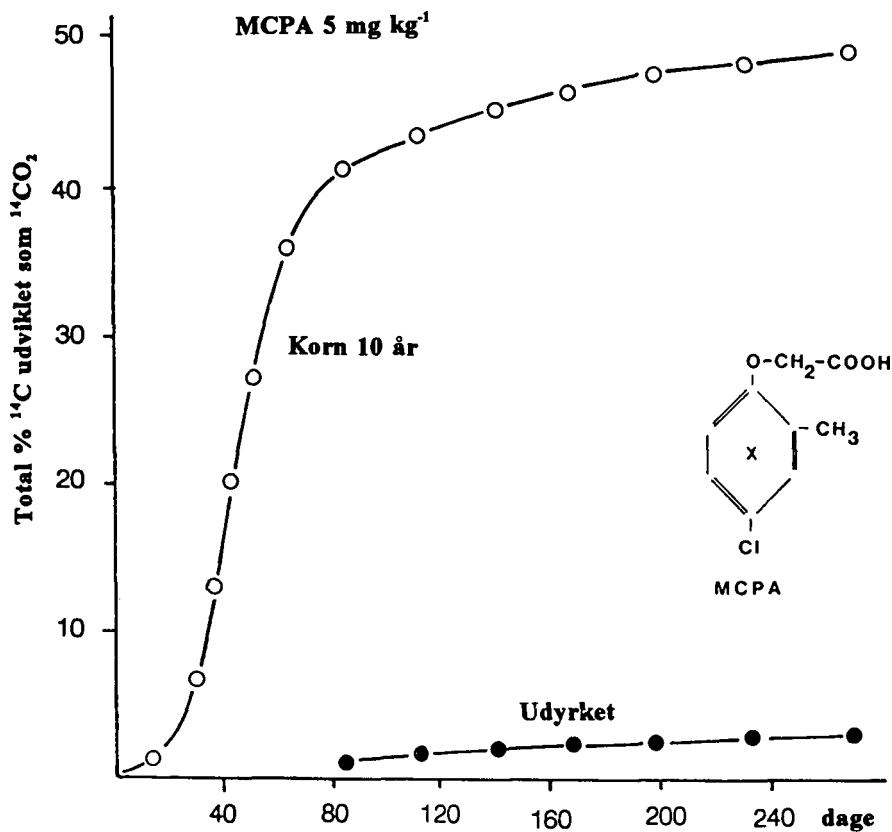


Figur 5. Total % ^{14}C udviklet som $^{14}\text{CO}_2$ fra ^{14}C -mechlorprop ($0,05 \text{ mg kg}^{-1}$) i jordprofil. Jordprøverne blev inkuberet ved 10°C og 50 % vandholdende evne (Helweg, 1991b).

Total evolution of $^{14}\text{CO}_2$ from ^{14}C -labelled mecoprop in a soil profile. Incubated at 10°C and 50% WHC.

Adaptation til pesticidnedbrydning i dybe jordlag

I dybe jordlag, der har været udsat for forurening med olie, spildevand etc. er det tidligere vist, at mikroorganismene kan tilpasse sig den tilførte forurening, således at nedbrydningshastigheden øges med tiden. Zeuthen et al. (1988) målte nedbrydningshastigheden af MCPA i jord udtaget under en mark, som gennem mange år var behandlet med MCPA og lignende herbicider og under et udyrket areal, som grænsede op til marken. Man så, at nedbrydningen foregik meget langsomt under den ubehandlede jord, mens der under tidligere behandlede arealer var en tydelig adaptation af den mikrobielle population, som forøgede den biologiske nedbrydning af pesticidet. Figur 6 viser den totale udskillelse af $^{14}\text{CO}_2$ i løbet af 270 dage for jordprøverne tilsat ^{14}C -MCPA.



Figur 6. Total % ¹⁴C udviklet som ¹⁴CO₂ fra ¹⁴C-MCPA (5 mg kg⁻¹) inkuberet i jordprøver udtaget i 1 meters dybde under mark med ensidig korndyrkning og under udyrket areal (Zeuthen et al., 1988).
Total evolution of ¹⁴CO₂ from ¹⁴C-labelled mecoprop (5 mg kg⁻¹) incubated in soil sampled at 1 meters depth.

Andre nedbrydningsstudier af pesticider

De her nævnte forsøg dækker kun en lille del af det store antal af pesticider, der anvendes eller er blevet anvendt tidligere i det danske landbrug. Forskningen på dette felt i andre lande er lige så ny og ufuldstændig, som den er i Danmark. Helweg (1992) opsummerede de danske og udenlandske studier, der er publiceret vedrørende nedbrydning i dybe jordlag. Nedbrydningen af alachlor, aldicarb, atrazin, 2,4-D, dicamba, dichlobenil, methomyl, oxamyl, propachlor, simazin, 2,4,5-T og TCA er målt, hvor der dog kun i få af disse studier blev anvendt ¹⁴C-mærkede pesticider. Ved at bruge ¹⁴C-mærkede pesticider kan man sikre, at man kan måle nedbrydnings-hastigheden i de laveste koncentrationsområder, mindst ned til ca. 1 µg kg⁻¹, som er de mest interessante, fordi de grænseværdier, der er etableret for grundvands maksimalt tilladelige indhold af pesticider, er meget lave.

Sammendrag

Påvisningen af pesticider i grundvand og drænvand har øget interessen for at bestemme disse stoffers nedbrydning i jordlagene under rodzonen.

Forsøgene viser, at der ofte foregår en nedbrydning af pesticider i disse jordlag. De faktorer, der antages at have størst betydning for nedbrydningen er: mikrobiel aktivitet, jordtemperatur, vandindhold, jordtype og iltindhold.

Nedbrydningshastigheden er i de fleste tilfælde meget lavere i jordlagene under rodzonen end i det øverste jordlag. Pesticidernes halveringstider i jordprøver under rodzonen er 5 til 20 gange større end i jordprøver fra pløjelaget.

Litteratur

1. *Fielding, M., ed.* 1991. Pesticides in ground and drinking water. Water Pollution Research Report 27. Commission of the European Communities, Brussels.
2. *Helweg, A.* 1987. Nedbrydning og adsorption af pesticidkemikalier i jordlag under rodzonen og jordluftens sammensætning ned til 2 meters dybde. (MCPA, dichlorprop, monochlorprop, 2,4-dichlorphenol, TCA og parathion). Tidsskrift for Planteavl's Specialserie. Ber. S 1881. København. 78 s.
3. *Helweg, A.* 1988. Kemiske stoffer i landjordsmiljøer. Teknisk Forlag, København. 270 s.
4. *Helweg, A.* 1990. Degradation of ¹⁴C-labelled atrazine in subsurface soil. 7th Congress of Pesticide Chemistry, IUPAC, Hamburg, August 5-10, 07B-56.
5. *Helweg, A.* 1991. Degradation and adsorption of ¹⁴C-mecoprop (MCP) in surface soils and in subsoil. Influence of temperature, moisture content, sterilization and concentration on degradation. Science of the Total Environment. In press.
6. *Helweg, A.* 1992. Degradation of pesticides in subsurface soils. In "Proceedings of the International Symposium on Environmental Aspects of Pesticide Microbiology" 17-21 august 1992, Sigtuna, Sverige. 249-265.
7. *Kristensen, K. J.* 1959. Temperature and heat balance of soil. OIKOS, 10. 103-120.
8. *Nygaard, E., red.* 1991. Grundvand. Overvågning og problemer. Danmarks Geologiske Undersøgelse, Miljøministeriet, København. 249 s.
9. *Zeuthen, S.B., Madsen, T. & Helweg, A.* 1988. MCPA-nedbrydning i jord udtaget under rodzonen på tidligere behandlede og ubehandlede lokaliteter. 5. Danske Planteværns-konference/Pesticider og Miljø, 23-32.

Udvaskning af phenoxy syrer fra landbrugsjord i omdrift *Leaching of phenoxy herbicides from farmland*

Gitte Felding

Planteværnscentret

Afdeling for Pesticidanalyser og Økotoxikologi

Flakkebjerg

4200 Slagelse

Summary

Leaching of the phenoxy acids MCPA, dichlorprop, 2,4-D, and mecoprop were studied during a period of 2 years taken water samples at a depth of 1-1.3 m below farmland.

The content of phenoxy acids in the water samples was relatively low. The highest concentration of mecoprop was 0.34 $\mu\text{g l}^{-1}$, for MCPA, dichlorprop, and 2,4-D were the highest concentrations 0.29 $\mu\text{g l}^{-1}$, 0.30 $\mu\text{g l}^{-1}$, and 0.24 $\mu\text{g l}^{-1}$, respectively.

A simulation of the leaching of MCPA and mecoprop showed that it took 2 years for the front of the MCPA (salt) and mecoprop (salt) to reach the sampling depth of 1 m. While the mecoprop (ester) only reached a depth of 4 cm after 2 years' leaching. This is in fair accordance with the results.

Indledning

Udvaskningen af phenoxy syrerne MCPA, dichlorprop, 2,4-D og mechlorprop fra 3 lerede lokaliteter er fulgt gennem en 2-årig periode ved udtagning af vandprøver i ca. 1 m's dybde fra den temporært mættede zone. Ovenstående projekt er en videreførelse af en undersøgelse over phenoxy syrerne udvaskning fra sandede jorde (Felding, G., 1990). Jordtyper med en høj hydraulisk ledningsevne betragtes som sårbare (Helling, C. S. & Gish, T. J., 1986), derfor blev udvaskningen af phenoxy syrer fra sandjord undersøgt. Da det ikke var muligt at påvise nogen forurening med phenoxy syrer i højtliggende grundvand udtaget under de behandlede marker, blev nogle tilsvarende feltforsøg etableret på lerjord.

Phenoxy syrerne betragtes som potentielle vandforurenere. De hører til den gruppe af pesticider, som har den højeste opløselighed i vand. Deres adsorption til humus og lerminerale er på grund af stoffernes negative ladning meget begrænset, K_{oc} -værdien er for saltformen af mechlorprop, 2,4-D og MCPA opgivet til 20 ml g^{-1} af Wauchope et al. (1992). Deres pK_a -værdier varierer mellem 1.9 og 3.1 (Wauchope et al., 1992), hvilket betyder, at de er meget mobile i de fleste jorde. Halveringstiden i jord for ovennævnte phenoxy syrer varierer mellem 10 og 25 dage (ved temp. 20-25°C) (Wauchope et al., 1992).

Ovennævnte data viser, at phenoxysyrerne er forholdsvis let nedbrydelige og meget bevægelige. Ydermere har stofferne været på markedet siden midten af 1940'erne. De er udbredt anvendte, derfor hører de til blandt de pesticider, der ofte analyseres for, og som derfor også er påvist i grundvandet i mange lande (Fielding *et al.*, 1991).

Anvendeligheden af en forholdsvis simpel matematisk model CMLS (Chemical Movement in Layered Soils) af Nofziger & Hornsby (1987) belyses ved at simulere udvaskningen af mechlorprop og MCPA. Modellen beskriver nedbrydningen og udvaskningen af pesticidet som funktion af den tid, der er gået siden behandlingen.

Amternes analyser af grundvand udtaget i overvågningsområderne (Jacobsen, O. S., 1992) viser, at der er fundet pesticider i 36 af de 528 undersøgte filtre (~7%). Analyserne omfatter bl. a. phenoxysyrerne MCPA, dichlorprop, 2,4-D og mechlorprop. Som det fremgår af tabel 1, er det totale antal påvisninger for phenoxysyrernes vedkommende 26. I 4 af de 12 prøver, som indeholder dichlorprop, er der også påvist en anden phenoxysyre. Stofferne MCPA og mechlorprop er hver især fundet i 2 af prøverne. I en af de prøver, som indeholder MCPA, er stoffet 2,4-D også påvist. Det totale antal "positive" prøver er derfor ikke 26, men 21. Antallet af påvisninger, som overstiger drikkevandskriteriet (EF-direktiv nr. 80778 og bekendtgørelse nr. 6 af 4. januar 1980) på $0,1 \mu\text{g l}^{-1}$, er 12 fordelt på 10 prøver.

Tabel 1. Phenoxysyrer i grundvandet (Jacobsen, O. S., 1992).
Phenoxy herbicides in ground water.

| Pesticid | Antal påvisninger | Antal påvisninger $\geq 0,10 \mu\text{g l}^{-1}$ |
|------------------|-----------------------------|---|
| <i>Pesticide</i> | <i>Number of detections</i> | <i>Number of detections $\geq 0,10 \mu\text{g l}^{-1}$</i> |
| 2,4-D | 1 | 1 |
| Dichlorprop | 12 | 7 |
| MCPA | 7 | 2 |
| Mechlorprop | 6 | 2 |

Metodebeskrivelse

Lokaliteterne

De 3 marker, hvorfra vandprøverne udtages, er udvalgt på grund af deres jordtype, beliggenhed og anvendelse af sprøjtemidler.

Lokalitet Blans er beliggende på Lolland ved Bandholm. Afhængig af afgrødevalget varierer arealet af marken mellem 20 ha og 36 ha, rørene er placeret "i hjørnerne af en trekant" med nogle få hundrede meter imellem. Afgrødevalget har været vinterhvede, vinterbyg og sukkerroer. Tabel 2 viser teksturanalyser af jordprofiler udtaget i umiddelbar nærhed af

rørene, generelt set kan jordene beskrives som en lerjord (JB7) med et humusindhold på omkring 1,7% i pløjelaget.

Tabel 2. Teksturanalyser for lokaliteterne Blans, Falkerslev og Gyldenholm. Prøverne er udtaget i nærheden af de rør, som opsamler vandet.

Texture analysis of the soils from Blans, Falkerslev, and Gyldenholm. The samples were taken close to the tubes used for water sampling.

| Blans 1 | | Tekstur i % | | | | |
|-----------------|-------|-------------|------|---------|----------|--|
| cm under terræn | Humus | Ler | Silt | Finsand | Grovsand | |
| 0-20 | 1,8 | 14,7 | 14,6 | 46,2 | 22,4 | |
| 20-40 | 1,6 | 17,4 | 13,2 | 45,0 | 22,8 | |
| 40-60 | 0,9 | 23,6 | 14,2 | 39,2 | 22,2 | |
| 60-80 | 1,0 | 21,3 | 11,4 | 45,0 | 21,2 | |
| 80-100 | 0,5 | 20,3 | 11,6 | 46,0 | 21,7 | |
| 100-120 | 0,4 | 19,5 | 11,5 | 46,8 | 21,9 | |
| 120-140 | 0,4 | 17,7 | 15,3 | 42,2 | 20,9 | |
| 140-160 | 0,3 | 13,4 | 12,0 | 37,2 | 18,9 | |
| 160-180 | 0,3 | 11,1 | 12,9 | 38,8 | 18,3 | |
| 180-200 | 0,1 | 11,9 | 11,1 | 36,8 | 17,6 | |

| Blans 2 | | Tekstur i % | | | | |
|-----------------|-------|-------------|------|---------|----------|--|
| cm under terræn | Humus | Ler | Silt | Finsand | Grovsand | |
| 0-20 | 1,8 | 17,4 | 12,1 | 46,4 | 22,2 | |
| 20-40 | 1,6 | 19,3 | 11,3 | 46,0 | 21,9 | |
| 40-60 | 0,8 | 25,4 | 12,4 | 41,8 | 19,8 | |
| 60-80 | 0,6 | 23,4 | 13,5 | 42,4 | 20,1 | |
| 80-100 | 0,5 | 22,5 | 13,4 | 43,4 | 20,1 | |
| 100-120 | 0,6 | 23,4 | 13,5 | 42,6 | 19,9 | |
| 120-140 | 0,4 | 19,3 | 12,6 | 35,0 | 17,5 | |
| 140-160 | 0,7 | 13,9 | 12,4 | 38,6 | 15,2 | |
| 160-180 | 0,6 | 12,6 | 11,4 | 37,8 | 17,9 | |
| 180-200 | 0,6 | 12,4 | 10,5 | 39,7 | 18,1 | |

| Blans 3 | | Tekstur i % | | | | |
|-----------------|-------|-------------|------|---------|----------|--|
| cm under terræn | Humus | Ler | Silt | Finsand | Grovsand | |
| 0-20 | 1,7 | 18,3 | 13,2 | 45,2 | 21,6 | |
| 20-40 | 1,6 | 19,3 | 14,2 | 43,2 | 21,6 | |
| 40-60 | 0,7 | 21,6 | 15,2 | 42,2 | 20,3 | |
| 60-80 | 0,6 | 18,3 | 12,6 | 42,7 | 19,9 | |
| 80-100 | 0,4 | 13,0 | 11,5 | 39,9 | 18,5 | |
| 100-120 | 0,4 | 12,4 | 11,0 | 38,6 | 18,0 | |
| 120-140 | 0,3 | 12,9 | 11,5 | 39,0 | 18,0 | |
| 140-160 | 0,4 | 11,9 | 10,0 | 38,7 | 18,1 | |
| 160-180 | 0,1 | 11,9 | 10,6 | 37,0 | 18,3 | |
| 180-200 | 0,3 | 11,0 | 11,5 | 38,2 | 17,7 | |

| Falkerslev 1 | | Tekstur i % | | | | |
|-----------------|-------|-------------|------|---------|----------|--|
| cm under terræn | Humus | Ler | Silt | Finsand | Grovsand | |
| 0-20 | 1,9 | 17,3 | 13,2 | 46,6 | 21,0 | |
| 20-40 | 1,6 | 16,4 | 14,2 | 45,2 | 22,6 | |
| 40-60 | 1,0 | 20,6 | 14,2 | 41,8 | 22,6 | |
| 60-80 | 0,6 | 23,6 | 13,2 | 37,0 | 25,2 | |
| 80-100 | 0,5 | 23,3 | 13,6 | 39,8 | 18,3 | |
| 100-120 | 0,2 | 18,3 | 11,8 | 33,0 | 14,6 | |
| 120-140 | 0,1 | 13,5 | 13,5 | 32,2 | 13,5 | |
| 140-160 | 0,2 | 19,4 | 12,6 | 36,4 | 15,8 | |
| 160-180 | 0,1 | 18,7 | 11,4 | 22,6 | 28,7 | |
| 180-200 | 0,1 | 15,4 | 11,7 | 32,4 | 18,6 | |

| Falkerslev 2 | | Tekstur i % | | | | |
|-----------------|-------|-------------|------|---------|----------|--|
| cm under terræn | Humus | Ler | Silt | Finsand | Grovsand | |
| 0-20 | 3,2 | 16,4 | 19,5 | 42,6 | 18,2 | |
| 20-40 | 2,8 | 17,3 | 18,7 | 41,6 | 19,4 | |
| 40-60 | 1,0 | 25,6 | 14,1 | 42,0 | 17,4 | |
| 60-80 | 0,7 | 21,4 | 13,5 | 44,0 | 19,3 | |
| 80-100 | 0,5 | 17,4 | 11,5 | 42,8 | 17,1 | |
| 100-120 | 0,4 | 16,3 | 10,7 | 37,2 | 17,9 | |
| 120-140 | 0,3 | 16,3 | 9,7 | 40,0 | 17,1 | |
| 140-160 | 0,4 | 14,1 | 10,8 | 41,8 | 16,8 | |
| 160-180 | 0,2 | 14,0 | 10,5 | 40,2 | 16,8 | |
| 180-200 | 0,4 | 13,5 | 10,9 | 40,2 | 17,4 | |

| Falkerslev 3 | | Tekstur i % | | | | |
|-----------------|-------|-------------|------|---------|----------|--|
| cm under terræn | Humus | Ler | Silt | Finsand | Grovsand | |
| 0-20 | 2,2 | 20,4 | 16,9 | 40,2 | 20,5 | |
| 20-40 | 1,4 | 24,6 | 16,9 | 36,8 | 20,5 | |
| 40-60 | 0,5 | 20,4 | 10,5 | 34,6 | 20,9 | |
| 60-80 | 0,3 | 16,2 | 9,8 | 38,0 | 20,9 | |
| 80-100 | 0,4 | 13,6 | 10,8 | 39,2 | 20,5 | |
| 100-120 | 0,2 | 10,2 | 14,3 | 37,8 | 20,8 | |
| 120-140 | 0,3 | 12,6 | 10,9 | 40,2 | 19,0 | |
| 140-160 | 0,3 | 11,7 | 11,8 | 38,8 | 19,6 | |
| 160-180 | 0,7 | 13,9 | 11,4 | 38,2 | 20,3 | |
| 180-200 | 0,1 | 9,1 | 14,4 | 38,4 | 19,6 | |

| Gyldenholm 1 | | Tekstur i % | | | | |
|-----------------|-------|-------------|------|---------|----------|--|
| cm under terræn | Humus | Ler | Silt | Finsand | Grovsand | |
| 0-20 | 2,2 | 12,6 | 15,4 | 45,0 | 24,1 | |
| 20-40 | 2,0 | 18,4 | 16,0 | 41,2 | 22,3 | |
| 40-60 | 0,7 | 32,6 | 11,3 | 40,8 | 14,7 | |
| 60-80 | 0,3 | 18,8 | 10,4 | 47,6 | 23,1 | |
| 80-100 | 0,3 | 14,0 | 11,5 | 49,0 | 23,0 | |
| 100-120 | 0,2 | 14,0 | 11,0 | 40,8 | 17,2 | |
| 120-140 | 0,5 | 10,4 | 12,0 | 42,6 | 17,4 | |
| 140-160 | 0,3 | 9,8 | 11,6 | 44,0 | 20,7 | |

| Gyldenholm 2 | | Tekstur i % | | | | |
|-----------------|-------|-------------|------|---------|----------|--|
| cm under terræn | Humus | Ler | Silt | Finsand | Grovsand | |
| 0-20 | 2,5 | 15,3 | 14,0 | 46,0 | 22,2 | |
| 20-40 | 2,1 | 15,4 | 14,1 | 45,0 | 23,5 | |
| 40-60 | 1,7 | 16,4 | 15,1 | 44,4 | 22,4 | |
| 60-80 | 1,3 | 17,4 | 17,3 | 45,0 | 22,1 | |
| 80-100 | 1,2 | 17,5 | 13,2 | 43,0 | 25,1 | |
| 100-120 | 0,5 | 19,4 | 15,4 | 43,6 | 21,1 | |
| 120-140 | 0,3 | 19,5 | 12,5 | 46,6 | 21,1 | |
| 140-160 | 0,4 | 19,6 | 15,4 | 43,6 | 21,1 | |
| 160-180 | 0,5 | 17,6 | 12,3 | 43,4 | 19,7 | |
| 180-200 | 0,5 | 15,6 | 13,3 | 43,2 | 18,9 | |

| Gyldenholm 3 | | Tekstur i % | | | | |
|-----------------|-------|-------------|------|---------|----------|--|
| cm under terræn | Humus | Ler | Silt | Finsand | Grovsand | |
| 0-20 | 2,6 | 11,9 | 13,9 | 46,4 | 23,1 | |
| 20-40 | 1,5 | 11,9 | 12,8 | 50,4 | 23,5 | |
| 40-60 | 0,8 | 16,4 | 11,5 | 50,8 | 20,4 | |
| 60-80 | 0,5 | 22,5 | 13,4 | 42,6 | 20,9 | |
| 80-100 | 0,3 | 19,7 | 15,3 | 45,4 | 19,3 | |
| 100-120 | 0,4 | 17,6 | 15,2 | 45,1 | 19,7 | |
| 120-140 | 0,3 | 14,1 | 13,8 | 38,8 | 18,5 | |
| 140-160 | 0,4 | 13,5 | 11,9 | 37,2 | 16,2 | |
| 160-180 | 1,0 | 13,9 | 12,8 | 37,6 | 15,7 | |
| 180-200 | 0,6 | 11,3 | 15,0 | 36,4 | 15,2 | |

Lokalitet Falkerslev er beliggende på Falster ved Horbelev. Arealet er på ca. 5 ha, rørene er placeret med en afstand på nogle få hundrede meter "i hjørnerne på en trekant". Afgrødevalget har været vinterhvede, vårbyg og sukkerroer. Tabel 2 viser teksturanalyser af jordprofiler udtaget umiddelbart i nærheden af rørene, det er en lerjord (JB7) med et gennemsnitligt humusindhold på 2,2% i pløjelaget.

Lokalitet Gyldenholm er beliggende på Sjælland ved Fuglebjerg. Arealet er på 44 ha, rørene er også her placeret som "hjørnerne i en trekant" med nogle få hundrede meter imellem. Afgrødevalget har været vinterhvede, vinterraps og vårbyg. Tabel 2 viser teksturanalyser af jordprofiler udtaget i umiddelbar nærhed af rørene, jorden her er mere heterogen end på de andre lokaliteter. Gyldenholm 2 profilet er en ren JB7 lerjord, Gyldenholm 1 og 3 er en blanding mellem en sandet lerjord (JB6) og en lerjord (JB7).

Humusindholdet i pløjelaget er gennemsnitlig 2,2%.

De anvendte sprøjtemidler fremgår af tabel 3, mechlorprop er udsprøjtet som en esterformulering i 6 ud af 7 tilfælde.

Tabel 3. Anvendte phenoxysyrer i kg aktivt stof pr. ha.
Used phenoxy herbicides as kg active ingredient per hectare.

| Lokalitet <i>Locality</i> | Mechlorprop "salt" "ester" <i>Mecoprop</i> "salt" "ester" | MCPA <i>MCPA</i> | Dichlorprop <i>Dichlorprop</i> | 2,4-D <i>2,4-D</i> | Tidspunkt <i>Time</i> |
|------------------------------|--|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|--|
| Blans | 1.080 kg 1.250 kg | | 1.600 kg | 0.400 kg | forår 1985 efterår 1986 forår 1990 |
| Falkerslev | 1.680 kg | 0.500 kg 0.418 kg 0.810 kg | 1.500 kg 1.250 kg | | forår 1985 sommer 1987 sommer 1988 forår 1989 |
| Gyldenholm | 1.500 kg 0.840 kg 0.336 kg 0.384 kg | | 1.600 kg | 0.400 kg | forår 1985 efterår 1987 efterår 1989 efterår 1990 |

Opsamling af vandprøver

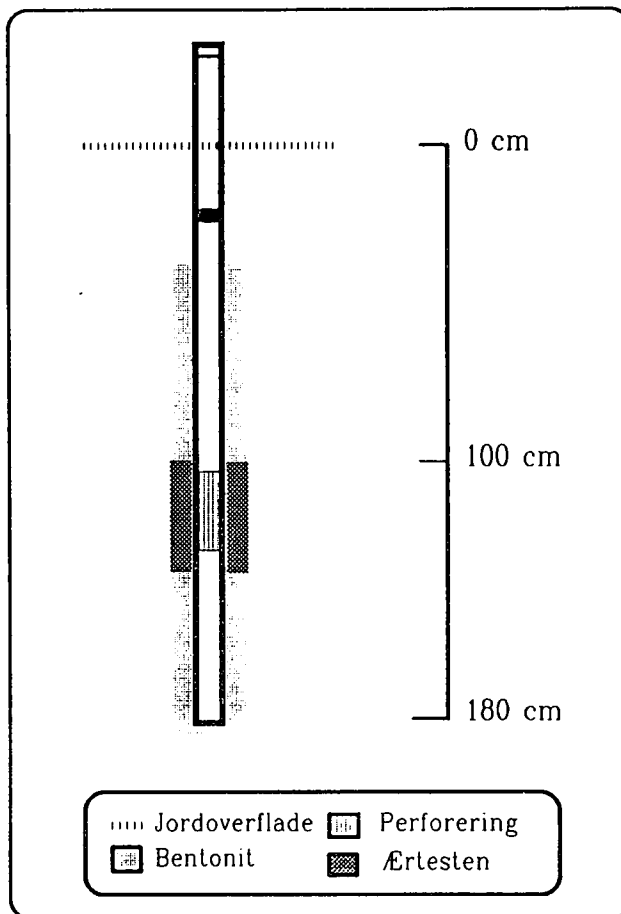
Placeringen af de 3 rør er foretaget således, at de randeffekter, der måtte stamme fra det omkringliggende område, er minimale. Rørene er placeret, med en indbyrdes afstand på nogle få hundrede meter et stykke inde på markerne, i en trekant, hvor rørene udgør hjørnerne. Skulle der, til trods for at terrænet er forholdsvis fladt, alligevel forekomme en horisontal vandtransport, så vil det vand, der forlader "trekantsområdet" primært erstattes af vand, som også har infiltreret dæklaget mellem den temporært mættede zone og den behandlede mark, derfor kan den horisontale transport negligeres.

Designet af rørene stammer fra Bayer i Monheim (pers. medd. J.H. Jarczyk) og illustreres på figur 1. Rørene, som er 2 m lange (incl. forlængerrør) med en indre diameter på 8 cm, er pakket i bentonit for dels at holde dem fast og dels for at forhindre nedsivning langs røret. Udenfor perforeringen er der placeret ærtesten. I løbet af vinterhalvåret, når jorden bliver mættet med vand, vil vandet strømme ind i røret via perforeringen, rørene fungerer som lodrette drænrør. Pesticidindholdet i det vand, som er i røret, vil på grund af ringe diffusion hovedsageligt være repræsentativt for det vand, som bragte jorden i den pågældende dybde

fra umættede til mættede forhold.

En anden teknik, som gør det muligt at udtage prøver løbende, er udtagning via sugekopper, der placeres i den ønskede jorddybde og sættes under vakuum. Der er flere grunde til, at denne teknik ikke er valgt, bl.a. giver sugekopperne oftest meget små volumener vand og ved at trække vandet ud af jorden via et undertryk, er der en risiko for, at man mister de letflygtige stoffer. Desuden vil der ske en større afdræning end under normale forhold.

Om sommeren ligger rørene under pløjelaget, idet forlængerstykket, som er 50 cm langt, er aftaget og røret lukket med et skruelåg. Ovenpå rørets skruelåg er placeret en kraftig magnet, ved hjælp af denne lokaliseres rørene med en metaldetektor, når arbejdet på marken er slut i september/oktober. Pløjelaget fjernes forsigtigt og forlængerrør med skruelåg monteres, pløjelaget lægges på plads i den rigtige lagfølge.



Figur 1. Rustfrit stålrør monteret med forlængerrør til opsamlng af vand.
Stainless steel tube for sampling of water. The tube is closed with a screw cap. The tube is packed with bentonite; outside the perforation is pea-size gravel.

Vandprøverne kan nu forholdsvis let udtages med en vandhenter, som består af rustfrit stål og teflon. Vandet kan ved hjælp af denne udtages uden, at det bringes under tryk, nemlig ved at sænke vandhenteren ned i vandet hvorefter vandet løber ind i beholderen, bunden lukkes via et håndtag, og vandet kan dernæst løftes op af rørene. Vandet hældes fra vandhenteren via en tragt over i en pyrexglasflaske med teflon coated skruelåg, vandprøverne bringes til laboratoriet med det samme. Ved ankomsten til laboratoriet måles pH og NO_3^- indholdet i vandet, hvorefter det filtreres gennem et Whatman filter.

Ekstraktion, oprensning og opkoncentrering

1000 ml vand afmåles og overføres til en 2 l skilletragt, der tilsættes 3 ml H_2SO_4 (24%), pH er da ca. 1. Vandet tilsættes 100 ml CH_2Cl_2 og der rystes i 2 minutter, efter henstand i 10 minutter overføres CH_2Cl_2 -fasen til en 500 ml skilletragt. Ekstraktionen gentages 2 gange med 100 ml CH_2Cl_2 pr. gang, og CH_2Cl_2 -faserne overføres til 500 ml skilletragten, de samlede ekstrakter tilsættes 50 ml NaOH (1%), og der rystes i 2 minutter, efter henstand i 5 minutter aftappes CH_2Cl_2 -fasen og bortkastes. Den basiske vandfase tilsættes 2 ml H_2SO_4 (24%), er $\text{pH} > 1$ justeres til $\text{pH} < 1$. Vandfasen udrystes nu med 20 ml CH_2Cl_2 i 2 minutter, efter henstand i 10 minutter overføres CH_2Cl_2 -fasen via en tragt med vandfrit Na_2SO_4 til en 100 ml rundkolbe, vandfasen udrystes yderligere med 2 x 20 ml CH_2Cl_2 og ekstrakterne overføres til rundkolben, Na_2SO_4 skylles efter med lidt CH_2Cl_2 . De samlede CH_2Cl_2 -faser inddampes nu på en rotationsfordamper ved en temperatur på 38-40°C (vandbad) og ved et tryk på -0,4 bar, til næsten tørhed. Inddampningsresten overføres med Pasteur pipette til en testtube med 6 ml acetone.

Derivatisering

Inddampningsresten i acetone tilsættes nu 25 μl pentafluorbenzylbromidopløsning (1%) og ca. 20 mg K_2CO_3 , herved fås de korresponderende pentafluorbenzylestre. Glasset lukkes og rystes i 5 sekunder på en reagensglasryster, henstår natten over ved stuetemperatur.

Næste dag overføres væskefasen til en ny testtube, bundfaldet skylles med maksimalt 1 ml acetone, som dernæst overføres til testtuben. Der tilsættes nu 2 ml isooctan og volumnet reduceres til ca. 1 ml ved svag N_2 -tilledning. Der tilsættes yderligere 2 x 2 ml isooctan og volumnet reduceres og overføres til en 2 ml vial med nogle få dråber isooctan, endelig finindstilles volumnet til 1000 μl ved vejning. Vialen lukkes med et tefloncoatet låg og opbevares i mørke ved -15°C indtil analyseringen finder sted.

Tilsætningsforsøg

På helt tilsvarende måde som beskrevet ovenfor fremstilles nogle tilsætningsforsøg, d.v.s. analyse rene standardopløsninger af mechlorprop, MCPA, dichlorprop og 2,4-D tilsættes i forskellige koncentrationsniveauer til 1 liter ledningsvand. Ud fra disse prøver tilsat kendte mængder af phenoxysyrer bestemmes pesticidindholdet i de udtagne vandprøver og detektionsgrænserne fastlægges.

Kromatografi

Indholdet af phenoxysyrer i vandprøverne blev kvantitativt bestemt ved gaskromatografi/massespektrometri (GC/MS) med data acquisition i "selected ion monitoring" (SIM). Ionerne i SIM blev udvalgt efter, hvilke der gav den største respons og samtidig havde mindst mulig interferens med de andre stoffer i ekstraktet. Verificeringen af phenoxysyrerne blev udført med data acquisition i fuld-scan, hvilket giver et "fingerprint" af de derivatiserede syrer. Alle analyser blev foretaget på en Hewlett-Packard gaschromatograf model 5890A tilkoblet en Hewlett-Packard model 5970 masse selektiv detektor. Efter en splitless injektion (1,5 minut purge) blev adskillelsen af komponenterne foretaget på en kapillær kolonne 25 m x 0,2 mm i.d. (cross linked 5% phenyl silicone gum phase) under følgende betingelser, bære gas: helium 15 psi, temperaturer: transfer line 290°C, injektionssort 280°C. Temperatur program: start temperatur 60°C holdes i 1 minut, programmeringsrate 1, 10°C min⁻¹, programmeringsrate 2, 6°C min⁻¹ (130°C - 260°C), programmeringsrate 3, 10°C min⁻¹, slut temperatur 290°C holdes i 5 minutter. Ion source 70eV electron impact. Solvent delay 22 minutter, dwelltime 100ms mass⁻¹. Electron multiplier -1800 V eller -2200 V.

Restkoncentrationerne i vandet blev fastlagt ved, at sammenholde GC/MS peak arealer af prøverne med tilsætningsforsøgenes arealer. Ved hver kørsel blev der fremstillet kurver ud fra tilsætningsforsøgene, r^2 var generelt > 0.95. Detektionsgrænserne (som defineret af Müller, J. C. & Miller, J. N., 1988) blev fastlagt ved hver kørsel, idet apparatets følsom varierer, tabel 4 viser detektionsgrænsernes variation.

Tabel 4. Detektionsgrænser for de til phenoxysyrerne korresponderende PFB-estre.
Limits of detection for the PFB-esters of the phenoxy acids.

| | |
|-------------|------------------------------------|
| 2,4-D | 0.036 - 0.128 $\mu\text{g l}^{-1}$ |
| dichlorprop | 0.025 - 0.083 $\mu\text{g l}^{-1}$ |
| MCPA | 0.024 - 0.085 $\mu\text{g l}^{-1}$ |
| mechlorprop | 0.010 - 0.085 $\mu\text{g l}^{-1}$ |

For at have mulighed for yderligere at sænke detektionsgrænsen blev de derivatiserede ekstrakter fra op til ca. 4 liter samlet under et.

Resultater

På de 3 lokaliteter blev der i udtagningsperioden (november/december 1988 til marts 1991) ialt udtaget 65 drønvandsprøver, som hver især blev analyseret for ovennævnte phenoxysyrer.

På lokalitet Blans blev der i efteråret 1986 anvendt mechlorprop (ester)(se tabel 3), men bortset fra udtagningen i februar 1990 (0.14 $\mu\text{g l}^{-1}$), ses det hydrolyserede stof kun i meget

lave koncentrationer. I foråret 1990 blev mechlorprop (ester) anvendt og i december samme år sås den hydrolyserede forbindelse i drænvandet fra alle 3 rør, i koncentrationsniveauet fra $0,01 \mu\text{gl}^{-1}$ til $0,04 \mu\text{gl}^{-1}$. MCPA er blevet anvendt til pletbehandling og ses i analyserne fra december 1989 og et år frem, den maksimale koncentration som blev registreret, var $0,29 \mu\text{gl}^{-1}$. 2,4-D og dichlorprop blev udsprøjtet godt 3 år inden de første vandprøver blev udtaget. Dichlorprop ses i vandet frem til november 1990, herefter er det kun påvist i vand udtaget i februar 1991. 2,4-D ses i forholdsvis lave koncentrationer i vandet til og med februar 1990. pH målt i vandet lå i intervallet mellem 6,7 og 7,8, nitrat generelt mellem 25mg l^{-1} og 100mg l^{-1} .

På lokalitet Falkerslev blev der i maj 1985 sprøjtet med mechlorprop (ester)(se tabel 3). Koncentrationen af den hydrolyserede forbindelse er forholdsvis lav (maksimalt $0,08 \mu\text{gl}^{-1}$) i det vand, som blev udtaget i november 1988. I april 1989 anvendes mechlorprop (salt), i udtagningerne fra december 1990 ses stoffet i koncentrationer op til $0,34 \mu\text{gl}^{-1}$. I vandprøver udtaget marts 1991 er mechlorprop koncentrationen lav igen. I juni 1987 og juni 1988 anvendes MCPA og dichlorprop, vand udtaget i november 1988 indeholder maksimalt $0,04 \mu\text{gl}^{-1}$ af MCPA. Dichlorprop ses i vandprøver op til 2 år efter at det har været anvendt (maksimalt $0,15 \mu\text{gl}^{-1}$). pH er målt i intervallet mellem 6,9 og 7,9, nitratindholdet lå fra 10mg l^{-1} til 50mg l^{-1} .

På lokalitet Gyldenholm blev der om efteråret i 1987, 1989 og 1990 sprøjtet med mechlorprop (ester)(se tabel 3). Der er ikke registreret noget respons fra den hydrolyserede forbindelse.

MCPA ses i meget lave koncentrationer (maksimalt $0,08 \mu\text{gl}^{-1}$), men fremgår ikke af sprøjteplanen. 2,4-D og dichlorprop er anvendt i maj 1985, de ses i vandet frem til november 1990. De maksimale koncentrationer er henholdsvis $0,24 \mu\text{gl}^{-1}$ og $0,15 \mu\text{gl}^{-1}$. pH er målt i intervallet mellem 6,8 og 7,9, nitratindholdet lå fra 10mg l^{-1} til 100mg l^{-1} .

Tabel 5. Phenoxysyrer i drænvand.
Phenoxy acids in drainage water.

| Pesticid <i>Pesticide</i> | n/N* | Maksimale koncentrationer (μgl^{-1}) <i>Max. value (μgl^{-1})</i> |
|------------------------------|------|---|
| 2,4-D | 4/65 | 0.24 |
| Dichlorprop | 7/65 | 0.30 |
| MCPA | 4/65 | 0.29 |
| Mechlorprop | 4/65 | 0.34 |

* n=antal påvisninger $\geq 0,10 \mu\text{gl}^{-1}$, N=antal prøver.
n=number of detections $\geq 0,10 \mu\text{gl}^{-1}$, N=number of samples

I tabel 5 er antallet af påvisninger, som overstiger drikkevandskriteriet, anført for de 3 lokaliteters vedkommende. De 19 påvisninger stammer fra 16 forskellige prøver, hvilket svarer til, at der i ca. 25% af prøverne er påvist phenoxysyrer i et koncentrationsniveau, som er for højt. Det skal dog bemærkes, at vand udtaget i kun 1 m's dybde ikke anvendes til drikkevand. Dichlorprop er, ligesom i amternes undersøgelser, den phenoxysyrer som er hyppigst påvist.

Simulering af phenoxysyrernes udvaskning

Med det formål at finde ud af om en model kunne have forudset udvaskningen af phenoxysyrerne, blev modellen CMLS (Chemical Movement in Layered Soils) udvalgt.

Til simulering af phenoxysyrernes udvaskning er anvendt litteraturværdier for adsorption og persistens (normaliseret til 10°C), værdierne fremgår af tabel 6.

Tabel 6. Adsorption, persistens og opløselighed af MCPA og mechlorprop (Wauchope et al., 1992).

Adsorption, persistence and solubility of MCPA and mecoprop.

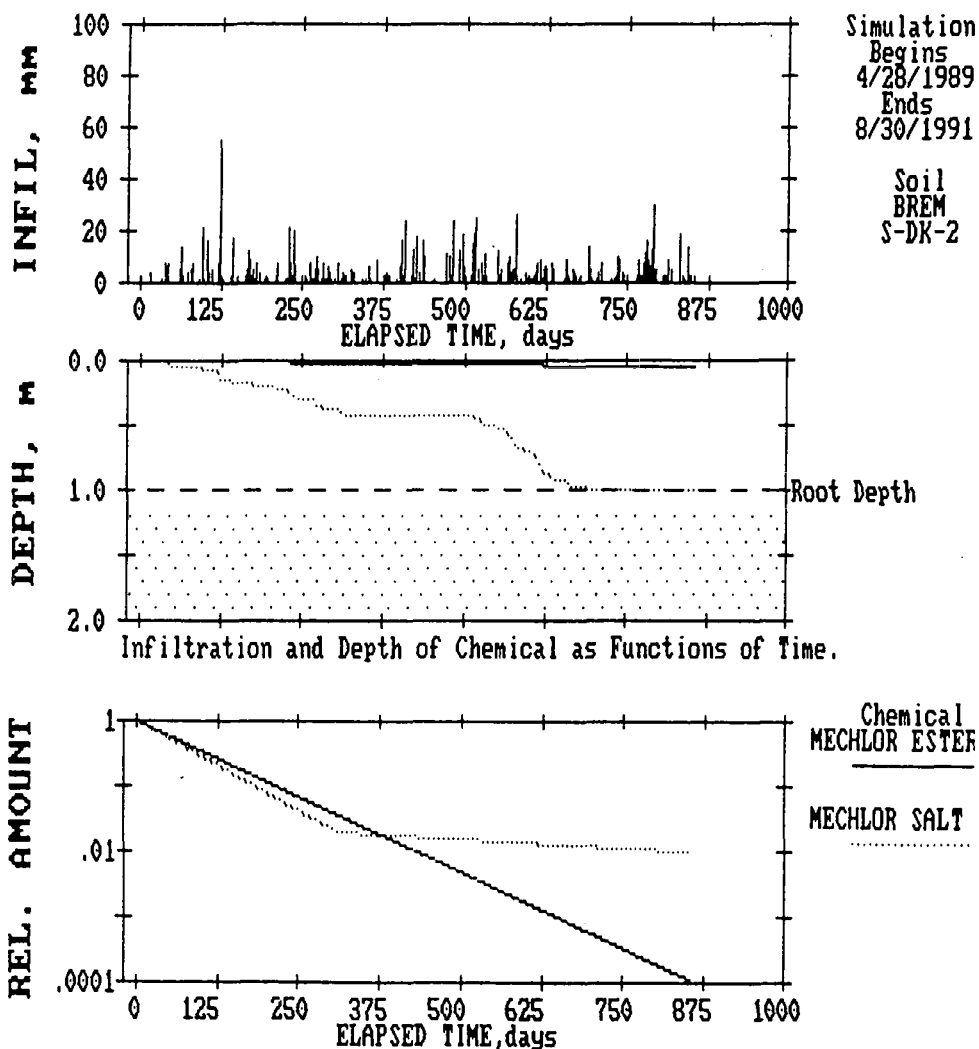
| Pesticid <i>Pesticide</i> | K_{oc} i mlg^{-1} <i>K_{oc} in mlg^{-1}</i> | $T_{1/2}$ i dage <i>$T_{1/2}$ in days</i> | Opløselighed ($mg l^{-1}$) <i>Solubility ($mg l^{-1}$)</i> |
|------------------------------|--|---|--|
| MCPA (salt) | 20 | 65 | 866.000 |
| Mechlorprop (salt) | 20 | 55 | 660.000 |
| MCPA (ester) | 1000 | 65 | |

Da der ikke er opgivet litteraturværdier for mechlorprop (ester), anvendes litteraturværdierne for MCPA (ester). K_{oc} -værdien er antagelig nogenlunde i overensstemmelse med den værdi, som mechlorprop (ester) har, idet saltens opløselighed (S) er i samme størrelsesorden ($\log(K_{oc}) = 3.513 - 0.482 \cdot \log(S)$).

De jordparametre og hydrologiske parametre, som indgår i CMLS, er ikke bestemt for de her beskrevne lokaliteter. Parametre fra en lokalitet med sammenlignelig jordtype (Bremersvold) anvendes derfor.

Landbrugsjorden fra Falkerslev vælges til simuleringen, bl. a. fordi der på lokaliteten har været anvendt mechlorprop både som ester og salt.

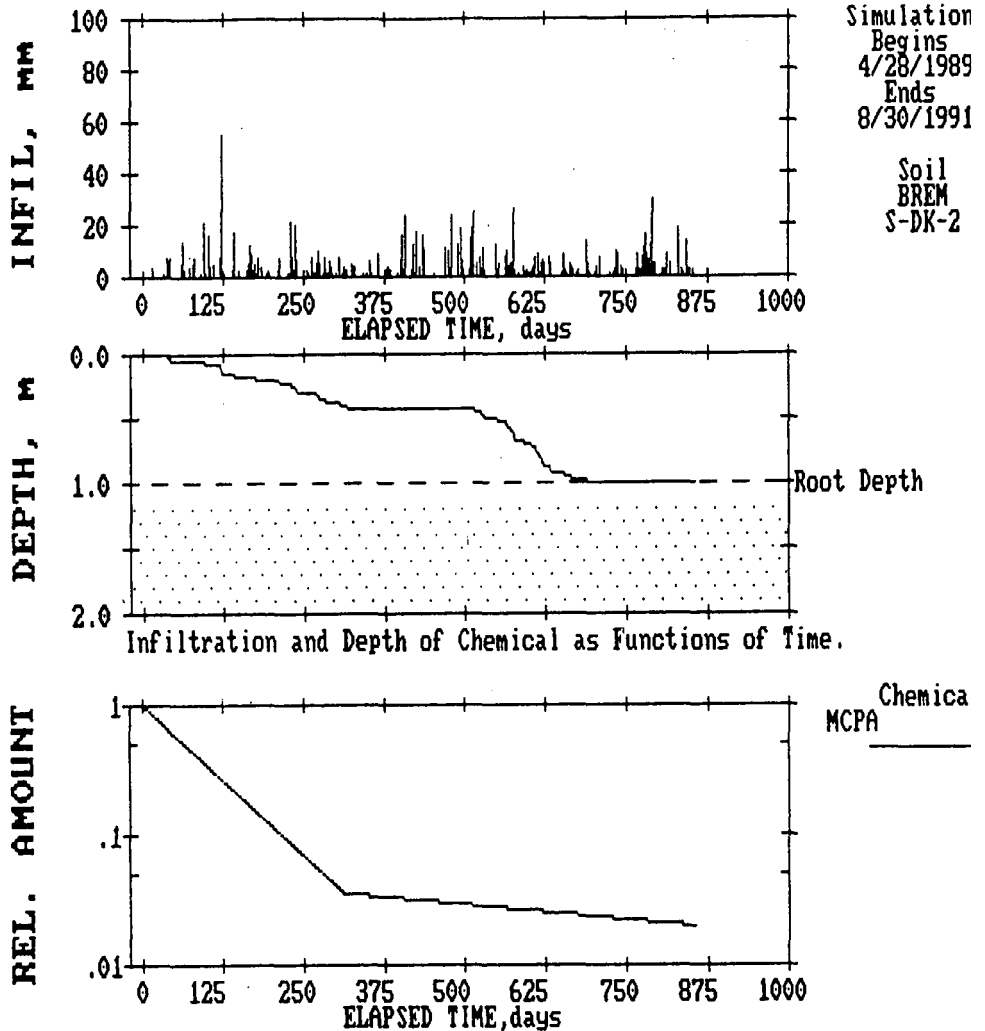
Mechlorprop som ester og salt "udsprøjtes" den 28-4-1989, efter 692 dage (marts 1991) når saltet dybden 1 m, mechlorprop (ester) når i løbet af det samme tidsrum kun dybden 4 cm. På figur 2 ses simuleringen af ester- og saltformen, figuren viser klart forskellen på ester- og saltformen, simuleringen passer stort set med resultaterne fra de 3 lokaliteter. På lokalitet Falkerslev er saltformen af mechlorprop undervejs omkring 1 - 1½ år.



Figur 2. Nedbøren (i mm) samt simulering af dybden til pesticidfronten (i m under terræn) og den relative mængde af uomdannet mechlorprop (ester) og mechlorprop (salt) i perioden fra behandlingen 28. april 1989 og indtil 30. august 1991.

Infiltration (in mm) and depth of the pesticide (in m), and the relative amount of pesticide as functions of time.

På Gyldenholm har esteren af mechlorprop som nævnt været anvendt i efteråret 1987, 1989 og 1990, der er ikke i udtagningsperioden registreret noget respons fra den hydrolyserede forbindelse. Hvilket også svarer til, at CMLS ikke simulerer udvaskning af mechlorprop (ester).



Figur 3. Nedbøren (i mm) samt simulering af dybden til pesticidfronten (i m under terræn) og den relative mængde af uomdannet MCPA i perioden fra behandlingen 28. april 1989 og indtil 30. august 1991.

Infiltration (in mm) and depth of the pesticide (in m), and the relative amount of pesticide as functions of time.

Den MCPA, som blev udsprøjtet på lokalitet Falkerslev i juni 1987, når ifølge CMLS 1 m's dybde efter 960 dage (januar 1990). I sommeren 1988 blev der igen anvendt MCPA, som ifølge CMLS når 1 m's dybde efter 940 dage (december 1990). For tredje år i træk blev der i 1989 anvendt MCPA, som ifølge simuleringen figur 3, når 1 m's dybde efter 692 dage

(marts 1991). Ifølge ovenstående skulle der være mulighed for at finde stoffet MCPA i vandprøver udtaget i perioden fra januar 1990 til marts 1991. Sammenligner man med de faktiske fund af MCPA, så viser det sig, at vandprøverne fra december 1989 indeholdt MCPA for alle 3 rørs vedkommende, vandprøver udtaget i januar 1990, februar 1990 og december 1990 indeholdt MCPA, i februar og marts 1991 var der intet respons fra MCPA i prøverne.

Diskussion

På de 3 lokaliteter, hvor udvaskningen af phenoxysyrer er undersøgt, er prøverne kun analyseret for indhold af phenoxysyrer. Det betyder, at hvis der f.eks. er noget uomdannet mechlorprop (ester) i vandet, så vil det ikke fremgå af analysen. Det er dog næppe sandsynligt, at esteren vil bevæge sig i jorden på grund af dens ringe vandopløselighed. Er esteren derimod blevet hydrolyseret, vil den indgå i analysen som de andre syrer.

Resultaterne viser, at en forårssprøjtning med mechlorprop (salt) medførte en mindre udvaskning, ca. 1½ år efter udsprøjtningen sås pesticidet i drænvandet. Hvorimod efterårsanvendelsen af mechlorprop (ester) ikke gav nogen udvaskning af den hydrolyserede forbindelse. Når der ikke findes spor af mechlorprop efter anvendelse af esterformuleringen, så skyldes det sandsynligvis, at esteren bindes i de øverste jordlag og dermed ikke udgør nogen potentiel fare for grundvandet. Forskellen på mobiliteten af salt og ester forbindelsen af mechlorprop fremgår af figur 2.

Vand udtaget under rodzonen viser, at der finder en vis transport af phenoxysyrerne sted. Generelt er det dog forholdsvis lave koncentrationer af phenoxysyrerne, der er fundet i drænvandet.

Resultaterne viser, at enkelte års anvendelse af phenoxysyrerne kan medføre, at vandprøver udtaget i godt 1 m's dybde indeholder meget lave koncentrationer af phenoxysyrerne igennem flere år.

På Gyldenholm ses MCPA i vandprøverne, selvom stoffet ikke har været anvendt det pågældende sted, noget tilsvarende gælder for 2,4-D på Falkerslev. En mulig forklaring kunne være, at phenoxysyrerne optræder som indbyrdes urenheder, opstået i forbindelse med syntesen, men hvis det var tilfældet, ville koncentrationsniveauet mellem selve pesticidet og "forureningen" ikke være af samme størrelsesorden, som tilfældet er her. Om de generelt meget lave værdier af MCPA, dichlorprop og 2,4-D kan stamme fra vinddrift eller en mere "global" luftforurening med phenoxysyrerne, som så via nedbøren transporteres til jordoverfladen, hvorfra den videre udvaskning foregår, eller om stofferne måske har været anvendt på de pågældende arealer uden, at det fremgår af sprøjteplanerne, eller om der evt. er tale om forureninger, som har opholdt sig i jordprofilet gennem mange år, kan ikke afsløres ud fra disse analyser.

Med hensyn til simuleringen så viser CMLS for de her udvalgte phenoxysyrer en god overensstemmelse rent tidsmæssigt til trods for, at der anvendes litteraturværdier for adsorption og persistens samt tillempede jordparametre og hydrologiske parametre. GUS-indekset placerer både saltformen af MCPA og mechlorprop i gruppen af udvaskelige pesticider (Gustafson, D. T., 1989).

Kun nogle få af de grundvandsprøver, som er analyseret for phenoxy-syrer i forbindelse med amternes overvågning af vandkvaliteten, er udtaget indenfor de øverste 10 m af grundvandszonen. Dette medfører, at man i de fleste tilfælde, hvor der er påvist phenoxy-syrer, må sandsynliggøre, om prøvernes indhold skyldes en flade- eller punktkildeforurening.

Sammendrag

Udvaskningen af phenoxy-syrerne MCPA, dichlorprop, 2,4-D og mechlorprop er undersøgt ved udtagning af vandprøver 1-1,3 m under behandlede marker gennem en 2-årig periode. Indholdet af phenoxy-syrerne er generelt forholdsvis lavt, den højeste koncentration er målt for mechlorprop (salt) og udgør $0.34 \mu\text{gl}^{-1}$. For MCPA og dichlorprop er de maksimale koncentrationer henholdsvis $0.29 \mu\text{gl}^{-1}$ og $0.30 \mu\text{gl}^{-1}$, indholdet af 2,4-D i vandprøverne er maksimalt $0.24 \mu\text{gl}^{-1}$.

En simulering af udvaskningen af MCPA samt mechlorprop som salt- og esterforbindelse er i nogenlunde overensstemmelse med de faktiske forhold.

Erkendtlighed

Financiering af projektet er sket via afgiftsmidler på salget af pesticider og via Landbrugsministeriets nitratmålet.

En særlig tak til Hanne-Louise Krasilnikoff for et stort og samvittighedsfuldt udført arbejde.

Litteratur

1. *Fielding, G.* 1990. Resultater vedrørende udsivning af phenoxy-syrer og phenoler fra udvalgte lokaliteter i Danmark samt nye udenlandske resultater vedrørende vandforurening med pesticider. 7. Danske Planteværnskonference, Pesticider og Miljø, Statens Planteavlsvforsøg, Planteværnscentret, 211-224.
2. *Fielding, M.; Barcelo, D.; Helweg, A.; Galassi, S.; Torstensson, L.; Van Zoonen, P.; Wolter, R.; Angeletti, G.* 1991. Pesticides in Ground and Drinking Water: Commission of the European Communities Directorate - General for Science, Research and Development, Environment and Waste Recycling Water Pollution Research Report 27 (Ed. Fielding, M.), ISBN 2-87263-068-6, 135 sider.
3. *Gustafson, D. T.* Groundwater ubiquity score: A simple method for assessing pesticide leachability, *Environ. Toxicol. Chem.*, 8, 339-357.
4. *Helling, C. S. & Gish, T. J.* 1986. Soil Characteristics Affecting Pesticide Movement into Ground Water, In Evaluation of Pesticides in Ground Water: ACS Symposium Series 315 Ed. Garner, W. Y.; Honeycutt, R. C., Nigg, H. N.), American Chemical Society, Washington, DC, 14-38.
5. *Jacobsen, O. S.* 1992. Grundvandsovervågning. Grundvandskvalitet i overvågningsområderne. Miljøministeriet Danmarks Geologiske Undersøgelser, 190 sider.
6. *Miller, J. C.; Miller, J. N.* 1988. Errors in instrumental analysis; regression and correlation in Statistics for Analytical Chemistry, 2. udgave, Ellis Horwood Series in Analytical Chemistry, Halsted Press, Chichester, 101-137.
7. *Nofziger, D. L.; Hornsby, A. G.* 1986. A Microcomputer - Based Management Tool for Chemical Movement in Soil, *Appl. Agric. Res.*, 1, 50-56.

8. *Wauchope, R. D.; Butler, T. M.; Hornsby, A. G., Augustijn-Beckers, P. W. M.; Burt, J. P.* 1992. The SCS/ARS/CES Pesticide Properties Database for Environmental Decision-Making in Reviews of Environmental Contamination and Toxicology: volume 123 (Ed. Ware, G. W.), Springer-Verlag, New York Inc., 26-35.

Tabeller, som angiver koncentrationen af de enkelte phenoxysyrer som funktion af udtagnings tidspunktet, er på grund af deres omfang ikke medtaget her, men kan fås ved henvendelse til forfatteren.

Sprøjteførerens belastning med pesticider *Contamination of spraying personnel with pesticides*

Ivar Lund
Statens Jordbrugstekniske Forsøg
Bygholm, 8700 Horsens

Erik Kirknel
Planteværnscentret
Afdeling for Pesticidanalyser og Økotoxikologi
Flakkebjerg, 4200 Slagelse

Summary

The experiments indicate that contamination of spraying personnel with pesticides when handling manually operated sprayers usually occurs on hands, chest and crus. During work with remote controlled sprayers the most considerable contamination occurs on the hands. Generally, contamination of the inhalation air is negligible.

Furthermore it is shown that contamination of spraying personnel can be reduced by approx. 75 per cent, if available optional equipment for the sprayer for minimizing direct contact between the sprayer and the person handling the sprayer is used. Moreover, the contamination of hands and body during filling of sprayers and mixing of concentrated pesticides with water very much depends on the formulation of the pesticide. Finally, the design and size of the containers used are important factors as regards contamination of the spraying personnel.

Indledning

De sundhedsmæssige risici, der kan være forbundet med sprøjtearbejdet, er baggrunden for en omfattende kortlægning af sprøjteførerens belastning med pesticider.

Der er flere metoder til at mindske risikoen for sprøjteføreren. En af metoderne er at beskytte traktorføreren 100 procent ved hjælp af sikkerhedsudstyr i form af dragt, støvler, handsker og maske. En anden metode er at mindske den direkte kontakt med pesticiderne i form af maskintekniske hjælpemidler. Endelig tenderer udviklingen mod mindre farlige midler, der f.eks. skal være skånsomme over for indånding, hud og øjne. Også formuleringen og emballeringen er af afgørende betydning for sprøjteførerens sikkerhed.

I praksis vil en kombination af ovenstående punkter være nødvendige for at opnå en tilfredsstillende reduktion i sprøjteførerens belastning med pesticider. For at opnå den bedste beskyttelse af sprøjteføreren er det imidlertid nødvendigt at kende belastningen under

forskellige forhold og virkningen af forskellige iværksatte foranstaltninger.

Sprøjteførerens belastning med pesticider er blevet kortlagt i forskellige zoner på kroppen ved forskellige arbejdsoperationer, ved brug af forskelligt teknisk hjælpeudstyr, ved brug af forskellige formuleringer samt ved arbejde med forskellige emballeringer.

Første del af projektet bestod i udvikling af en egnet målemetode til fastlæggelse af pesticidbelastningen. Undersøgelserne blev udført ved anvendelse af fluorescerende stoffer i stedet for pesticider. Ved de første undersøgelser målt hudbelastningen ved opsamling på filterpapir efter en anvisning fra WHO- (VBC/82.1).

Det viste sig, at de anviste målesteder var for få. Desuden kunne filterpapiret på hænder og fødder ikke holde til den mekaniske belastning, og et tilstrækkeligt stort antal filterpapirer viste sig at være meget besværlige at arbejde med. Det blev derfor besluttet, at arbejdsmetoden skulle bestå i opsamling på heldragt i stedet for på filterpapir. De nedenfor beskrevne forsøg er en fortsættelse af tidligere års forsøg 2), som har vist at hovedparten af belastningen foregår via hænder og fødder/underben, medens indåndingsluften kun bidrager med en meget lille del af den samlede belastning.

Metodebeskrivelse

De følgende forsøg blev udført med en 600 liter traktormonteret hydraulisk sprøjte med en 12 meter bom, hvorpå der var monteret fladsprededyser.

Forsøg A:

Belastningen ved sprøjtning med 2 sprøjter med *forskelligt udstyr*.

Ved den ene sprøjte foregik alt arbejdet manuelt. (Bomlift, opklapning af bom, indvendig rengøring af tank). Den anden sprøjte var forsynet med præparatfyldedyser, hydraulisk bomlift, hydraulisk opklapning af bom, non-dryp ventiler, selvrensende filter samt tankskylledyse og fjernbetjening. Ved arbejde med den manuelt betjente sprøjte var der således flere arbejdsoperationer end ved arbejde med den fjernbetjente. Dette gælder f.eks. dyserenkning, håndtering af bommen samt indvendig skylning af tanken.

45 gram natriumfluorescein blev fyldt i 600 liter vand og udsprøjtet med en dosering på 200 l/ha. Der blev benyttet Hardy-dyser type 4110-16 med et tryk på 3 bar. Belastningen blev målt ved, at sporstoffet blev opsamlet på heldragt, som blev klippet i stykker til analysering for sporstoffet efter en hel dags sprøjtearbejde (5 tankfulde). Målingen på dragten bestod således af flere enkeltbelastninger, såsom fyldning af sprøjte, kørsel til mark samt udsprøjtning.

Forsøg B:

Sprøjteførerens belastning ved påfyldning af *forskelligt formulerede sprøjtemidler*.

Der blev udført forsøg med væske (vand), granulat (stødt melis) og pulver (flormelis). Sporstoffet blev opsamlet på heldragt ved hver enkelt påfyldning af de forskellige formulerede midler.

Forsøg A og B blev udført på en vindstille, varm sommerdag (27-30°C) med en relativ luftfugtighed på 40 procent. Efter forsøgenes afslutning blev der udtaget repræsentative prøver af dragten til analyse. Hudbelastning på hænderne blev undersøgt ved, at sprøjteførerer havde påmonteret engangs-bomuldshandsker, der blev benyttet til den arbejdsproces, hvor målingen ønskedes foretaget.

Belastning via indåndingsluften blev målt med et luftmåleudstyr, der sugede 2 l/min. gennem et filter, der efter forsøgets afslutning blev analyseret.

Forsøg C:

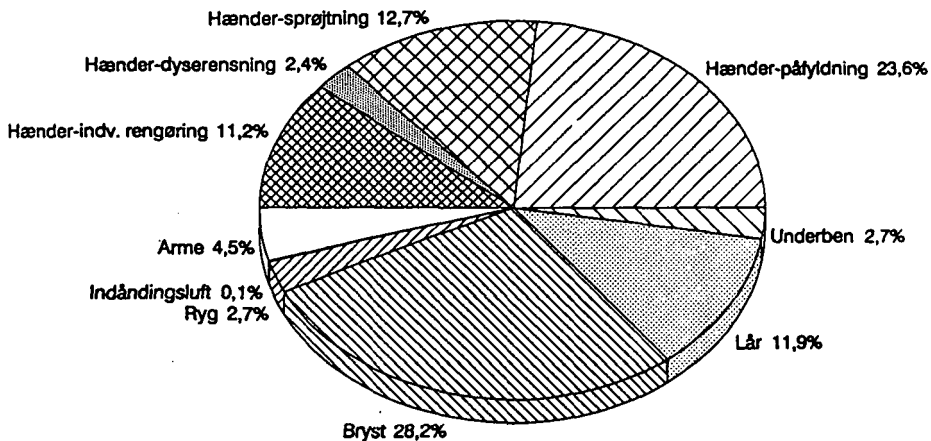
Sprøjteførerens belastning ved påfyldning af væske fra *dunke med forskellig størrelse og udformning*.

Sporstoffet blev opsamlet på vinyl-handsker ved hver enkelt påfyldning fra de forskellige dunke. Til forsøg C blev der benyttet 45 gram natriumfluorescein pr. liter vand.

Resultater

Forsøg A:

Figur 1 viser fordelingen af den opsamlede natriumfluorescein på sprøjteførerer ved arbejde med en manuelt betjent sprøjte.



Samlede belastning : 433549 ng
Belastning pr. g udsprøjet natriumfluorescein : 1927 ng

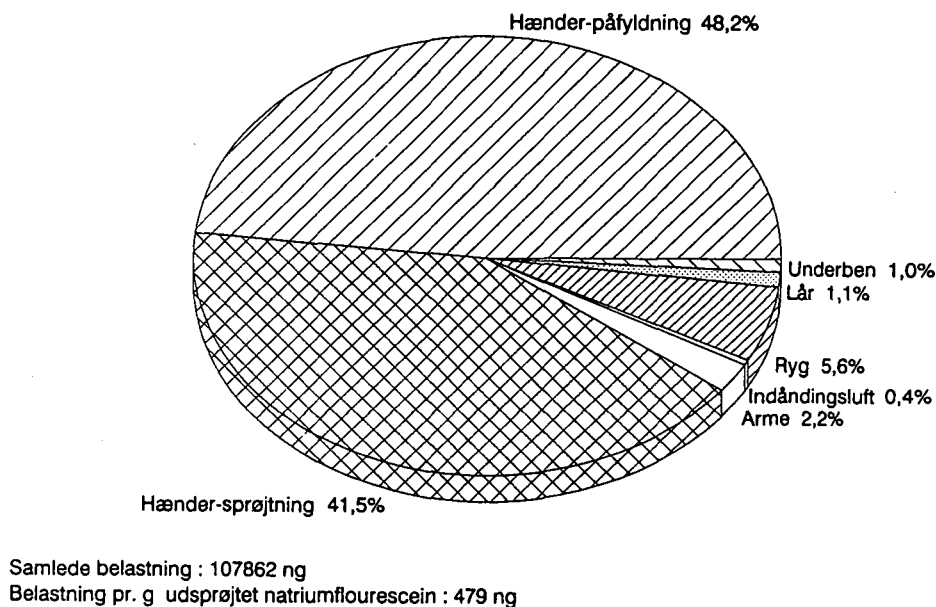
Figur 1. Sprøjteførerens belastning med sporstof "pesticid" ved arbejde med en manuelt betjent traktorsprøjte.

Contamination of spraying personnel with pesticides when handling manually operated tractor sprayer.

Figuren viser, at der blev opsamlet 433549 ng på sprøjteførereren. Den totale udsprøjtede mængde var på 225 g, der blev udsprøjtet på 305 minutter.

De værst belastede områder er hænderne, der samlet fra de forskellige arbejdsoperationer bidrager med cirka 50% af den samlede belastning. Dernæst bidrager bryst og lår med henholdsvis 28,2 og 11,9%, hvilket fortrinsvis skyldes den direkte kontakt med sprøjten under påfyldningen. Endvidere kan det skyldes stænk ved rensning af dyser. Indåndingsluften bidrager med en meget lille del af belastningen, 0,1%. Det skal dog bemærkes, at undersøgelsen er udført med sporstof, som kan opføre sig anderledes end pesticider.

Figur 2 viser fordelingen af den opsamlede natriumfluorescein på sprøjteførereren ved arbejde med en fjernbetjent sprøjte med tilgængeligt ekstraudstyr.



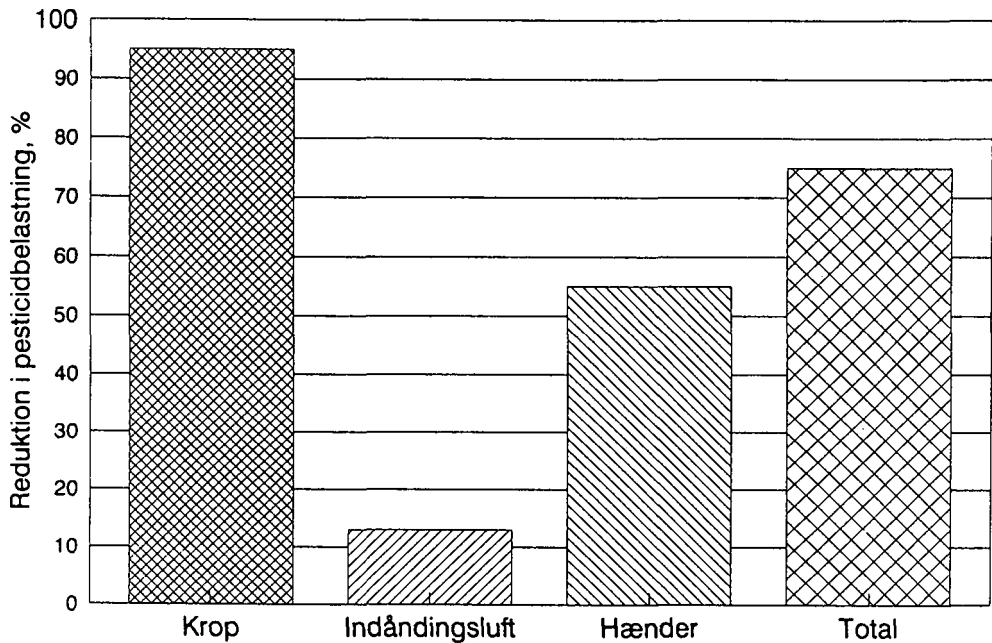
Figur 2. Sprøjteførerens belastning med sporstof "pesticid" ved arbejde med en fjernbetjent sprøjte med tilgængeligt ekstraudstyr.
Contamination of spraying personnel with pesticides when handling remote controlled sprayers with available optional equipment.

Figuren viser, at der blev opsamlet 107862 ng på sprøjteførereren. Den totale udsprøjtede mængde var på 225 g, der blev udsprøjtet på 215 minutter. Arbejdet foregik altså cirka 30% hurtigere end ved arbejde med en manuelt betjent sprøjte.

De værst belastede områder er også her hænderne, der samlet fra de forskellige arbejdsoperationer bidrager med cirka 90% af den samlede belastning. At hændernes procentvise bidrag

er større her end ved arbejde med den manuelt betjente sprøjte betyder ikke, at belastningen er øget, men at kropsbelastningen er mindsket p.g.a. den ringe kontakt med sprøjten. Derimod vil håndteringen af dunkene altid være ens uanset sprøjteudstyr. Det ses også, at brystet slet ikke belastes, og at lårene kun belastes med 1,1%. Ryggen får den næststørste belastning på 5,6%. Også her er indåndingsluftens bidrag meget lille.

Figur 3 viser mulig reduktion i belastningen ved overgang fra manuelt betjent sprøjte til fjernbetjent sprøjte med tilgængeligt ekstraudstyr.

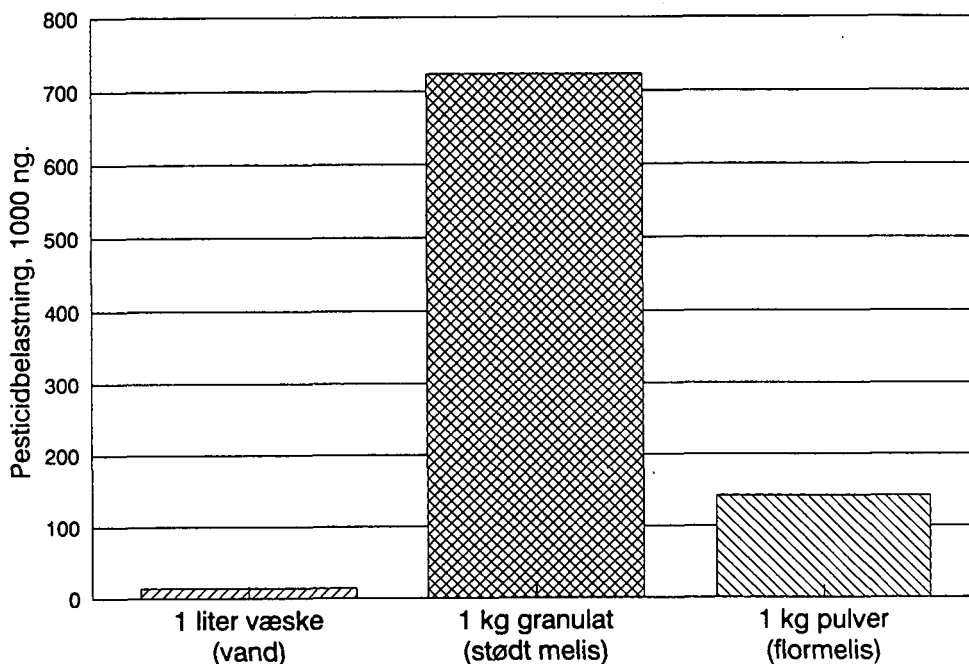


Figur 3. Reduktion i traktorførers belastning med sporstof "pesticid" ved benyttelse af fjernbetjening af bom og andet tilgængeligt ekstraudstyr sammenlignet med manuel betjening.

Reduction of tractor drivers' contamination with pesticides when using remote control of spray equipments and other available optional equipment compared with manually operated sprayers.

Det ses, at reduktionen i kropsbelastningen er cirka 95 procent. Den store reduktion skyldes, som tidligere nævnt, at sprøjteføreren undgår den direkte kontakt med sprøjten. Belastningen i indåndingsluften og på hænderne reduceres med henholdsvis 12 og 55%, hvilket giver en samlet reduktion på 75% ved brug af tilgængeligt ekstraudstyr.

Forsøg B:



Figur 4. Sprøjteførerens belastning med sporstof "pesticid" ved tankfyldning af 45 mg natriumfluorescein opløst i vand, granulat og pulver.

Contamination of spraying personnel with pesticides when filling 45 mg of sodium fluorescein in container.

Figur 4 viser den totale belastning ved påfyldning af 45 mg natriumfluorescein, opløst i forskellige formuleringer.

Det ses, at den største belastning fås ved påfyldning af granulat (stødt melis), og den mindste belastning fås ved påfyldning af væske (vand). I metoden er der, som tidligere nævnt, benyttet vand, stødt melis og flormelis. Ved brug af sprøjtemidler i form af væske, granulat samt pulver vil resultatet sandsynligvis være anderledes.

Forsøg C:

Resultatet fra målingen af belastningen ved håndteringen af forskellige dunke viste, at dunkenes udformning har betydning for sprøjteførerens belastning af hænderne.

Resultatet viste, at belastningens størrelse afhænger af antallet af arbejdsgange, således at tømning direkte fra dunk til tank giver mindre belastning end tømning via målebæger. Ved tømning direkte i tanken kræves der imidlertid, at dunkene skal være forsynet med letlæselige målestreger. Mindste belastning opnås imidlertid, hvis dunkenes indhold svarer til en tankfuld, således at kun én tømning er nødvendig.

Diskussion

Fluoriserende sporstof er benyttet til at belyse belastningen af pesticider ved sprøjtearbejde. Undersøgelserne viser tydeligt, at hovedparten af sprøjteførerens belastning med pesticider vil ske gennem hænderne. Ved manuelt betjente traktorsprøjter er belastningen også betydelig på bryst og underben. Derimod er belastningen af indåndingsluften i alle tilfælde minimal. Dette giver således et billede af, hvor det mest er nødvendigt med effektive beskyttelsesbeklædninger. Samtidig viser undersøgelserne, at det er muligt at reducere sprøjteførerens samlede belastning med cirka 75 % udelukkende ved at anvende tilgængeligt ekstraudstyr til sprøjten. Det må dog pointeres, at disse undersøgelser er udført med sporstof, som kan opføre sig anderledes end pesticider.

Den resterende belastning stammer fortrinsvis fra håndtering og blanding af sprøjtemidler, og det er således ikke utænkeligt, at reduktionen kan øges yderligere ved udvikling af mere håndteringsvenlige emballeringer, idet undersøgelsen viser, at der er forskel i belastningen ved arbejde med forskellige dunke med forskellig udformning og størrelse.

Endvidere har midlernes formulering stor betydning for fordeling og mængde af opsamlet stof på sprøjteføreren. Ved arbejde med et granuleret middel i form af stødt melis er belastningen større end ved arbejde med vand. Dette kan skyldes den forstøvende virkning, der opnås ved arbejde med tørre formuleringer.

Sammendrag

Fluoriserende sporstoffer er benyttet til at belyse belastningen af pesticider ved sprøjtearbejde. Undersøgelserne viser, at sprøjteførerens belastning med pesticider ved arbejde med manuelt betjente traktorsprøjter fortrinsvis sker gennem hænder, bryst og underben. Ved arbejde med fjernbetjente sprøjter sker den væsentligste belastning gennem hænderne. Generelt var belastningen af indåndingsluften minimal.

Endvidere viser undersøgelserne, at belastningen af sprøjteføreren kan reduceres med cirka 75 % ved at anvende fjernbetjening af bom og andet tilgængeligt ekstraudstyr til sprøjten, således at den direkte kontakt mellem mand og sprøjte bliver mindre.

Undersøgelserne viser også, at midlernes formulering har stor betydning for belastning af hænder og krop ved påfyldning og blanding. Endelig har dunkenes udformning og størrelse betydning for sprøjteførerens belastning.

Litteratur

1. *Kirknel, E.* 1988. Sprøjtemandskabets Pesticidbelastning. Ugeskrift for jordbrug, 1988, 214-217.
2. *Kirknel, E. & Thellesen, H.* 1989. Sprøjteførerens pesticidbelastning. 6. Danske Planteværnskonference - Pesticider og Miljø, 1989, 221-227.



Status for EF-harmoniseringen på pesticidområdet - sundhed, miljø og effektivitetsvurdering

Status regarding the EEC-harmonization in the Pesticide Area - Health, Environmental and Efficacy Assessment

Gunver Bennekou
Miljøstyrelsen
Strandgade 29
1401 København

Lise Nistrup Jørgensen
Statens Planteavlsvforsøg
Afdeling for Plantepatologi
Lottenborgvej 2
2800 Lyngby

Summary

As from July 1993 plant protection products containing new active substances shall be authorized in accordance with Community rules. Under the EC rules:

- *active substances shall be included in a Community list of authorized substances, and*
- *the plant protection product shall be authorized by the national authorities in accordance with uniform principles.*

Within a 12 year period existing plant protection products shall be examined along the same lines.

Act no. 1067 of December 23, 1992, lays down the framework for such regulation in Denmark.

At this moment - January 1993 - Community legislation is still missing in the following fields:

- *guidelines for inclusion of active substances in the Community list of authorized substances,*
- *directive laying down uniform principles for the approval of plant protection products.*

After the adoption of the Community directive on uniform principles, Danish legislation with detailed rules on the approval of plant protection products in Denmark can be prepared. As regards aspects of health and the environment, existing Danish regulation will be considerably changed. Plant protection products shall be subject to a risk assessment to find out whether normal application - including protection of the operator - results in possible direct or indirect harmful effects on the health of Man or animals or possible unacceptable impacts on the environment.

The alternative evaluation which has been carried out in Denmark up till now is not described in the Community directive. The idea underlying the Danish principle was to take out preparations affecting health or the environment most seriously, and to replace them by possible alternative preparations or methods which are less harmful to the environment.

The requirements for data on the efficacy of the products will increase considerable compared to requirements asked for today. Authorization shall only be granted for the use on organisms which are relevant in the individual country. Data on level, duration and consistency of control or protection must be similar to those resulting from use of suitable reference products. Data on yield response and side-effects both on quality of the treated crops as well as on the environment must also be presented where relevant. Where recommendations on the label include tank mix', efficacy data should include data on the mixtures.

EF direktiv om plantebeskyttelsesmidler

I juli 1991 vedtog EF's ministerråd "Rådets direktiv af 15. juli 1991 om markedsføring af plantebeskyttelsesmidler (91/414/EØF)". Formålet med direktivet er at samordne de forskelligartede regler for godkendelse/forbud for plantebeskyttelsesmidler i de forskellige medlemslande.

Princippet i direktivet er, at plantebeskyttelsesmidler kun må markedsføres eller anvendes, hvis de er officielt godkendt, og at midlerne skal anvendes korrekt under hensyntagen til principperne for god plantebeskyttelsespraksis og for integreret bekæmpelse. I direktivet står, at bestemmelserne om godkendelse skal sikre et højt beskyttelsesniveau, og at hensynet til beskyttelse af mennesker, dyr og miljø går forud for hensynet til produktionsforbedring.

Den ønskede samordning er udformet, så der bliver en EF-godkendelsesordning for aktive stoffer og en national godkendelsesordning for plantebeskyttelsesmidlerne.

Aktive stoffer og EF-listen

Et aktivt stof kan optages på EF-listen, hvis det kan forventes, at et middel, der indeholder stoffet, opfylder følgende betingelser:

- dets restkoncentrationer efter en anvendelse, der er i overensstemmelse med god

plantebeskyttelsespraksis, må hverken have nogen skadelige virkninger på menneskers eller dyrs sundhed eller på grundvandet eller nogen uacceptabel indvirkning på miljøet, og hvis de nævnte restkoncentrationer er af toksikologisk eller miljømæssig betydning, skal de kunne måles ved almindeligt anvendte metoder.

- anvendelsen heraf i overensstemmelse med god plantebeskyttelsespraksis må hverken have nogen skadelige virkninger på menneskers eller dyrs sundhed eller nogen uacceptabel indvirkning på miljøet.

Der tages særlig hensyn til:

- i givet fald en værdi for den acceptable daglige indtagelse (ADI) for mennesker
- om nødvendigt et acceptabelt niveau for brugerens eksposition
- i givet fald en vurdering af dets skæbne og udbredelse i miljøet samt af dets virkninger på arter uden for målgruppen.

Vurdering af om et aktivstof kan optages skal ske i en komite "Den stående Plantesundhedskomite", hvor EF kommissionen har formandskabet. Retningslinierne for optagelse af stoffer skal fastsættes af EF kommissionen efter høring i komiteen. Alle nye aktivstoffer skal gennem denne procedure, inden et plantebeskyttelsesmiddel kan markedsføres. Alle gamle stoffer (ca. 700) skal revurderes i løbet af 12 år.

National godkendelsesordning for midler

Et plantebeskyttelsesmiddel kan kun godkendes i et land, hvis aktivstoffet er optaget på positivlisten, samt hvis midlet ved normal anvendelse

- er tilstrækkelig effektivt
- ikke har nogen uacceptable virkninger på planter og planteprodukter
- ikke forårsager unødvendig lidelse og smerte hos de hvirveldyr, som skal bekæmpes
- ikke har nogen direkte eller indirekte skadelig virkning på menneskers eller dyrs sundhed (f.eks. gennem drikkevand, fødevarer eller foder) eller på grundvandet
- ikke har nogen uacceptabel indvirkning på miljøet, idet der især tages hensyn til følgende aspekter:
 - skæbne og udbredelse i miljøet, navnlig kontamination af vand, herunder drikkevand og grundvand
 - dets indvirkning på arter uden for målgruppen.

For at sikre at medlemslandenes godkendelse ikke bliver meget forskellig, skal der opstilles ensartede principper for godkendelse af plantebeskyttelsesmidler. Disse principper skal udformes i et direktiv, som skal vedtages af ministerrådet.

Lov nr. 1067 af 23. december 1992

For at reglerne i et EF-direktiv skal gælde i Danmark, skal der vedtages en dansk lovgivning på området. EF's plantebeskyttelsesmiddeldirektiv har derfor nødvendiggjort, at Lov om kemiske stoffer og produkter har skullet ændres. Et lovforslag til ændring af Loven blev behandlet i folketinget i efteråret 1992, og Loven blev vedtaget i folketinget som Lov nr. 1067 af 23. december 1992. De nye regler for plantebeskyttelsesmidler træder først i kraft den 26. juli 1993.

Loven har på flere punkter karakter af en rammelov, der bemyndiger miljøministeren til at fastsætte nærmere regler på området. Reglerne vil blive udarbejdet i en bekendtgørelse. Da det af direktivet fremgår, at plantebeskyttelsesmidlerne skal vurderes ud fra risikoen ved "normal brug", har det været nødvendigt at ændre de hidtidige principper for godkendelse af plantebeskyttelsesmidler, ligesom princippet om alternativ vurdering ikke findes i direktivet.

Status den 15. januar 1993

Vi har altså i dag

- et direktiv, som skal træde i kraft den 26. juli 1993
- en forordning om arbejdsprogram for revurdering af gamle aktive stoffer
- en lov som muliggør, at direktivets regler gennemføres i Danmark.

Vi mangler

- retningslinier for, hvorledes et aktivt stof optages på EF-listen
- et direktiv om ensartede principper for godkendelse af plantebeskyttelsesmidler.
- en dansk bekendtgørelse om, hvorledes plantebeskyttelsesmidler skal godkendes efter den 26. juli 1993.

For de kemiske bekæmpelsesmidler har EF-kommissionen det sidste år arbejdet på et udkast til direktiv om ensartede principper for godkendelse af plantebeskyttelsesmidler. For de mikrobiologiske bekæmpelsesmidler er der endnu ikke igangsat noget arbejde.

Direktivet om ensartede principper skal som nævnt vedtages af ministerrådet, inden det kan træde i kraft. Da kommissionen endnu ikke (så vidt det vides den 15. januar 1993) har fremsat sit forslag til ministerrådet, kan det være vanskeligt at få de ensartede principper vedtaget inden juli 1993.

Nedenstående status for de sundheds-, miljø- og effektivitetsmæssige overvejelser, der kan

indgå i en kommende regulering, er bl.a. baseret på kommissionens seneste udkast til direktiv om ensartede principper, der dels kan nå at blive ændret, inden det fremsendes til ministerrådet, dels kan ændres ved behandlingen i ministerrådet.

Sundheds- og miljømæssig vurdering af pesticider

De sundheds- og miljømæssige vurderinger skal som udgangspunkt sikre, at der ikke godkendes plantebeskyttelsesmidler, der ved korrekt anvendelse har uacceptabel virkning på miljøet i almindelighed eller skadelig virkning på menneskers og dyrs sundhed eller på grundvandet. For at muliggøre denne vurdering skal firmaer, der ønsker at markedsføre et pesticid, fremsende en omfattende dokumentation om aktivstoffet og om det pågældende middels effekt på sundheden samt skæbne og effekt i miljøet.

Effekt på sundheden skal belyses gennem toksikologiske undersøgelser og stofskifteundersøgelser for så vidt angår

- akut toksicitet
 - toksicitet på kort sigt
 - kronisk toksicitet
 - reproduktiv toksicitet
- samt ved stofskifteundersøgelser og medicinske data på det aktive stof.

For midlet skal der udføres undersøgelser af

- akut toksicitet
- samt brugerudsættelsen.

Miljømæssige forhold skal belyses ved undersøgelser af

- skæbne og adfærd i jord
- skæbne og adfærd i vand og luft
- virkninger på fugle
- virkninger på vandlevende organismer
- virkninger på andre organismer uden for målgruppen, herunder bier for det aktive stof og for midlet.

Hvis de landbrugsmæssige, plantesundheds- og miljømæssige forhold, herunder klimaforhold, er sammenlignelige, kan de danske myndigheder ikke kræve gentagelser af prøver og analyser, som er accepteret i et andet medlemsland.

Vurdering af den fremsendte dokumentation skal for aktivstoffet ske efter retningslinier, som skal foreslås af kommissionen og for midlet efter ensartede principper, der skal vedtages som rådsdirektiv.

Ved en vurdering af effekten af midlet på den menneskelige sundhed foreslås bl.a. vurderet

- eksponeringen af brugeren ved udsprøjtningen
- effektiviteten af beskyttelsesudstyr
- muligheden for eksponering af andre mennesker samt dyr ved den foreslåede anvendelse
- eksponering på grund af evt. restindhold i fødevarerne.

Ved vurdering af skæbne og effekt i miljøet foreslås bl.a. vurderet, om der ved den foreslåede anvendelse er

- mulighed for, at midlet havner i jordmiljøet, i grundvandet, i overfladevandet eller i luften, samt beregning af mulig koncentration af stoffet og relevante metabolitter
- mulighed for, at fugle og andre terrestriske dyr, vandlevende organismer, bier, andre nyttige arthropoder, regnorme og andre jordlevende ikke mål makro-organismer samt mikroorganismer eksponeres samt beregning af risiko på kort og langt sigt.

Midler kan bl.a. ikke godkendes, hvis

- eksponering af brugere overstiger et fastsat acceptabelt eksponeringsniveau
- hvis det foreslåede beskyttelsesudstyr ikke er effektivt
- stoffet er persistent i jord
- drikkevandskriteriet overskrides
- bioakkumuleringen overskrider en given størrelse
- toksicitet/eksponeringsrationen overskrider fastlagte værdier for fugle, fisk, dafnier, alger, bier, nytte arthropoder, regnorme samt mikroorganismer.

Fastlæggelsen af de enkelte værdier forventes at ske i Direktivet om ensartede principper.

Effektivitetsvurdering af pesticider

Ved godkendelsesproceduren i dag kræves der dokumentation på, at midlet er effektivt under forhold, der er sammenlignelige med danske. Forsøgene skal være udført efter godkendte retningslinier. Dokumentationen kan bestå af officielle forsøg eller alene af firmaets egne forsøg. Der foreligger i dag en beskrivelse af, hvilke krav dokumentationen skal opfylde for at være acceptabel. Firmaerne opfylder i dag i varierende grad kravene til dokumentation. Især er der ved fremlæggelse af dokumentation på midler, der søges anvendt til små kulturer, ofte begrænset data til rådighed. På de større kulturer er den anvendte dokumentation ofte identisk med de forsøgsdata, der foreligger fra afprøvningsarbejdet i forbindelse med anerkendelsesordningen.

I forbindelse med EF-direktivet er opstillet forslag til fælles krav for effektivitetsdata. Krav til dokumentation og guidelines for vurdering af data er under udarbejdelse, men er som for de øvrige områder endnu ikke endeligt udformet. På nuværende tidspunkt danner der sig dog et billede af, hvilke krav der skal være gældende. Generelt er der tale om en betydelig

skærpelse i forhold til tidligere.

Hovedformålet med fremskaffelse af dokumentationsmateriale er at sikre, at de markedsførte produkter opfylder nogle minimumskrav med hensyn til effekt over for de skadegørere, der nævnes på etiketten. Fordele ved anvendelse af midlet skal være dokumenteret, og anvendelsesmetoden skal være defineret og ligeledes dokumenteret.

De fremlagte forsøg skal afspejle de varierende forhold under hvilke, produktet kan anvendes. Dette indbefatter f.eks. forskellige afgrødestrukturer, forskelligt niveau af skadegørere, klimaforhold og varierende dyrkningspraksis. Det er ikke specificeret, hvilket antal af forsøg der skal foreligge, dette afhænger af kvaliteten og indholdet i forsøgene.

Dokumentationen skal være tilstrækkelig til at verificere, at den opnåede virkning er dækkende for alle dele af det ansøgte område, hvor produktet vil blive anbefalet.

For at dække sæsonvariationer skal der generelt foreligge dokumentation fra 2 vækstsæsoner for hver afgrøde, hvortil der søges godkendelse. Der kan afviges fra dette, hvis der er mulighed for at lave extrapolation fra andre afgrøder eller lignende produkter. Hvis den ene af de to vækstsæsoner har givet resultater, der har været vanskelige at tolke, kan der stilles krav om forsøg fra en vækstsæson mere.

Data på produktets effekt på skadegørere

Resultater fra indledende undersøgelser på produktets effektivitet (laboratorie og karforsøg) skal vedlægges, i den udstrækning de er relevante.

Dokumentation skal i øvrigt indeholde følgende:

- Effektivitetsniveauet i forhold til en relevant standard i henhold til de anbefalede anvendelsesmetoder for produktet.
- Varigheden og ensartethed i virkning skal fremgå.
- Forsøgene skal dække skadegørerens forskellige livsstadier, og hvor det er relevant, skal virkningen på forskellige stammer og racer af skadegøreren være dokumenteret. Vækstreguleringsmidlernes effekt skal være dokumenteret i de anbefalede afgrøder. Forsøgene skal dække et repræsentativt udvalg af sorter.
- Forsøgene skal indeholde et ubehandlet led, så niveauet for skadegørerens angreb kan fastslås.
- Produktets doserings-respons skal fremgå af forsøgene, hvilket stiller krav om, at produktet er testet i lavere dosering end den anbefalede dosering.
- Sideeffekter på andre skadegørere end dem, der tilstræbes bekæmpet, skal afrapporteres.
- Forsøgene skal være repræsentative for de givne dyrkningsforhold. Bl.a. skal effekt af temperatur og nedbør dokumenteres, hvis det skønnes at have indflydelse på effekten.
- Hvor produktet anbefales anvendt i blanding med andre produkter, skal der foreligge dokumentation på blandingens effekt.
- Forsøgene skal som minimum være udført efter EPPO retningslinier. Nationale

retningslinier, f.eks. de danske, der er en viderebearbejdelse af EPPO retningslinier, vil kunne anvendes.

- Data, der beskriver risikoen for resistensudvikling, skal fremlægges.

Data på produktets phytotoxicitet

Der skal foreligge dokumentation, der gør det muligt at vurdere, om midlet er phytotoxisk over for afgrøden i en udstrækning, der ligger ud over det, der er acceptabelt. Dette skal vurderes i forhold til midlernes positive effekt. Der skal for herbicider og andre relevante områder foreligge en afprøvning, hvor produktet er testet i dobbelt dosering.

Tilsvarende skal der foreligge data for, om anbefalede blandinger har phytotoxisk sideeffekt.

Effekt på udbytte og kvalitet

Der skal foreligge data, der muliggør en evaluering af risikoen for afsmag og lugt i både friske og bearbejdede produkter.

Undersøgelser på afsmag i bearbejdede konsumafgrøder skal foreligge hvis:

- afgrøden bearbejdes i stor udstrækning
- produktet har en sådan karakter, at afsmag kan forventes
- produktet ligner aktivstoffer, der tidligere har givet problemer med afsmag.

Plantebeskyttelsesmidlernes effekt på kvaliteten af behandlede afgrøder skal afrapporteres, hvor det er relevant. Der kan, hvis f.eks. produktet efterlader rester i afgrøden, stilles krav om dokumentation på midlets effekt på:

- afgrødernes opbevaringsegenskaber
- kogekvaliteten af de vegetabiliske produkter
- mel- og bagekvaliteten
- vinfremstilling
- ølbrygning
- ostefremstilling.

Observationer af uønskede sideeffekter

Der ønskes fremlagt informationer fra observationer på uønskede sideeffekter, herunder bl.a.:

- effekter på efterfølgende afgrøder
- effekt på naboafgrøder (især ved flygtige herbicider)
- effekt på plantedele, der skal bruges ved formering (frø, stiklinger, udløbere og knolde)
- effekt på andre skadegørere og dele af naturen, herunder nyttedyr.

Sammendrag

Fra juli 1993 skal plantebeskyttelsesmidler indeholdende nye aktivstoffer godkendes efter de

fælles EF-regler, hvilket betyder,

- at aktivstoffet skal optages efter bestemte retningslinier på en EF-positivliste samt
- at midlet skal kunne godkendes af de nationale myndigheder efter nogle fastlagte ensartede principper.

I løbet af 12 år skal "gamle" midler revurderes efter de samme retningslinier.

Lov nr. 1067 af 23. december 1992 sætter rammerne for denne regulering i Danmark.

I januar 1993 mangler stadig

- retningslinierne for optagelse af aktivstoffer på EF-listen
- direktiv om ensartede principper for godkendelse af plantebeskyttelsesmidler.

Først når sidstnævnte direktiv bliver vedtaget, kan der udarbejdes en dansk bekendtgørelse om de nærmere regler for den fremtidige danske godkendelse af plantebeskyttelsesmidler.

For sundheds- og miljømæssig vurdering vil der i forhold til den hidtidige danske regulering ske væsentlige ændringer.

Midlerne skal vurderes ud fra en risikovurdering, d.v.s. at det skal vurderes, om normal anvendelse - herunder inkluderet beskyttelse af brugeren - har nogen direkte eller indirekte skadelig effekt på mennesker eller dyrs sundhed eller nogen uacceptabel virkning på miljøet. Tidligere blev vurderingen hovedsagelig foretaget ud fra midlernes iboende egenskaber.

Den i Danmark hidtil anvendte alternative vurdering er ikke beskrevet i direktivet. Ideen bag dette princip var at skyde de mest miljø- og sundhedsfarlige midler ud og erstatte dem, hvis der fandtes alternative midler eller metoder, som var mindre miljøbelastende.

Kravene til effektivitetsdata indeholder en betydelig udvidelse i forhold til den dokumentation, der fremlægges i dag. På mange af de omtalte områder, hvor der vil kræves en udvidelse af dokumentationen, foreligger der p.t. ikke udførlige retningslinier, hvilket vil gøre det vanskeligt at honorere de opstillede krav.

Firmaerne er for de fleste produkter givetvis i besiddelse af mange af de krævede data (ikke mindst for at undgå unødige reklamationer). Krav om GLP-lignende standard på effektivitetsforsøg samt udførlig dokumentation på alle områder vil dog betyde en væsentlig forøgelse af omkostningen til tilvejebringelse af data. En konsekvens af dette vil formodentlig være en betydelig mindskelse i antallet af produkter, der sendes i udvikling.

Bliver ukrudtets frøproduktion et problem ved anvendelse af reducerede doseringer i kornafgrøder?

Will weed seed production become a problem by use of reduced doses of herbicides in cereal crops?

Ilse A. Rasmussen

Planteværnscentret

Afdeling for Ukrudtsbekæmpelse

Flakkebjerg

4200 Slagelse

Summary

The effect of reduced herbicide doses on the seed production has been studied in 4 experiments with 2 weed species in Spring Barley. One-half the approved dose has resulted in a significant reduction of the seed production compared to untreated, often 1/4 and in some cases 1/8 and less of the approved dose has also resulted in such a reduction. The herbicides have had different impact on the seed production, but when the herbicide use has resulted in satisfactory control in other regards (weed dry weight), the effect on the seed production has been good as well.

Calculations on the changes in the soil seed reserve show that even in the worst possible cases, with a large proportion of seeds germinating from the soil seed reserve, a large proportion of seeds surviving in the soil and a large proportion of seeds surviving from production until they are incorporated in the soil, 1/2 to 1/4 of the approved dose of nearly all the herbicides has been sufficient to reduce the seed production of both weed species so much that the soil seed reserve is not enlarged both years. With circumstances more benign to the farmer (less to the weeds) 1/16 to 1/32 of the approved dose has in many cases been sufficient to obtain this reduction.

Indledning og baggrund

Anvendelse af PC-planteværn, forsøg med doseringer, faktorkorrekationer m.m. viser at *nedsatte doseringer* af herbicider i kornafgrøder i mange tilfælde giver en fuldt tilfredsstillende bekæmpelse af ukrudtet, når man ser på udbytter (Baandrup & Ballegaard 1989; Kudsk, 1989; Fogelfors, 1991).

Anvendelse af fuld dosering vælges sandsynligvis ofte alligevel, fordi landmanden ønsker en forsikring mod, at ukrudtsbestanden udvikler sig for voldsomt, både i det aktuelle år, men måske især i de følgende. Selvom ukrudtet er tilstrækkeligt bekæmpet i år står der noget tilbage - vil det ikke producere så meget frø, at bestanden udvikler sig næste år, eller de følgende?

Når landmanden, konsulenten eller PC-planteværn beslutter at anvende reduceret dosering af et herbicid, er det sandsynligvis fordi *frøreserven* i kraft af mange års herbicidanvendelse er bragt ned til et niveau, hvorfra en forholdsvis lille ukrudtsbestand spirer frem. Man må derfor gå ud fra, at ved anvendelse af reducerede doseringer er det langsigtede mål, at frøreserven ikke forøges. Hvis ukrudtsbestanden er så stor, at man ønsker at formindske frøreserven, må det stadig anbefales at anvende fuld dosering. Det samme er formentlig tilfældet, hvor sædskiftet kræver særlig rene marker, eller hvor der forekommer ukrudtsarter, der er uacceptable i andre afgrøder i sædskiftet.

Størrelsen af jordens *frøpulje* er undersøgt på en række danske marker i 1964 og igen i 1989 (Jensen & Kjellson, 1992). Den varierer i den seneste undersøgelse fra 400 til 120.400 levende frø pr. m². Gennemsnittet er 27.400, og det er faldet signifikant fra 56.600 siden den tidligere undersøgelse. Det gennemsnitlige fald dækker dog over såvel stigninger som fald på de enkelte marker. I praktisk landbrug kendes frøpuljens størrelse og artssammensætning på den enkelte mark kun indirekte gennem de arter der observeres, og det antal de spirer frem i, samt fra landmandens viden om hvilke arter der i større omfang har sat frø de tidligere år.

Frøproduktionens størrelse efter herbicidbehandling, herunder reduceret, er kun beskrevet i få tilfælde. F.eks. har Fawcett & Slife (1978) undersøgt frøproduktionen hos bl.a. Hvidmelet Gåsefod (*C. album*) behandlet med bl.a. 2,4-D i 2 doseringer. Frøproduktionen nedsattes med 99%. Behandlingen blev foretaget på store planter lige før blomstring, og resultaterne kan derfor ikke umiddelbart overføres til praktiske forhold. Andersson (1992) har beskrevet virkningen af reducerede doseringer af MCPA på en række ukrudtsarter i pottforsøg, og fandt bl.a. at helt ned til 1/8 normal dosering blev frøproduktionen signifikant reduceret. Også her var der tale om sen behandling i forhold til praksis. Pedersen & Rasmussen (1990) har beskrevet et forsøg med nedsatte doseringer af MCPA og chlor-sulforon på Hvidmelet Gåsefod i vårbyg. De fandt at frøproduktionen ved 1/8 normal dosering af begge herbicider nedsattes med over 89%.

Hvor stor en andel af frøene der *overlever*, fra de er produceret på planten til de indarbejdes i jorden, vides ikke. Enkelte forfattere har prøvet at give bud på størrelsesordenen af det antal frø, der fortæres af fugle, pattedyr, insekter og orme, nedbrydes af mikroorganismer, spirer på ugunstige tidspunkter og derfor dør, føres bort fra marken med afgrøder eller afgrøderester, eller dør af andre årsager. Rasmussen (1993) nævner, at 50-90% af frøproduktionen kan gå tabt i hele perioden. Landmanden har visse muligheder for at påvirke den andel, der overlever. Undersøgelser med Flyve-Havre har vist, at mange frø går til, hvis marken ligger ubehandlet så længe som muligt efter høst, idet en stor andel af frøene ædes eller spirer og dør. Selvom man kan forestille sig, at en jordbehandling vil øge fremspiringen, viser denne undersøgelse, at den tværtimod øger jordens frøreserve (Wilson & Cussans 1975).

Den andel af frøpuljen, der årligt *går tabt*, ligger ifølge Roberts (1970) imellem 30 og 60%

for en blandet ukrudtspopulation. For tokimbladede arter menes nedgangen at ligge under 50%, normalt mellem 10 og 30% årligt (Milberg 1990). Tabet i perioden fra frøene indgår i frøpuljen til begyndelsen af næste vækstsæson starter er mindre end det årlige tab, og varierer med mange forhold. Indlysende er det f.eks., at langt flere frø overlever fra jordbearbejdning efter høst til såning af vintersæd end til såning af vårsæd. Hvidmelet Gåsefod (*C. album*) forventes at kunne bevare spireevne i jord i mindst 50 år, og efter 2-5 år er spireevnen stadig over 60%. Fersken/Bleg Pileurt (*P. persicaria/lapathifolium*) menes at kunne bevare spireevnen i jord mindst 15-30 år og efter 2-5 år er spireevnen ca. 10-15% (Milberg 1990).

Hvor stor en andel af jordens frøreserve, der *spirer frem* ved starten af en ny vækstsæson, er afhængig af art (nogle arter spirer kun efterår, andre kun forår; nogle tidligt, andre sent), afgrøde, jordbunds- og klimaforhold m.m. Det er dog en lille andel af frøreserven, der kommer til spiring, - undersøgelser peger på mellem 2 og 5% (Hurle et al 1988). For en enkelt art kan dette dog være meget højere eller lavere. Forcella (1992) har i forsøg bestemt Hvidmelet Gåsefods (*C. album*) fremspiring i majs til 3-20% af frøreserven.

Hvor mange af de fremspirede planter der *overlever* frem til frøsætning afhænger naturligvis af herbicidanvendelsen og doseringen, men også af andre faktorer som afgrødens/sortens konkurrenceevne, klima osv.

Denne artikel giver et bud på frøproduktionens størrelse hos to ukrudtsarter i vårbyg behandlet med reducerede doseringer af tre-fire herbicider over to år og diskuterer muligheden for at undgå opformering af en ukrudtsart, når der anvendes reducerede doseringer.

Forsøgene

Der er udført 4 markforsøg ved Afdeling for Ukrudtsbekæmpelse i Flakkebjerg i 1990 og 1991 med dels Hvidmelet Gåsefod (*Chenopodium album* L.) og dels en blanding af Fersken-Pileurt (*Polygonum persicaria* L.) og Bleg Pileurt (*Polygonum lapathifolium* ssp. *pállidum* (With.)Fries) udsæt i vårbyg (*Hordeum vulgare* L.) og behandlet med forskellige doseringer af forskellige herbicider, se tabel 1. Byggen er sået, gødet og behandlet mod skadedyr og svampesygdomme som anbefalet i praksis. Ukrudtsfrøene er udsæt et par dage efter kornet.

Herbiciderne er valgt af PC-planteværn som egnede til at bekæmpe arten, doseringerne er valgt for at opnå et spektrum fra fuldt tilfredsstillende bekæmpelse, til ingen målbar virkning. Der blev sprøjtet når det største ukrudt havde 4-6 blade, i Pileurt-forsøget 1991 havde ukrudtet dog kun 1-2 løvblade ved sprøjtning. De udsåede ukrudtsplanter blev talt i de ubehandlede parceller ved sprøjtetidspunktet, og blev høstet i prøveflader i alle parceller ca. 6 uger efter sprøjtning, talt (i 1990), tørret og vejjet. I 1990 blev andet ukrudt også talt, høstet, tørret og vejjet. Hvidmelet Gåsefod hhv. Bleg/Fersken-Pileurt blev optalt og høstet i prøveflader ved byggen normale høsttidspunkt. Opsamlingsbakker udsat i parcellerne blev anvendt til at estimere frøspild før høst. Andet ukrudt i prøvefladerne blev høstet, tørret og vejjet. De udsåede arter blev efter høst tørret ved 35°C, vejjet og tærsket med hånd. Frøene

blev talt og vejjet.

Tabel 1. Herbicider anvendt i forsøgene, normal og anvendte doseringer.
Herbicides used in experiments, normal and used doses.

Hvidmelet gåsefod (*Chenopodium album*)

| Herbicid, normal dosering, pr. ha =N <i>Normal dose = N a.i. per hectare</i> | Dosering anvendt i forsøg, N [*] <i>Doses used, N[*] 1990</i> | | | | | | Dosering anvendt i forsøg N [*] <i>Doses used N[*] 1991</i> | | | | | |
|---|--|-----|-----|------|------|------|--|-----|-----|------|------|------|
| | 1/2 | 1/4 | 1/8 | 1/16 | 1/32 | 1/64 | 1/2 | 1/4 | 1/8 | 1/16 | 1/32 | 1/64 |
| Tribenuron-methyl* 7,5 g v.s. | + | + | + | + | + | + | - | + | + | + | + | + |
| MCPA 1500 g v.s. | + | + | + | + | + | + | - | + | + | + | + | + |
| Ioxynil + bromoxynil 400 g + 400 g v.s. | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | - |
| Bentazon + MCPA 1000 g + 500 g v.s. | + | + | + | + | + | + | ikke anvendt <i>not used</i> | | | | | |

Fersken/Bleg Pileurt (*Polygonum persicaria/lapathifolium*)

| Herbicid, normal dosering, pr. ha =N <i>Normal dose = N a.i. per hectare</i> | Dosering anvendt i forsøg, N [*] <i>Doses used, N[*] 1990</i> | | | | | | Dosering anvendt i forsøg, N [*] <i>Doses used, N[*] 1991</i> | | | | | |
|---|--|-----|-----|-----|------|------|--|-----|-----|-----|------|------|
| | 1/1 | 1/2 | 1/4 | 1/8 | 1/16 | 1/32 | 1/1 | 1/2 | 1/4 | 1/8 | 1/16 | 1/32 |
| Tribenuron-methyl* 7,5 g v.s. | + | + | + | + | + | + | - | + | + | + | + | + |
| Ioxynil + bromoxynil 400 g + 400 g v.s. | + | + | + | + | + | + | - | + | + | + | + | + |
| Ioxynil + bromoxynil + MCPA + dichlorprop 114 g + 69 g + 705 g + 552 g v.s. | + | + | + | + | + | + | ikke anvendt <i>not used</i> | | | | | |
| Dichlorprop 2335 g v.s. | + | + | + | + | + | + | ikke anvendt <i>not used</i> | | | | | |
| Dichlorprop + MCPA 1602 g + 399 g v.s. | ikke anvendt <i>not used</i> | | | | | | - | + | + | + | + | + |

* + 0.05% spredemiddel (*non-ionic surfactant*)

Resultaterne

Tabel 2 viser antal udsåede ukrudtsplanter, tørvægt, frøproduktion og procentuelt frøspild ved høst i de ubehandlede parceller. Trods ens udsædsmængde i begge år har fremspiringsforhold og klima m.m. betydet en stor årsforskel på populationens størrelse i de ubehandlede parceller for begge arter. Dette har naturligvis også medført en stor forskel i frøproduktionen.

Tabel 2. Antal, tørvægt og frøproduktion af udsåede ukrudtsplanter i ubehandlede parceller ved høst.

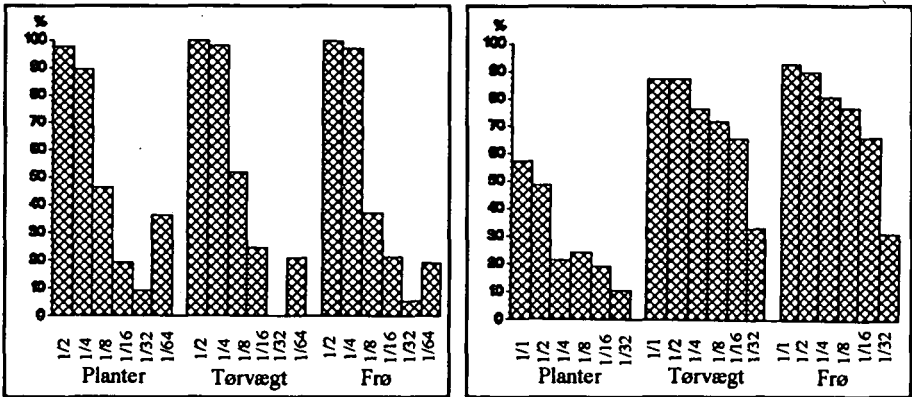
Number, dry weight and seed production of sown weed plants in untreated plots at harvest.

| | Hvidmelet Gåsefod (<i>Chenopodium album</i>) | | Fersken/Bleg Pileurt (<i>Polygonum persicaria/ lapathifolium</i>) | |
|---|---|------|--|------|
| | 1990 | 1991 | 1990 | 1991 |
| Antal planter pr. m ² <i>No. of plants m²</i> | 506 | 194 | 227 | 94 |
| G tørvægt pr. m ² <i>G dry weight m²</i> | 48.5 | 11.0 | 45.6 | 10.8 |
| Total frøproduktion pr. m ² <i>Total seed production m²</i> | 33742 | 6746 | 7377 | 1881 |
| % frø spildt <i>Percentage seed shed</i> | 67 | 55 | 49 | 34 |

Bekæmpelseeffekten målt på tørvægt af Hvidmelet Gåsefod (*C. album*) ved høst har i forhold til ubehandlet været over 85 % i 1990 for alle midler ved halv og i 1991 også ved kvart dosering, for nogle midler også ved 1/8 dosering. Antallet af Hvidmelet Gåsefod er for flere midlers vedkommende ikke reduceret i samme grad, se f. eks. figur 1a.

Bekæmpelseeffekten målt på frøproduktionen er vist i figur 2 a og b. Den følger temmelig nøje bekæmpelseeffekten målt på tørvægt.

Bekæmpelseeffekten målt på tørvægt af Fersken/Bleg Pileurt (*P. persicaria/lapathifolium*) ved høst har i forhold til ubehandlet begge år været over 85 % ved 1/2 dosering af alle midler og for en del midler ved en kvart dosering. Effekterne har ikke været lige så gode målt på antal planter, især ikke for Tribenuron-methyl, se figur 1b.



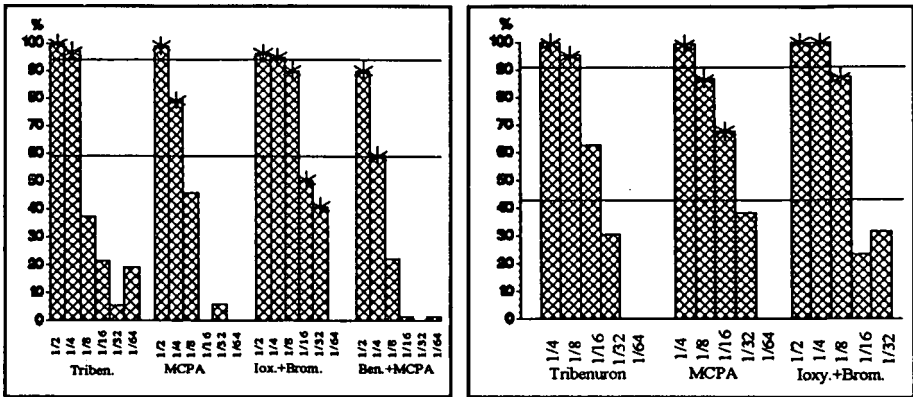
Figur 1a. Hvidmelet Gåsefod (*C. album*) 1990, behandlet med Ioxynil + Bromoxynil.
Chenopodium album 1990, treated with Ioxynil + Bromoxynil.

Figur 1b. Fersken/Bleg Pileurt (*P. persicaria/lapathifolium*) 1990, behandlet med Tribenuronmethyl. *Polygonum persicaria* + *P. lapathifolium* 1990, treated with Tribenuron.

Bekæmpelseeffekt i % af ubehandlet målt på antal planter, tørvægt og antal frø ved høst. Andel af normal dosering (se tabel 1) angivet under søjlerne.

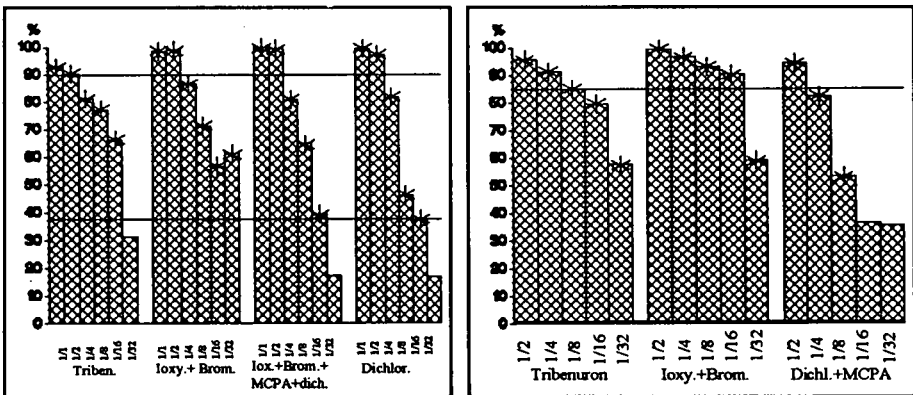
Percentage control of number of plants, dry weight and number of seeds at harvest as compared to untreated. Fraction of normal dose (see table 1) indicated under column.

Bekæmpelseeffekten målt på frøproduktionen fremgår af figur 3 a og b. Den følger effekten målt på tørvægt, og er for alle midler over 90% ved 1/2 dosering.



Figur 2. a: Hvidmelet Gåsefod (*C. album*) 1990. b: 1991. Bekæmpelseeffekt på frøproduktion i % af ubehandlet. Herbicider og normal dosering, se tabel 1. Brøken under søjlen angiver andel af normal dosering. Referencelinier, se tekst og tabel 3. * over søjlen angiver en bekæmpelseeffekt, der er signifikant forskellig fra ubehandlet ($p > 0.01$).

a: *Chenopodium album* 1990. b: 1991. Percentage control (%) of seed production compared to untreated. Herbicides, see table 1. The proportion of normal dose is indicated under the column. The reference lines refer to two theoretical levels of control (best and worst case) needed to avoid enlarging the soil seed reserve. See table 3. * over the column indicates that the control is significantly different from untreated ($p > 0.01$).



Figur 3. a: Fersken/Bleg Pileurt (*P. persicaria/lapathifolium*) 1990. b: 1991. Bekæmpelseeffekt på frøproduktionen i % af ubehandlet. Herbicider og normal dosering, se tabel 1. Brøken under søjlen angiver andel af normal dosering. Referencelinier, se tekst og tabel 3. * over søjlen angiver en bekæmpelseeffekt, der er signifikant forskellig fra ubehandlet ($p > 0.01$).

a: *Polygonum persicaria* + *P. lapathifolium* 1990. b: 1991. Percentage control (%) of seed production compared to untreated. Herbicides, see table 1. The proportion of normal dose is indicated under the column. The reference lines refer to two theoretical levels of control (best and worst cases) needed to avoid enlarging the soil seed reserve. See table 3. * over the column indicates that the control is significantly different from untreated ($p > 0.01$).

Diskussion

De anvendte midler har medført en god bekæmpelse af ukrudtet ved de højeste doseringer, mens effekten ved de laveste doseringer ikke har været signifikant forskellig fra ubehandlet. Der er forskel på midlernes reduktion af frøproduktionen, men det er ikke ud fra materialet muligt entydigt at sige at ét bestemt middel er særligt godt eller et andet særligt dårligt. Når midlet har god effekt på tørvægten, er der også god effekt på frøproduktionen. Effekten på ukrudtets tørstofproduktion er kendt for at være påvirkelig af mange faktorer (sprøjtetidspunkt, klima, ukrudtets størrelse osv).

Med det antal ukrudtsplanter (57-692 pr. m²), der er registreret i disse forsøg, kan man let tro, at der skulle mindst fuld normal dosering til for at undgå en opformering af arten. I praktisk landbrug ville man naturligvis være interesseret i at mindske frøreserven mest og hurtigst muligt og derfor anvende fuld dosering. I det følgende beskrives nogle beregninger over hvilken dosering af herbiciderne der skal til for at undgå en forøgelse af frøreserven.

En model, der beskriver ændringer i frøreserven (modificeret efter Zwerger & Hurlé 1988) er:

$$FR2 = [FR1 - FR1*f + FR1*f*p*e]*j$$

hvor

FR1 er frøreserven før vækstsæsonen, antal frø pr. m²,

FR2 er frøreserven før næste vækstsæson,

f er den andel af frøreserven, som spirer frem og giver ophav til en plantebestand,

FR1*f er de fremspirede planter i afgrøden, antal pr. m²,

p er frøproduktion pr. plante,

FR1*f*p er total frøproduktion pr. m²,

e er den andel af frø, der overlever efter høst,

FR1*f*p*e er tilgang til frøreserven pr. m² og

j er den andel af frøreserven, der overlever til næste vækstsæson.

Med herbicidbehandling ser modellen således ud:

$$FR2 = [FR1 - FR1*f + FR1*f*p*(1-r)*e]*j$$

hvor

r er reduktion i frøproduktion forårsaget af herbicidanvendelse og

FR1*f*p*(1-r) er den totale frøproduktion pr. m² ved herbicidanvendelse.

For at undgå at forøge frøreserven må denne ikke være større ved begyndelsen af næste vækstsæson (FR2) end den var før denne (FR1). Sættes $FR2 = FR1$ forøges frøreserven ikke. En herbicidbehandling, der kan reducere frøproduktionen til det nødvendige niveau, er beregnet i tabel 3 for 2 ekstreme niveauer af faktorerne f, e og j. FR1*f (antal planter pr.

m²) og $FRI \cdot f \cdot p$ (frøproduktionen pr. m²) er resultaterne fra de ubehandlede led i forsøgene.

Tabel 3. Den teoretiske beregnede frøreserve (FR1) ved forskellige niveauer af de faktorer der påvirker frøreservens størrelse, og den deraf udledte tilladelige frøproduktion, der ikke forøger frøreserven i de 4 forsøg. Den krævede reduktion af frøproduktionen for at undgå forøgelse af frøreserven. Frø pr. m².

The theoretical calculated soil seed reserve at different levels of the factors influencing its size, and the calculated allowable seed production, that will not enlarge the soil seed reserve in the 4 experiments. The needed reduction of the seed production to keep the seed reserve at this level. Plants or seeds per m².

FRI·f: Number of plants (from experiments), f: germination from the soil seed reserve, j: survival in the soil, e: survival from production till incorporation into the soil, FRI: theoretical calculated soil seed reserve in spring, FRI/j: theoretical calculated soil seed reserve in the fall, FRI/j - FRI + FRI·f·p: allowable seed input, (FRI/j - FRI + FRI·f·p)/e: allowable seed production before losses, FRI·f·p: actual seed production in untreated plots, r: needed reduction of the seed production.

| Ukrudtsart Species | Forsøgs- år Years of ex- peri- ment | Plan- ter, pr. m ² FRI·f | Frem- spiring fra frø- reserven f | Over- levelse i jord j | Over- levelse fra pro- duktion til ind- arbejd- ning i frøre- serven e | Teoretisk beregnet frøreserve forår FRI | Teoretisk beregnet frøreserve efterår FRI/j | Tilladelig tilgang til frø- reserven FRI/j - FRI + FRI·f·p | Tilladelig frøpro- duktion for tab (FRI/j - FRI + FRI·f·p)/e | Fak- tisk frø- pro- duk- tion i forsøg FRI·f·p | Nødvendig reduktion af frø- produk- tion r |
|---|---|--|---|---------------------------------|---|---|---|---|--|---|---|
| Hvidmelet gåsefod (C. album) | 1990 | 692 | 0,02 | 0,90 | 0,33 | 34.600 | 38.444 | 4.536 | 13.747 | 33.742 | 59% |
| | | | 0,10 | 0,95 | 0,50 | 6.920 | 7.284 | 1.056 | 2.112 | | 94% |
| | 1991 | 194 | 0,02 | 0,90 | 0,33 | 9.700 | 10.778 | 1.272 | 3.854 | 6.746 | 43% |
| | | | 0,10 | 0,95 | 0,50 | 1.940 | 2.042 | 296 | 592 | | 91% |
| Fersken/ bleg pileurt (P. persicaria/ lapathifolium) | 1990 | 231 | 0,02 | 0,90 | 0,33 | 11.550 | 12.833 | 1.514 | 4.589 | 7.377 | 38% |
| | | | 0,10 | 0,95 | 0,50 | 2.310 | 2.432 | 353 | 705 | | 90% |
| | 1991 | 94 | 0,02 | 0,90 | 0,33 | 4.700 | 5.222 | 616 | 1.867 | 1.881 | 1% |
| | | | 0,10 | 0,95 | 0,50 | 940 | 989 | 413 | 287 | | 85% |

Den nødvendige reduktion, der fremgår af tabel 3, er indtegnet for de to valgte niveauer som to referencelinier i henholdsvis figur 2 a + b og figur 3 a + b. Som det fremgår af disse figurer har 1/2-1/4 dosering i de fleste tilfælde været tilstrækkeligt til at give en reduktion i frøproduktionen, så frøreserven ikke forøgedes, selv med det valg af parametre (f, j og e), der betød det største krav til reduktionen. Hvis parametrene er valgt mindre krævende, og der forudsættes en mindre fremspiring fra frøreserven, en mindre overlevelse i jorden og en mindre overlevelse efter høst, er 1/16 -1/32 dosering nok til at Fersken/Bleg Pileurt (*P. persicaria/lapathifolium*) ikke opformerer, og 1/4-1/16 dosering nok til at Hvidmelet Gåsefod (*C. album*) ikke opformerer.

Som det fremgår, er der stort spring mellem de to valgte niveauer hvad angår tilladelig frøproduktion og deraf følgende nødvendig reduktion af frøproduktionen, mest grelt for Pileurt 1991: fra 1% til 85% reduktion! Det ville derfor være meget interessant at vide mere

om, i hvilket område parametrene rent faktisk ligger for de to arter. I nogle fastliggende forsøg på Flakkebjerg har det vist sig, at antallet af ukrudtsplanter (domineret af Hvidmelet Gåsefod) i ubehandlet stiger med i gennemsnit 25% årligt (Jensen, pers. medd.). Selv om fremspiringsprocenten er forskellig fra år til år, må denne gennemsnitlige stigning svare til en stigning i frøreserven. For Hvidmelet Gåsefod (*C. album*) ville frøproduktionen i de ubehandlede led i følge beregningerne give en stigning i frøreserven på 9-17% i de mindst bekæmpelseskrævende situationer og på 151-217% i de værste situationer. Dette tyder på, at kun i helt ekstreme situationer ville det gå så galt, som den værste situation, mens den mindst bekæmpelseskrævende ikke er et usandsynligt udfald. Landmandens mulighed for at ændre parametrene, som nævnt i indledningen (f. eks. overlevelse fra frøproduktion til indarbejdning i frøreserven) er også vigtig.

For de forsøg der er beskrevet ses, at når der er opnået en tilfredsstillende bekæmpelseeffekt i øvrigt (85% reduktion af ukrudstørvægt), så er der med én undtagelse ikke risiko for at frøreserven opformerer. Man kan derfor antage, at for tokimbladede ukrudtsarter, der minder om disse hvad angår fremspiring fra frøreserven, bekæmpelseeffekt med herbicider, frøproduktion, tab af frø fra produktion til indarbejdning i frøreserven og tab af frø fra frøreserven, er der ved god bekæmpelseeffekt i øvrigt ved anvendelse af reducerede doseringer af herbicider i vårbyg ikke risiko for at frøreseven forøges.

Sammendrag

Der er udført 4 forsøg med effekten af reducerede herbiciddoseringer på 2 ukrudtsarters frøproduktion i vårbyg. ½ normal dosering har givet en reduktion i frøproduktionen der er signifikant forskellig fra ubehandlet, ofte har 1/4 og i nogle tilfælde 1/8 dosering og derunder også givet en sådan reduktion. Midlerne har reduceret frøproduktionen forskelligt, men når der har været en tilfredsstillende bekæmpelseeffekt i øvrigt (tør vægt) har effekten på frøproduktionen også været god.

Beregninger over ændringer i frøreserven viser at selv i de værst tænkelige tilfælde hvor der er en stor fremspiring fra frøreserven, mange frø overlever i frøreserven og mange frø overlever fra høst til indarbejdning i frøreserven har ½ til 1/4 dosering af næsten alle midlerne begge år været nok til at reducere frøproduktionen for begge arter så meget at frøreseven ikke forøges. Med mere gunstige vilkår (for landmanden og mindre gunstige for ukrudtet) har 1/16 til 1/32 dosering ofte været nok til at reducere frøproduktionen så meget at frøreserven ikke forøges.

Litteratur

1. *Andersson, L.* 1992. Effect of MCPA on the seed production of six weed species. IXème Colloque International sur la Biologie des Mauvaises Herbes, 279-287.
2. *Baandrup, M. & T. Ballegaard.* 1989. Three years field experience with an advisory computer system applying factor-adjusted doses. Brighton Crop Protection Conference-Weeds. 555-560.

3. *Fawcett, R.S. & F.W. Slife.* 1978. Effects of 2,4-D and Dalapon on Weed Seed Production and Dormancy. *Weed Science* 26, 543-547.
4. *Fogelfors, H.* 1991. Different herbicide doses in barley - Studies of the actual requirement. 32nd Swedish Crop Protection Conference - Weeds and Weed Control, 53-64.
5. *Forcella, F.* 1992. Prediction of weed seedling densities from buried seed reserves. *Weed Research* 32, 29-39.
6. *Hurle, K., J. Maier, A. Amann, T. Weishaar, B. Mozer & M. Pulcher-Häussling.* 1988. Auswirkungen unterlassener Pflanzenschutz- und Düngungsmassnahmen auf die Unkrautflora - Erste Ergebnisse aus einem mehrjährigen Versuchsprogramm. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderheft XI*, 175-187.
7. *Jensen, H.A. & G. Kjellson.* 1992. Ændringer af frøpuljens størrelse i danske marker i perioden 1964-1989. 9. Danske Planteværnskonference - Ukrudt, 93-105.
8. *Jensen, P. K.* Personlig meddelelse.
9. *Kudsk, P.* 1989. Experiences with reduced herbicide doses in Denmark and the development of the concept of factor-adjusted doses. Brighton Crop Protection Conference - Weeds, 545-554.
10. *Milberg, P.* 1990. Hur länge kan ett frö leva? *Svensk Bot. Tidskr.* 84, 323-352.
11. *Pedersen, J.O & I.A. Rasmussen.* 1990. Herbiciders indflydelse på ukrudtets frøproduktion. 7. Danske Planteværnskonference - Ukrudt, 73-83.
12. *Rasmussen, J.* 1993. Ukrudtsbiologi. I: Ukrudtsbekæmpelse i landbruget, Statens Planteavlsvforsøg, 13-37.
13. *Roberts, H.A.* 1970. Viable Weed Seeds in Cultivated Soils. *Rep. Natn. Veg. Res. Stn. for 1969*, 25-38.
14. *Wilson, B.J. & G.W. Cussans.* 1975. A study of the population dynamics of *Avena fatua* L. as influenced by straw burning, seed shedding and cultivations. *Weed Research* 15, 249-258.
15. *Zwenger, P. & K. Hurle.* 1988. Simulationsstudien zum Einfluss von Fruchtfolge und Bekämpfungsmassnahmen auf die Verunkrautung. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderheft XI*, 71-82.

Skadetærskler for kvikbekæmpelse i forskellige sædskifter

*Thresholds for the control of couch *Elymus repens* (L.) Gould in different crop rotations*

Bo Melander

Planteværnscentret

Afdeling for Ukrudtsbekæmpelse

Flakkebjerg

4200 Slagelse

Summary

Thresholds based on long-term considerations were calculated for the use of pre-harvest application of glyphosate in crop rotations predominated by cereals. A combined population dynamic and economic model were used for the calculations. Basically, the crop rotations were two rotations representing different conditions for the propagation of couch: A. 100% cereals; B. 75% cereals and 25% peas. Threshold calculations were made with rye, winter wheat or spring barley as the cereal crop. The influence of stubble cultivation was also included. Besides economic aspects concerning the use of thresholds, population dynamic aspects are presented in the paper as well. Simulations and threshold calculations made by the model lead to the following conclusions when infestation levels of couch are relatively low:

I. 100% cereals.

- 1. Threshold-values in the area of 1-10 shoots/m² are most appropriate for the control of couch in barley and wheat without any stubble cultivation. The threshold-level is raised to 15-20 shoots/m² when stubble cultivation is carried out.*
- 2. Spraying in rye is more uneconomical than not spraying. But stubble cultivation every year can be necessary to prevent propagation of the couch.*

II. 75% cereals and 25% peas. Spraying is only carried out in the cereal crop just before the peas.

- 3. A threshold-value of 1 shoot/m² is recommended when the cereal crop is wheat or barley and stubble cultivation is added to spraying as supplementary control.*
- 4. When rye is the cereal crop and stubble cultivation is not carried out, a threshold-value of 1 shoot/m² is recommended. Alternatively, stubble cultivation without spraying can be enough to provide a good and economical control of the weed.*

Indledning

Bekæmpelse af kvik *Elymus repens* (L.) Gould er en del af ukrudtsbekæmpelsen, som kræver en særlig indsats såvel økonomisk som fagligt. Planten betragtes som stærkt tabsgivende og er uønsket i alle afgrøder. Derfor bekæmpes den ofte ud fra en strategi, der sigter mod, at markerne skal holdes helt kvikfri.

Af kemiske bekæmpelsesmetoder mod kvik er før-høst sprøjtning med glyphosat i korn ret udbredt blandt danske landmænd. Men også mekanisk bekæmpelse i form af stubharvning om efteråret er almindeligt (Tvedegaard et al., 1991).

I planteavlen søger man hele tiden at optimere dækningsbidragene mest muligt. Heri indgår naturligvis overvejelser om hvilken strategi og hvilke metoder, kvikken bør bekæmpes efter. Derfor er de økonomiske konsekvenser ved anvendelsen af glyphosat og stubharvning altid et vigtigt spørgsmål at belyse. Både når metoderne anvendes alene eller i kombination.

I en praktisk vejledningssituation kan skadetærskelbegrebet udnyttes for anvendelsen af glyphosat. Herved fås et svar på, om der skal bekæmpes eller ej ud fra en økonomisk betragtning. (I princippet kunne man også stubharve efter tærskelværdier, men dette forhold er ikke medtaget her). Til bekæmpelse af kvik i ærter og vårraps er enårige skadetærskler tidligere blevet præsenteret (Melander, 1990a&b). Svagheden ved enårige skadetærskler er imidlertid, at de ikke tager hensyn til ukrudtsartens opformeringsevne, og dermed ikke tager hensyn til bekæmpelsesbehovene senere i sædskiftet. Her kan langsigtede skadetærskler, hvor artens opformeringsevne er inddraget, give et mere rimeligt svar på en økonomisk optimal skadetærskel i et givent sædskifte dyrket i en bestemt periode (Cousens, 1987).

Langsigtede skadetærskler for kvik i relation til både sædskifte og bekæmpelsesstrategi kan beregnes ved at samle viden om både plantens populationsdynamik og økonomiske betydning i en matematisk model. En sådan model har Afdeling for Ukrudtsbekæmpelse opstillet med henblik på at beskrive både populationsdynamiske og økonomiske aspekter ved bekæmpelse af kvik (Melander, 1993b).

Formålet med denne fremstilling er ved hjælp af modellen, dels at bestemme skadetærskler for "før-høst-udbragt" glyphosat anvendt i forskellige bekæmpelsesstrategier, der indgår i sædskifter, hvor konkurrencevilkårene for kvik er forskellige. Dels at beskrive både populationsdynamiske og økonomiske konsekvenser af de forskellige bekæmpelsesstrategier i de pågældende sædskifter.

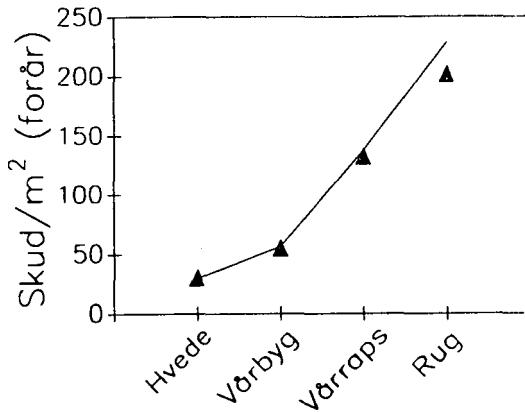
Valget af sædskifter og strategier samt begrundelsen for at fokusere på netop disse situationer er omtalt under delafsnittet "Sædskifter".

Modellen

Udledningen og argumentationen for anvendelsen af de matematiske udtryk, som indgår i modellen, vil ikke blive foretaget her. Dette vil blive gjort i en efterfølgende publikation, som er under udarbejdelse (Melander, 1993b). Modellen med tilhørende parameterverdier er kun medtaget i denne fremstilling som dokumentation for de udførte beregninger.

Modellen er sammensat af en populationsdynamisk del og en økonomisk del. På grund af den forhåndenværende datamængde gælder modellen kun for tæthedsområdet 0-200 kvikskud/m² om foråret og kun for afgrøderne vinterhvede, rug, vårbyg, vårraps og ærter.

I figur 1 er den populationsdynamiske del valideret på nogle data fra en flerårig forsøgsserie udført ved Afdeling for Ukrudtsbekæmpelse, Flakkebjerg (Melander, 1993a). Data stammer fra parceller, hvor kvikken ikke blev bekæmpet i sædskiftet hvede-vårbyg-vårraps-rug.



Figur 1. Modellen valideret på observerede data fra et 4-årigt sædskifteforløb. Hvert observerede punkt er gennemsnittet af 6 parceller.

The model fitted to observed data showing the propagation of couch in a crop rotation constituted as wheat - spring barley - spring oilseed rape - rye.

Populationsdynamisk del

Den populationsdynamiske del tager udgangspunkt i bestanden af primære kvikskud om foråret. Matematisk udtrykkes skudbestanden $S_{v(0)}$ om foråret som:

$$S_{v(0)} = (U1_{(0)} + U2_{(0)})f \quad (1)$$

hvor $U1$ er udløberknopper dannet i foregående vækstsæson, $U2$ er udløberknopper, som er eet år ældre end $U1$, og f er knoppernes fremspiringsprocent. Udviklingen i antal udløberknopper, $U1$ og $U2$, fra forår (t) til næste forår ($t+1$) skrives som:

$$U1_{(t+1)} = (U1_{(0)} + U2_{(0)})K_u K_v P L_u \quad (2)$$

$$U2_{(t+1)} = U1_{(0)}(1-f)O_v P L_u \quad (3)$$

hvor K_a er faktor for tilvækst af knopper på udløberstykkerne fra forår til afgrøden høstes, K_c er knoptilvæksten fra høst til jorden pløjes om efteråret, O_c er overlevelsesraten for ældre udløberstykker fra forår til jorden pløjes om efteråret, og Pl_u er udløberstykkernes overlevelsesrate efter pløjning om efteråret.

Delmodel (1) gælder kun for opformeringen i korn. I åbne afgrøder som ærter og vârraps ændres den til:

$$U1_{(t+1)} = (U1_{(t)} + U2_{(t)}) [K_a (1 / (1 + aS_v))] K_c Pl_u \quad (4)$$

hvor a er en konstant, som styrer graden af den intraspecifikke konkurrence mellem kvikskuddene.

Ændringer i udløbermængden, som følge af bekæmpelse med glyphosat i korn før høst, udtrykkes som:

$$U1_{(t+1)} = [(U1_{(t)} + U2_{(t)}) K_a (1-h)] K_c Pl_b \quad (5)$$

$$U2_{(t+1)} = U1_{(t)} (1-f) (1-h) O_c Pl_b \quad (6)$$

hvor h er herbicidets bekæmpelseseffekt, og Pl_b er udløberstykkernes overlevelsesrate efter pløjning om efteråret, når de har været udsat for forudgående bekæmpelse.

Bestanden af det totale antal kvikskud S_b (primære hovedskud med sideskud, sekundære hovedskud med sideskud osv.) ved bekæmpelsestidspunktet for en før-høst-behandling defineres som:

$$S_b = (U1_{(t)} + U2_{(t)}) f K_a \quad (7)$$

Virksomheden af mekanisk bekæmpelse, (udført som stubbearbejdninger om efteråret), på udløbermængden beskrives ved, at Pl_u erstattes med Pl_b i delmodellerne (2), (3) og (4), og at leddet K_c bortfalder i delmodellerne (2), (4), og (5).

Økonomisk del

De økonomiske konsekvenser af et givent bekæmpelses-/dyrkningsystem beregnes ved at udregne et dækningsbidrag DB i den enkelte afgrøde i det enkelte år. En summation over de årlige dækningsbidrag i en fortsat årrække (8 år) giver en samlet vurdering af de økonomiske konsekvenser af en valgt bekæmpelsesstrategi. Ved bekæmpelse efter skadetærskelværdier kan man ved hjælp af modellen angive den eller de værdier, hvor det gennemsnitlige dækningsbidrag er størst - en metode, som bl. a. er anvendt af Doyle et al. (1986).

Holdes maskin- og arbejdsomkostninger til såning og høst ude, kan dækningsbidraget i det enkelte år beregnes som:

$$DB = [Y_{\text{vfr}}(1 - Y_{\text{rel}(t)})PA] - SG - KK - MB \quad (8)$$

hvor Y_{vfr} er det forventede udbytte ved ukrudtsfri forhold, $Y_{\text{rel}(t)}$ er det relative udbyttetab ved kvikbestanden S_v , PA er prisen på afgrøden, SG er stykomkostninger (udgiften til såsød, gødning og pesticider til bekæmpelse af sygdomme, skadedyr og tokimbladet ukrudt), KK er udgiften til sprøjtning af kvik (kemikalie plus kørsel), og MB er udgiften til mekanisk kvikbekæmpelse.

Det relative udbyttetab Y_{rel} i kornafgrøderne ved en given tæthed S_v udtrykkes som (Melander, 1993a):

$$Y_{\text{rel}(t)} = sS_{v(t)}/Y_{\text{vfr}} \quad (9)$$

hvor s er udbyttetabet pr. skud. For ærter og vårraps bliver Y_{rel} (Melander, 1993a):

$$Y_{\text{rel}(t)} = 1 - \exp(-bS_{v(t)}) \quad (10)$$

hvor b er raten, hvormed udbyttet falder ved stigende skudtæthed.

Parameterværdier

Parameterværdierne er i overvejende grad bestemt ud fra danske forsøg. Når danske resultater har manglet, er værdierne kun taget fra forsøg udført i de nærmeste nabolande. En nærmere redegørelse for de anvendte parameterværdier skal ikke gives her, men vil blive udførligt beskrevet i en efterfølgende publikation, som er under udarbejdelse (Melander, 1993b). De understregede værdier er gennemsnitstal, som ligger til grund for resultaterne præsenteret i figur 2 og 3 samt tabel 1. Værdierne i parentes er variationen. De angivne priser er taget fra "Håndbog for driftsplanlægning 1992-93" og Anonym (1992).

| | |
|---|-------------------------|
| U1 (antal udløberknopper): | <u>3</u> (startværdi) |
| U2 (antal udløberknopper): | <u>0,3</u> (startværdi) |
| K _i (knoptilvækst i afgrøden): | |
| Hvede | <u>3,6</u> (2,2-6,4) |
| Rug | <u>1,7</u> (0,4-3,2) |
| Vårbyg | <u>5,1</u> (2,9-9,2) |
| Ærter | <u>8,0</u> (0,3-17,1) |
| K _e (knoptilvækst om efteråret): | |
| Fra høst til vinterpløjning | <u>1,9</u> (1,6-2,1) |
| Fra høst til pløjning før vintersød | <u>1,4</u> (1,0-1,8) |

| | | |
|--|--------|--|
| O_s (overlevelsesrate): | | <u>0,38</u> (variationen kendes ikke) |
| f (relativ fremspiring): | | <u>0,33</u> (0,13-0,43) |
| a (intraspecifik konkurrence): | Ærter | <u>0,0026</u> (0,0011-0,0048) |
| Pl_u (overlevelsesrate efter pløjning): | | <u>0,6</u> (0,5-0,7) |
| Pl_s (svækkede udløberstykkers overlevelsesrate efter pløjning): | | <u>0,5</u> (0,4-0,6) |
| s (konkurrence-parameter): | Hvede | <u>0,12</u> (0,058-0,17) |
| | Rug | <u>0,059</u> (0,034-0,085) |
| | Vårbyg | <u>0,13</u> (0,11-0,15) |
| b (konkurrence-parameter): | Ærter | <u>0,0043</u> (0,0037-0,0049) |
| h (bekæmpelseeffekt): | | <u>0,95</u> |
| Y_{wf} (udbytt niveau): | Hvede | <u>80</u> hkg/ha |
| | Rug | <u>70</u> hkg/ha |
| | Vårbyg | <u>60</u> hkg/ha |
| | Ærter | <u>50</u> hkg/ha |
| PA (afgrødepris): | Hvede | <u>90</u> kr/hkg |
| | Rug | <u>80</u> kr/hkg |
| | Vårbyg | <u>88</u> kr/hkg |
| | Ærter | <u>95</u> kr/hkg |
| SG (stykomkostninger): | Hvede | <u>2907</u> kr/ha |
| | Rug | <u>1850</u> kr/ha |
| | Vårbyg | <u>2066</u> kr/ha |
| | Ærter | <u>2105</u> kr/ha |
| KK (udgift til sprøjtning): | | 3 l Roundup/ha á 90 kr/l + 130 kr/ha for kørsel = <u>400</u> kr/ha |
| MK (udgift til mekanisk bekæmpelse): | | <u>320</u> kr/ha for 2-3 træk |

Startbetingelser og tidsperioder

Simuleringerne for alle sædskiftesituationer er foretaget for en 8-årig periode. Andre perioder kunne naturligvis vælges. Men meget lange perioder kan nemt føre til urealistiske prisrelationer for den sidste del af perioden. Valg af kortere perioder kan medføre, at

skadetærskelbestemmelserne bliver for meget koblet til tidsperioden, og derved mistes en del af resultaternes almen gyldighed. Den lave udgangsbetand på 1 skud/m² ((U1 + U2)f) er valgt, fordi overvejelserne vedrørende behovet for bekæmpelse vil ske på baggrund af lave bestande, det vil sige under ca. 5 skud/m² om foråret.

Ved udregningerne af dækningsbidrag er der gennem hele simuleringsperioden regnet på faste priser, hvilket er rimeligt ifølge Jørgensen (1993).

Sædskifter

Der er anvendt 2 sædskifter i simuleringerne: A. 100% med korn, B. 75% med korn og 25% med en åben bredbladet afgrøde. Sædskifte A repræsenterer et sædskifte, hvor afgrødens konkurrenceevne gennemgående er god overfor kvikken. Sædskifte B derimod indeholder et "svagt led" i form af en åben og konkurrencesvag afgrøde. Disse sædskifter er valgt, fordi de illustrerer to situationer, hvor bekæmpelsesbehovene er meget forskellige.

Bestemmelsen af skadetærskler foretages for glyphosat (1.080 g/ha svarende til f. eks. 3 l Roundup) anvendt som før-høst-sprøjtning i korn, fordi glyphosat er den eneste kemiske bekæmpelsesmulighed i korn, og fordi metoden er forholdsvis billig og meget anvendt i praksis. I beregningerne inddrages desuden betydningen af mekanisk bekæmpelse i form af stubkultivering i efterårsperioden.

Følgende bekæmpelsesstrategier indgik i simuleringerne:

Sædskifte A: A1. Ensidig korn uden bekæmpelse.

A2. Ensidig korn, bekæmpelse med glyphosat efter skadetærskelværdier.

A3. Ensidig korn, stubharvning hvert efterår.

A4. Ensidig korn, sprøjtning med glyphosat efter skadetærskler samt stubharvning hvert efterår.

Sædskifte B: B1. Korn-ærter-korn-korn, uden bekæmpelse.

B2. Som B1, men sprøjtning med glyphosat efter skadetærskler kun i kornafgrøden før ærterne.

B3. Som B1, men stubharvning hvert efterår.

B4. Som B3 samt sprøjtning med glyphosat efter skadetærskler kun i kornafgrøden før ærterne.

Simuleringerne blev foretaget med hvede, rug eller vårbyg som kornafgrøde. De 3 kornarter er valgt, fordi dyrkningen af dem er meget udbredt, og fordi de viser de diametrale yderpunkter indenfor kornarterne med hensyn til konkurrenceevnen overfor kvik.

Resultater

I figur 2 og 3 ses simuleringsresultaterne for de forskellige bekæmpelsesstrategier i sædskifte A henholdsvis B udført med hvede og rug som kornafgrøde. Resultaterne for vårbyg er ikke vist i figurform. Figurene viser dels sammenhængen mellem det gennemsnitlige dæknings-

bidrag og skadetærsklen, dels den opformering af kvikken, som de viste situationer medfører. Her er det vigtigt at gøre opmærksom på, at de viste skadetærskler i figur 2 og 3 er den totale skudbestand umiddelbart før høst (det vil sige summen af primære hovedskud med sideskud, sekundære hovedskud med sideskud osv.). Desuden skal det fremhæves, at skadetærsklerne i figur 2 og 3 er skadetærskelværdier, som er afprøvet som bekæmpelsesvejledning i modelkørslerne. I tabel 1 er den/de skadetærskelværdier angivet for hvede, rug eller vårbyg som kornafgrøde, hvor de største gennemsnitlige dækningsbidrag over den 8-årige periode blev fundet. Desuden angiver tabellen antallet af udførte sprøjtninger ved den/de optimale skadetærskelværdier.

Tabel 1. Skadetærskelværdier/områder, hvor DB ifølge modellen var størst i situation A2, A4, B2 og B4. Skadetærsklerne er det totale antal kvikskud umiddelbart før høst af korn. Antal udførte sprøjtninger AP i det optimale skadetærskelområde er også vist.

Thresholds for the use of pre-harvest-applied glyphosate in crop rotations with 100% cereals (A2, A4) or 75% cereals and 25% peas (B2, B4). Thresholds are the total number of shoots just before harvest. AP is the number of applications in a period of 8 years.

| | | Skadetærskler <i>Thresholds</i> | AP |
|--------|----|---|----|
| Hvede | A2 | 1 | 3 |
| Wheat | A4 | 18-27 | 2 |
| | B2 | 1-3 | 2 |
| | B4 | 1-3 | 2 |
| Vårbyg | A2 | 5 | 4 |
| Spring | A4 | 13 | 2 |
| Barley | B2 | Supplerende bekæmpelse nødvendig <i>More control is needed</i> | 2 |
| | B4 | 1-5 | 2 |
| Rug | A2 | Sprøjtning uøkonomisk <i>Spraying is not profitable</i> | 0 |
| Rye | A4 | Sprøjtning uøkonomisk <i>Spraying is not profitable</i> | 0 |
| | B2 | 1 | 2 |
| | B4 | Sprøjtning uøkonomisk <i>Spraying is not profitable</i> | 0 |

Sædskiye A (figur 2 og tabel 1)

Situation A1

Kurverne for kvikkens opformering viser tydeligt, at opformeringen er væsentlig større og hurtigere i hvede end i rug, når der ikke udføres bekæmpelse. Opformeringen i vårbyg havde et forløb meget lig det viste for hvede.

Situation A2

I rug er sprøjtning mere uøkonomisk end undladelse af sprøjtning (opformeringen ved undladelse af sprøjtning svarer til A1). For hvede er det tydeligt, at mindre fravigelser fra den optimale skadetærskelværdi har meget beskedne konsekvenser for økonomien. Opformeringen af kvik standser fuldstændig ved bekæmpelse efter den optimale skadetærskelværdi. Simuleringsresultaterne for vårbyg viste det samme mønster som for hvede.

Situation A3

I hvede (og vårbyg) kan stubharvning alene ikke forhindre en opformering af kvikken. Men i rug er stubharvning tilstrækkeligt til at holde kvikken nede. Økonomien ved stubharvning i rug er vist både, når maskin- og arbejdsomkostningerne til stubharvning indgår i dækningsbidraget, og når de ikke gør. Det kan naturligvis diskuteres, om udgiften til stubharvning skal medregnes eller ej. Hvis det primære formål med stubharvning er at nedmulde halm, er det vel ikke rimeligt at medregne denne udgift, når forskellige kvikbekæmpelsesstrategier sammenlignes.

Situation A4

Når både sprøjtning og harvning kombineres i hvede og vårbyg, hæves det optimale skadetærskelområde, hvorved sprøjtebehovet nedsættes. I rug vil der naturligvis ikke være noget sprøjtebehov, når der stubharves.

Det lille bekæmpelsesbehov i rug skyldes, at rug, sammenlignet med de øvrige kornarter, har størst konkurrenceevne overfor kvik - både i relation til kvikkens opformeringsmuligheder, og de udbyttetab kvikken kan forvolde.

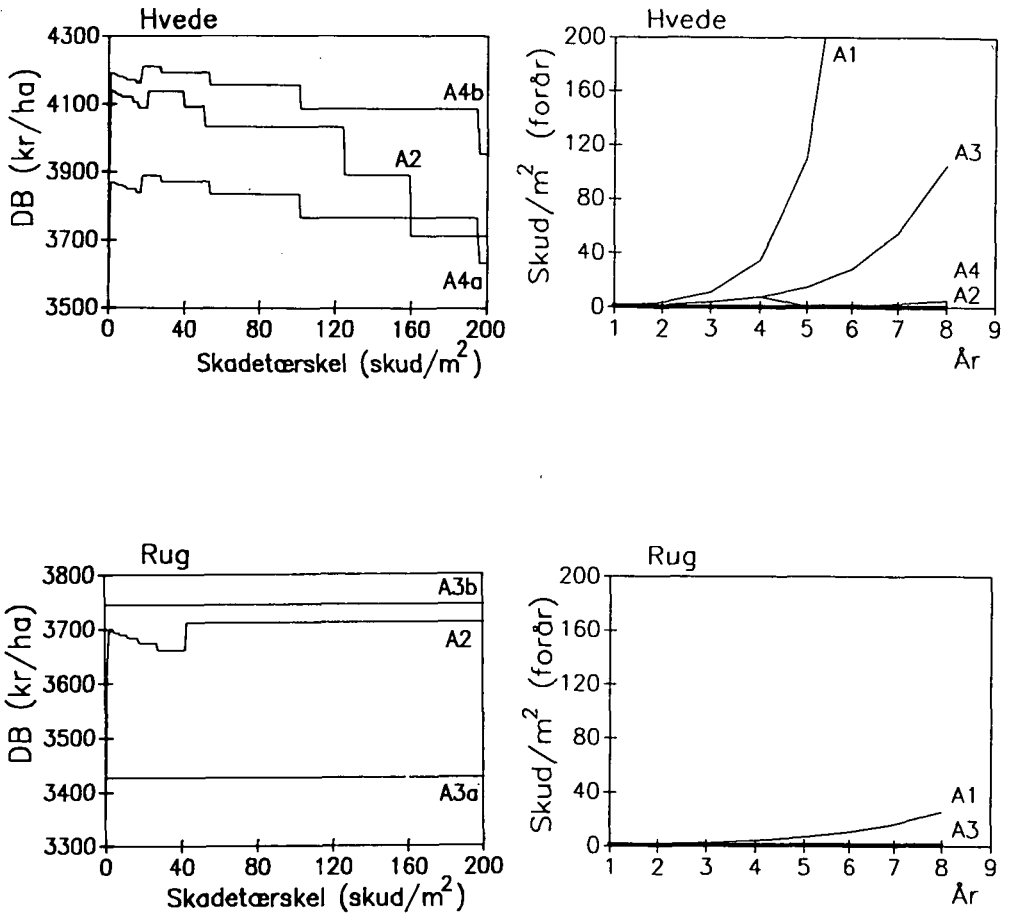
Sædskiye B (figur 3 og tabel 1)

Situation B1

Med hvede (eller vårbyg) som kornafgrøde er opformeringen meget hurtig og kraftig. Men også med rug som kornafgrøde er opformeringen betydelig større end ved ensidig rugdyrkning. Årsagen til de kraftige opformeringer er, at der i sædskiftet indgår en åben og konkurrencesvag afgrøde, hvor opformeringen er noget større end i kornarterne.

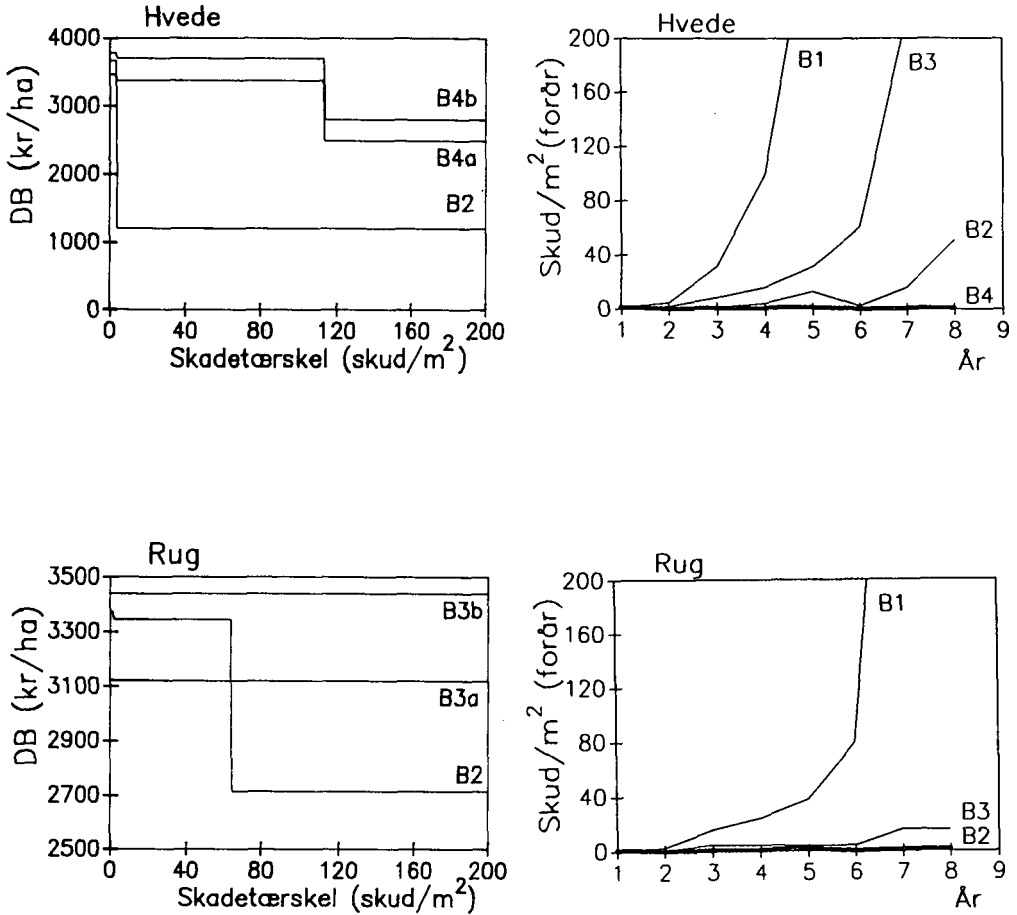
Situation B2

Med hvede som kornafgrøde ses det klart, at dækningsbidraget falder kraftigt, hvis man bekæmper efter større skadetærskelværdier end det optimale skadetærskelområde. Det store dyk i dækningsbidraget skyldes, at både udbyttetabene og kvikkens opformering i den åbne afgrøde er væsentlig større end i hveden. Simuleringerne med vårbyg som kornafgrøde viste



Figur 2. Sammenhængen mellem DB og skadetærsklen vist for hvede og rug i situation A2, A3 (kun rug) og A4 (A3a, A4a og A3b, A4b er med og uden udgift til harvning). Opformeringen af kvik er vist for hvede i A1-A4 - A2 og A4 er kun vist for den/de skadetærskelværdier med størst DB. For rug er opformeringen kun vist for A1 og A3.

The relationship between economic net benefits (DB) and threshold values shown for wheat and rye grown continuously. The propagation of couch as a consequence of wheat or rye grown continuously under different control strategies is also shown.



Figur 3. Sammenhængen mellem DB og skadetærsklen vist for hvede og rug i B2, B3 (kun rug) og B4 (B3a, B4a og B3b, B4b er med og uden udgift til harvning). Opformeringen af kvik er vist for hvede i B1-B4 - B2 og B4 er kun vist for den/de skadetærskelværdier med størst DB. For rug er opformeringen kun vist for B1, B2 (størst DB) og B3.

The relationship between economic net benefits (DB) and threshold values shown for wheat and rye grown in a crop rotation with 75% wheat/rye and 25% peas. The propagation of couch as a consequence of different control strategies in the crop rotation is also shown.

endda, at sprøjtning gav for dårlige dækningsbidrag, fordi kvikken ikke kunne holdes tilstrækkeligt nede. Når rug er kornafgrøden, er økonomien væsentlig mindre følsom for afvigelser fra det optimale skadetærskelområde, end det er tilfældet med de to øvrige kornarter.

Situation B3

Som opformeringskurven viser, kan stubharvning alene slet ikke bremse kvikken, når kornafgrøden er hvede (eller vårbyg). Derimod kan stubharvningen tilsyneladende være nok til at give en god og økonomisk bekæmpelse, hvis kornafgrøden er rug.

Situation B4

I tilfældet med hvede som kornafgrøde vil sprøjtning i kombination med harvning betyde, at økonomien bliver langt mindre følsom for udsving fra det optimale skadetærskelområde end i situation B2. Desuden forhindres kvikkens opformering helt i det optimale skadetærskelområde. For vårbyg betød stubharvningen, at opformeringen af kvikken blev bremset, og at dækningsbidraget blev væsentligt større end i situation B2. Med rug som kornafgrøde var sprøjtning og harvning samtidigt økonomisk set ufordelagtigt.

Med henblik på at gøre økonomien mindre følsom viste simuleringerne for både vårbyg og hvede som kornafgrøde (resultaterne er ikke vist her), at en ekstra sprøjtning efter skadetærsklen 1 skud/m² i én af kornafgrøderne efter ærterne er et rimeligt alternativ til stubharvning.

Diskussion

Resultaterne opnået med modellen skal naturligvis tolkes med en vis forsigtighed.

For det første ville det være ønskeligt, om modellens populationsdynamiske del kunne valideres på et større antal forsøg, hvor kvikkens opformering er undersøgt over en årrække. For det andet er parameterværdierne i modellen gennemsnitsværdier, hvilket gør, at konklusionerne bør tolkes som overordnede gennemsnitsbetragtninger. For det tredje er simuleringerne foretaget med faste værdier for udgangsbestanden, udbytteneiveauerne, priserne og sædskifteforløbets længde i tid.

De optimale skadetærskelværdier og det optimale dækningsbidrags størrelse ændres da også en smule, hvis parameterne ændres i mindre omfang. Men i mange tilfælde er ændringerne ret marginale, især ved ensidig korndyrkning og ved situationerne B2 med rug som kornafgrøde eller B4 med hvede som kornafgrøde.

Derfor er det i sådanne situationer ikke altid rimeligt at angive én bestemt skadetærskelværdi eller -område, hvor økonomien lige netop er størst. Men derimod mere rimeligt at angive et skadetærskelinterval, hvor forskellene i de største dækningsbidrag er små og ubetydelige for en praktisk situation. Og hvor skadetærsklerne indenfor intervallet ikke giver anledning til væsentlige økonomiske tab, når parameterne ændres til størrelser, hvor bekæmpelsesbe-

hovet er størst. Herved opnår man en større grad af generalitet i den vejledning til praksis, som arbejdet med modellen kan føre til.

I nedenstående konklusioner er det tilstræbt at angive skadetærskler og bekæmpelsesvejledninger, som også gælder, når parameterværdierne og startbetingelserne ændres i mindre omfang (ca. 20-30%).

Da resultaterne er skabt på grundlag af simulering, må konklusionerne naturligvis opfattes som tilnærmelser til virkeligheden - hvilket i øvrigt altid er tilfældet, når man arbejder med stokastiske modeller.

Sammendrag og konklusioner

Ved hjælp af en kombineret populationsdynamisk/økonomisk model, udviklet på Afdeling for Ukrudtsbekæmpelse, beregnes langsigtede skadetærskler for glyphosat-bekæmpelse af kvik i korn under forskellige bekæmpelsesstrategier i forskellige sædskifter.

Sædskifterne er overordnet to sædskiftetyper, i hvilke kvikkens konkurrencevilkår er noget forskellige: A. 100% med korn; B. 75% med korn og 25% med ærter. Beregningerne er foretaget med enten hvede, rug eller vårbyg som kornafgrøde og omfatter situationer med eller uden stubharvning. Foruden de økonomiske aspekter ved bekæmpelse efter skadetærskelprincippet behandles også de populationsdynamiske i artiklen.

På baggrund af arbejdet med modellen skal følgende konklusioner fremhæves vedrørende anvendelse af glyphosat (1.080 g/ha) som før-høst-sprøjtning i korn med forholdsvis lav udgangsbestand af kvik:

A. Ensidig korndyrkning.

1. I vårbyg eller hvede uden stubharvning bekæmpes kvikken mest økonomisk i skadetærskelintervallet 1-10 skud/m². Suppleres sprøjtningerne med stubharvning hvert efterår, stiger skadetærskelintervallet til 15-20 skud/m².
2. I rug er undladelse af sprøjtning mest økonomisk fordelagtigt. Ved undladelse af sprøjtning kan stubharvning hvert efterår være nødvendigt for at undgå opformering af kvikken.

B. Sædskifter med 75% korn og 25% med ærter. Sprøjtningerne udføres kun i kornafgrøden før ærterne.

3. Med hvede og/eller vårbyg som kornafgrøde er skadetærsklen 1 skud/m², og sprøjtningen skal følges op med stubharvning hvert efterår (eller alternativt ekstra sprøjtning efter skadetærsklen 1 skud/m² i én af de øvrige kornafgrøder efter ærterne).

4. Med rug som kornafgrøde men uden stubharvning er skadetærsklen 1 skud/m². Alternativt kan stubharvning hvert efterår alene være tilstrækkelig til at give en god og økonomisk bekæmpelse.

Det skal fremhæves, at konklusionerne er formuleret på baggrund af nogle fastlagte forudsætninger, som er indlagt i modellen. Større ændringer af f. eks. priser, udbytte-niveauer og udgangsbestanden kan ændre noget på konklusionerne.

Litteratur

1. *Anonym*. 1992. Landbrugets Rådgivningscenter, Driftsøkonomisk Information nr. 11.
2. *Cousens, R.* 1987. Theory and reality of weed control thresholds. *Plant Protection Quarterly* 2 (1), 13-20.
3. *Doyle, C.J., Cousens R. & Moss S.R.* 1986. A model of the economics of controlling *Alopecurus myosuroides* Huds. in winter wheat. *Crop Protection*, 5 (2), 143-150.
4. Håndbog for driftsplanlægning, 1992-93. Udgivet af Landbrugets Informationskontor.
5. *Jørgensen-W. Aa.* 1993. Statens Jordbrugsøkonomiske Institut. Personlig meddelse.
6. *Melander, B.* 1990a. Alm. kvik (*Elymus repens*) i ærter og hestebønner. NJF-seminar nr. 175. *Växtodling* 23, 111-120.
7. *Melander, B.* 1990b. Sammenhængen mellem kvikbestandens størrelse og udbyttet i korn, ærter og raps. 7. Danske Planteværnskonference 1990, Ukrudt, 157-170.
8. *Melander, B.* 1993a. Effects of *Elymus repens* (L.) Gould competition on yield of cereals, peas and oilseed rape. (Submitted).
9. *Melander, B.* 1993b. A model for prediction of economic and population dynamic consequences of controlling *Elymus repens* (L.) Gould in different crop rotations. (In preparation).
10. *Tvedegaard, K. L., Andreassen, C. & Streibig, C. J.* 1991. Forekomst af Alm. Kvik (*Elytrigia repens* (L.) Nevski) i roer, ærter og vårraps, 1990. 8. Danske Planteværnskonference 1991, Ukrudt, 93-104.

Føremkomst af ukrudt i sprøjtefri randzoner i Danmark *Occurrence of weeds in unsprayed field margins in Denmark*

Hanne Pontoppidan

Danmarks Miljøundersøgelser

Afdeling for Flora- og Faunaøkologi

Grenåvej 12, Kalø

8410 Rønde

Summary

A large-scale experiment with unsprayed field margins was set up in Denmark in 1987. Data presented here includes analysis of seedlings in 20 fields in the years 1989 to 1992.

Analysis of seedlings made before herbicide application showed that the relative difference between normally treated and unsprayed field margin plots was largest in the fourth experimental year, where 1.4 times as many plants was found in unsprayed than in normally treated plots. In the fifth experimental year the relative difference was reduced to 1.3.

The number of weed species was higher in unsprayed plots in the third, fourth, and fifth experimental year than in normally treated plots; although significance was only found in the fourth year.

*The species *Capsella bursa-pastoris*, *Viola spp.*, *Myosotis arvensis*, and *Stellaria media* were all more numerous in unsprayed field margin plots in the fifth experimental year; *Poaceae spp.* was more numerous in normally treated field margin plots.*

Indledning

Baggrunden for anlæggelse af sprøjtefri randzoner er ønsket om at forbedre levevilkårene for agerlandets vilde planter og dyr uden for store økonomiske omkostninger eller driftsmæssige gener. Den vilde flora og fauna er igennem de sidste årtier blevet stadig mere trængt. Bl.a. er antallet af agerlandets fugle, frekvensen af mange arter af ukrudt, insekter og sommerfugle faldet (f.eks. Andreasen, 1990; Anonym, 1992; Dover, 1987; Fogelfors, 1989). Det er både i danske og udenlandske undersøgelser fastslået, at sprøjtefri randzoner er i stand til at fremme disse grupper (f.eks. Dover, 1987; Hald *et al.*, 1988; Schumacher, 1984; Sotherton, 1987).

I Danmark blev forsøgsarbejdet med sprøjtefri randzoner startet i 1985 på godserne Gjorslev og Kalø (Hald *et al.*, 1988). En afprøvning på landsplan af dette forsøg blev igangsat i 1987 under titlen "Landsforsøg med sprøjtefri randzoner" og afsluttes med resultaterne fra 1992.

"Landsforsøg med sprøjtefri randzoner" er et samarbejdsprojekt mellem Landbrugets Rådgivningscenter og de lokale planteavlskonsulenter, der har forestået opgørelser af høstudbytte samt registrering af skadegørere; Århus Universitet, der har foretaget detaljerede undersøgelser af arthropodfaunaen; samt Danmarks Miljøundersøgelser, der har foretaget analyser af randzonernes og kantbiotopernes vegetation.

I nærværende fremstilling er formålet at beskrive sprøjtefri randzoners effekt på frøkrudt i årene 1989 - 1992. Både det samlede antal ukrudtsplanter, artsantallet og enkelte arter vil blive behandlet i forhold til det antal år randzonen har ligget usprøjet.

Materialer og metoder

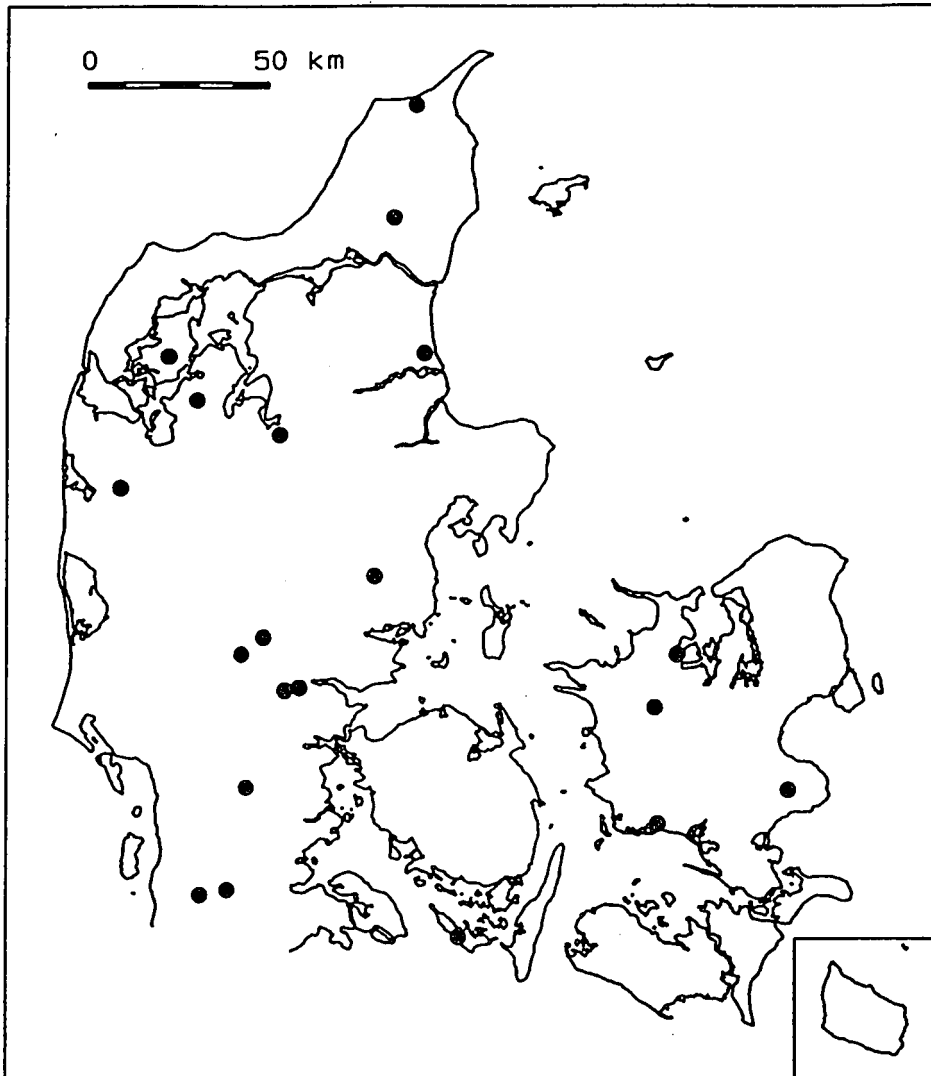
Lokaliteter og forsøgsdesign

Markerne var udvalgt ud fra ønsket om en repræsentation af alle landsdele og driftformer, og i dette præsenterede materiale indgår 20 marker (figur 1). På hver mark var der langs levende hegn, dige eller skovbryn anlagt tre eller fire blokke, hver bestående af en usprøjet parcel og en parcel behandlet som den omgivende mark (normal parcellen). Forsøgene startede i henholdsvis 1987, 1988 og 1989 på de forskellige marker. De usprøjtede parceller forblev usprøjtede fra forsøgenes start til og med 1992. Hver parcel var 6 m bred og ca. 20 m lang incl. overgangszone. Valg af sædskifte og pesticider m.m. blev foretaget af den enkelte landmand.

Vegetationsanalyser

Analyser af markernes kimplanteukrudt blev foretaget i afgrøderne korn, ærter og vårraps i årene 1989-92. Tidspunktet for analyserne var umiddelbart før eventuel herbicidbehandling, i vårsæd typisk i midten af maj, i vintersæd i efteråret eller starten af april, hvor også ærter blev undersøgt. I hver parcel blev samtlige planter optalt og bestemt i ti cirkler à 0.1 m². De ti cirkler var placeret 3, 4 og 3 i afstandene henholdsvis 1.5, 3 og 4.5 m fra kantbiotopen. Arter, der i et eller flere stadier er vanskelige at adskille, blev kun bestemt til slægt eventuelt familie og vil blive benævnt med samleart. Alle fundne arter på nær den/de i vækstsæsonen udsåede afgrøde/afgrøder blev henregnet til ukrudt. Nomenklaturen følger Hansen (1991).

I behandling af data er forsøgsår dvs. det antal år forsøget har ligget på den pågældende mark brugt som opdelingskriterie. Da forsøgene er påbegyndt i forskellige kalenderår på de forskellige marker, vil der i et forsøgsår således indgå flere kalenderår. Hvor data er logaritmetransformerede er det tilbagetransformerede gennemsnit, også kaldet det geometriske gennemsnit, anvendt.



Figur 1. Placeringen af de 20 marker i Danmark.
 Position of the 20 fields in Denmark.

Resultater og diskussion

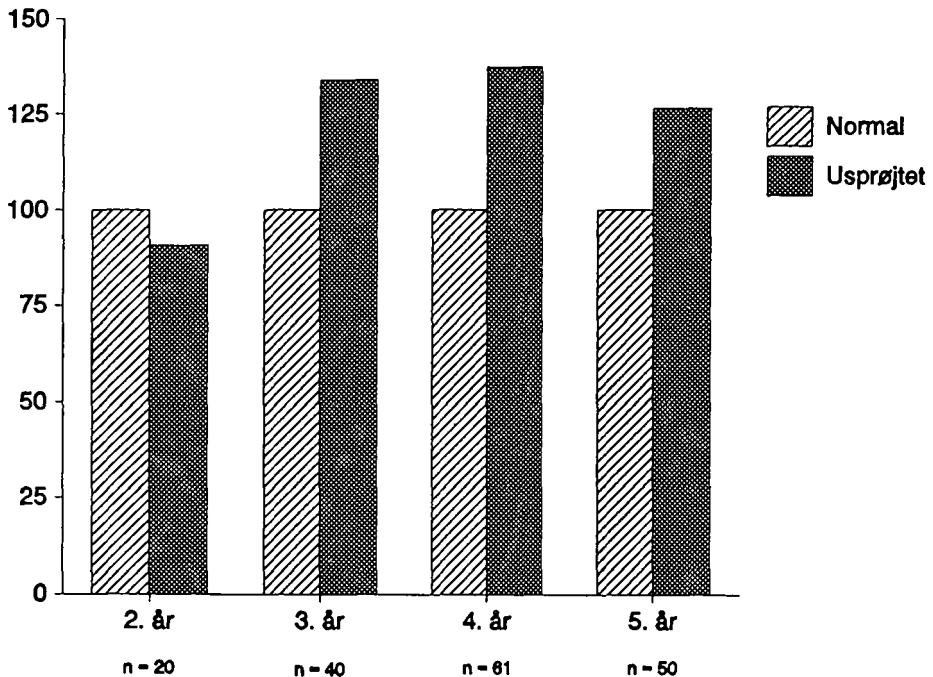
Antallet af planter

Tidligere undersøgelser på to lokaliteter i Danmark har vist, at antallet af ukrudtsplanter efter tre år med sprøjtefri randzoner var henholdsvis 1.9 og 1.3 gange antallet i en normalbehandlet randzone før herbicidsprøjtning (Hald *et al.*, 1988). Det har været den almindelige forventning, at denne opformering ville fortsætte ved fortsat udelukkelse af herbicider. "Landsforsøg med sprøjtefri randzoner" har imidlertid vist, at den største relative forskel på de geometriske gennemsnit, ca. 1.4 gange flere planter i de usprøjtede parceller end i normal

parceller indtrådte i fjerde forsøgsår. I femte forsøgsår faldt forskellen (figur 2). Denne faldende tendens fortsatte i sjette år (data ikke vist). En forklaring på forskellen mellem disse resultater, og resultater der viser et stadig stigende niveau af ukrudt ved udeladelse af herbicider (f.eks. Jensen, 1991) kunne være, at der i de sprøjtefri randzoner heller ikke blev anvendt insekticider og fungicider. Insekter og svampe har således haft mulighed for at opformeres og dermed været i stand til at regulere ukrudtspopulationen. Yderligere må en dæmpning i ukrudtets opformeringsrate forventes som følge af indbyrdes konkurrence ved stigende tætheder af ukrudtet.

En analyse af de logaritmetransformerede data viser, at forskellen på de usprøjtede parceller og normal parcellerne i fjerde og femte forsøgsår var signifikant ($p < 0.01$), men forskellen var ikke signifikant i tredje forsøgsår. Gennemsnittene er vist i tabel 1. I tredje, fjerde og femte forsøgsår blev der i ca. 30% af parcellerne fundet flest ukrudtsplanter pr. m^2 i de normalt behandlede parceller. Sprøjtefri randzoner behøver således ikke at føre til opformering af ukrudtsfloraen.

relativ forskel



Figur 2. Det relative antal ukrudtsplanter pr. m^2 beregnet ud fra de geometriske gennemsnit i normal og usprøjtede parceller i andet til femte forsøgsår. n angiver antallet af parceller inkluderet.

Relative number of weed plants per m^2 calculated from the geometric mean in normal and unsprayed plots in second to fifth experimental year. n indicates the number of plots included.

Tabel 1. Geometrisk gennemsnit af antal ukrudtsplanter pr. m² i normale og usprøjtede parceller i andet til femte forsøgsår. n angiver antal parceller inkluderet.
Geometric mean of number of weed plants per m² in normal and unsprayed plots in second to fifth experimental year. n indicates number of plots included.

| | Forsøgsår | | | |
|--|--------------------------|----------|----------|----------|
| | <i>Experimental year</i> | | | |
| | 2. | 3. | 4. | 5. |
| | (n = 20) | (n = 40) | (n = 61) | (n = 50) |
| Normal parceller <i>Normal plots</i> | 511.2 | 365.4 | 264.4 | 550.8 |
| Usprøjtede parceller <i>Unsprayed plots</i> | 464.0 | 488.4 | 362.8 | 710.6 |

Antallet af arter

I alt blev 113 arter registreret fra 1989-1992 og det gennemsnitlige antal arter fundet i normal og usprøjtede parceller varierede mellem henholdsvis 14.4 - 18.2 og 16.0 - 19.4 (tabel 2). Gennemsnittene dækker over, at der i vårsæd i gennemsnit blev fundet 3-5 arter mere end i vintersæd, men tendensen gennem årene var den samme i begge afgrødetyper. Kun i fjerde forsøgsår var antallet af arter signifikant forskellige ($p < 0.001$). I tredje og femte forsøgsår var der også en tydelig, om end ikke signifikant forskel ($p < 0.10$).

Forskellene fra lokalitet til lokalitet var meget store. I femte forsøgsår var der på lokaliteten med den største artsrigdom ca. 6 gange så mange arter pr. parcel som på den artsfattigste henholdsvis 31 og 5. Begge parceller var normaltbehandlede vinterhvedeparceller i 1992.

Antallet af arter i tabel 2 kan ikke sammenlignes over årene, da forskellige lokaliteter og afgrøder indgår i materialet. Hvis antallet af arter skal stige som følge af sprøjtefrie forhold, forudsættes det, at der er kilder f.eks. jordens frøbank eller nærtliggende biotoper, hvorfra arterne kan komme. Antallet af arter kan også stige, hvis sprøjtefrie forhold medfører en stigende tæthed af arter, der før forekom i så ringe antal, at de med den anvendte metodik ikke kunne registreres.

Tabel 2. Gennemsnitligt antal ukrudtsarter pr. parcel i normale og usprøjtede parceller i andet til femte forsøgsår, og t-test resultater af parvis sammenligning mellem normal og usprøjtede parceller. n angiver antal parceller inkluderet.
Mean number of species per plot in normal and unsprayed plots in second to fifth experimental year, and t-test results of normal and unsprayed plots as matched pairs. n indicates number of plots included.

| | Forsøgsår | | | |
|--|-------------------|----------------|----------------|----------------|
| | Experimental year | | | |
| | 2. (n = 20) | 3. (n = 40) | 4. (n = 61) | 5. (n = 50) |
| Normal parceller <i>Normal plots</i> | 17.1 | 15.7 | 14.4 | 18.2 |
| Usprøjtede parceller <i>Unsprayed plots</i> | 16.4 | 16.6 | 16.0 | 19.4 |
| T-test <i>T-test</i> | p<0.30 | p<0.10 | p<0.001 | p<0.10 |

De mest almindelige arter

Af de ti hyppigst forekommende ukrudtsarter eller samlearter i de respektive forsøgsår gik følgende otte igen i alle fire forsøgsår: græs spp. (*Poaceae spp.*), hyrdetaske (*Capsella bursa-pastoris*), stedmoder (*Viola spp.*), mark-forglemmigej (*Myosotis arvensis*), ærenpris spp. (*Veronica spp.*), alm. fuglegræs (*Stellaria media*), hvidmelet gåsefod (*Chenopodium album*), og tvetand spp. (*Lamium spp.*).

I andet forsøgsår forekom både græs spp. og hyrdetaske i signifikant ($p < 0.05$) større antal i normal end i usprøjtet randzone (tabel 3). I femte forsøgsår forekom græs spp. ligeledes i signifikant ($p < 0.01$) større antal i normal parcellerne, mens hyrdetaske forekom i signifikant ($p < 0.01$) større mængde i usprøjtede parceller (tabel 4). Stedmoder spp., mark-forglemmigej og alm. fuglegræs forekom alle i signifikant større antal i usprøjtet randzone i femte forsøgsår. Hvidmelet gåsefod og tvetand spp. viste ikke signifikante forskelle, men forekom begge i størst antal i usprøjtet randzone i femte forsøgsår. Det bør bemærkes, at der i andet og femte forsøgsår indgår et forskelligt antal lokaliteter, og årene kan derfor ikke sammenlignes indbyrdes.

Tabel 3. Gennemsnitligt antal ukrudtsplanter pr. m² (standard error) i andet forsøgsår for de i alle år otte mest almindelig forekommende ukrudtsarter, samt resultaterne fra permutationstesten (Siegel & Castellan, 1988), der er udført på 20 par af parceller. NS angiver ikke signifikante forskelle ($p > 0.05$).

Mean number of weed plants per m² (standard error) in the second experimental year of the in all years eight most common weed species, and the results of the permutations test (Siegel & Castellan, 1988), which includes 20 pairs of plots. NS indicates non-significant differences ($p > 0.05$).

| | Behandling | | Permutationstest |
|--------------------------------|---------------|------------------|--------------------------|
| | Normal | Usprøjtet | |
| | <i>Normal</i> | <i>Unsprayed</i> | <i>Permutations test</i> |
| Græs spp. | 89.5 | 63.2 | p < 0.05 |
| <i>Poaceae spp.</i> | (18.4) | (12.6) | |
| Hyrdetaske | 87.3 | 61.5 | p < 0.05 |
| <i>Capsella bursa-pastoris</i> | (30.2) | (16.7) | |
| Stedmoder spp. | 81.5 | 93.3 | NS |
| <i>Viola spp.</i> | (17.4) | (22.9) | |
| Ærenpris spp. | 40.3 | 33.3 | NS |
| <i>Veronica spp.</i> | (9.7) | (7.0) | |
| Mark-Forglemmigej | 40.0 | 32.4 | NS |
| <i>Myosotis arvensis</i> | (12.2) | (6.7) | |
| Alm. Fuglegræs | 29.1 | 32.0 | NS |
| <i>Stellaria media</i> | (5.2) | (5.1) | |
| Hv. Gåsefod | 16.7 | 19.9 | NS |
| <i>Chenopodium album</i> | (6.3) | (6.7) | |
| Tvetand spp. | 12.9 | 15.4 | NS |
| <i>Lamium spp.</i> | (6.5) | (6.5) | |

Tabel 4. Gennemsnitligt antal ukrudtsplanter pr. m² (standard error) i femte forsøgsår for de i alle år otte mest almindelig forekommende ukrudtsarter, samt resultaterne fra permutationstesten (Siegel & Castellán, 1988), der er udført på 50 par af parceller. NS angiver ikke signifikante forskelle ($p > 0.05$).

Mean number of weed plants per m² (standard error) in the fifth experimental year of the in all years eight most common weed species, and the results of the permutations test (Siegel & Castellán, 1988), which includes 50 pairs of plots. NS indicates non-significant differences ($p > 0.05$).

| | Behandling | | Permutationstest |
|--------------------------------|------------|-----------|-------------------|
| | Normal | Usprøjtet | |
| | Normal | Unsprayed | Permutations test |
| Græs spp. | 206.8 | 150.2 | p < 0.01 |
| <i>Poaceae</i> spp. | (34.6) | (26.6) | |
| Hyrdetaske | 32.1 | 53.7 | p < 0.01 |
| <i>Capsella bursa-pastoris</i> | (11.2) | (15.7) | |
| Stedmoder spp. | 142.6 | 178.8 | p < 0.05 |
| <i>Viola</i> spp. | (28.5) | (39.2) | |
| Ærenpris spp. | 30.4 | 36.1 | NS |
| <i>Veronica</i> spp. | (7.0) | (6.1) | |
| Mark-Forglemmigej | 43.9 | 89.2 | p < 0.01 |
| <i>Myosotis arvensis</i> | (9.0) | (25.4) | |
| Alm. Fuglegræs | 42.0 | 100.3 | p < 0.001 |
| <i>Stellaria media</i> | (5.1) | (14.5) | |
| Hv. Gåsefod | 25.2 | 31.6 | NS |
| <i>Chenopodium album</i> | (7.9) | (7.5) | |
| Tvetand spp. | 10.3 | 14.8 | NS |
| <i>Lamium</i> spp. | (2.5) | (3.9) | |

Tilsvarende resultater er tidligere fundet på Gjorslev og Kalø, hvor arterne hyrdetaske, alm. fuglegræs og ærenpris spp. forekom talrigest i de usprøjtede randzoner, mens græs spp. blev fundet i størst antal i den normaltbehandlede randzone (Hald *et al.*, 1988).

Det viser, at sprøjtefri randzoner kan have betydning ikke blot for truede og sårbare arter, som tyske og engelske undersøgelser har vist (Schumacher, 1984; Sotherton *et al.*, 1989), men også ved at være levested for arter, der ikke er direkte udryddelsestruede. Denne viden kan vise sig vigtig, da Andreasen (1990) har fundet, at forekomsten målt ved frekvenser af de forskellige ukrudsarter generelt er faldet fra 60'erne til i dag.

Gevinst og tab

Undersøgelserne har vist, at sprøjtefri forhold i randzonen har fremmet ukrudsfloraen. Antallet af planter er øget, og antallet af arter har vist en stigende tendens. Det gennemsnitlige udbyttetab i kornafgrøder har været på 7 - 24% før omkostningerne til pesticidbehandlingerne er fratrukket (Pedersen, 1993). Fratrækkes de gennemsnitlige udgifter fås for vinterhvede, der var den kornart, der gav det største udbyttetab, en reduktion på 14% . Vinterrug derimod gav et merudbytte på 7% i forhold til normaltbehandlede parceller, når omkostningerne blev trukket fra. Priserne for de anvendte pesticider er beregnet ud fra de i "Landsforsøgene 1988 - 1990" opgivne "landmandspriser", og udbringningsprisen er sat til 60 kr/ha.

Det har i nærværende undersøgelse ikke været muligt at opgøre, hvor stort et udbyttetab udeladelsen af de forskellige grupper af pesticider (herbicer, insekticider og fungicider) har udgjort.

Yderligere undersøgelser af floraen i "Landsforsøg med sprøjtefri randzoner"

Udover de her refererede undersøgelser er også det flerårige ukrudt (alm. kvik, grå bynke og ager-tidsel), jordens frøpulje og ukrudtets biomasse i 1992, samt vegetationen i kantbiotoperne undersøgt. Resultaterne bl.a. fra disse undersøgelser vil blive afrapporteret i slutningen af 1993 i Miljøstyrelsens publikationsserie: Bekæmpelsesmiddelprojekter.

Sammendrag

I 1987 blev en afprøvning af sprøjtefri randzoner i Danmark påbegyndt. De her præsenterede data omfatter kimplanteanalyserne fra 1989 til 1992 for 20 marker.

Kimplanteanalyserne, der blev foretaget før eventuel herbicidbehandling, viste den største relative forskel i antal ukrudsplanter mellem normalt behandlede og usprøjtede parceller i fjerde forsøgsår, hvor der blev fundet 1.4 gange så mange planter i usprøjtet som i normalt behandlet randzone. Den relative forskel faldt til 1.3 i femte forsøgsår.

Antallet af ukrudsarter var størst i tredje, fjerde og femte forsøgsår i usprøjtet randzone, men kun i fjerde forsøgsår var forskellen signifikant forskellig fra antallet i normaltbehandlede parceller.

Arterne hyrdetaske, stedmoder spp., mark-forglemmigej og alm. fuglegræs var hyppigst i de usprøjtede randzoner i femte forsøgsår, mens græs spp. forekom i størst mængde i de

normalt behandlede randzoner.

Erkendtlighed

Miljøstyrelsen takkes for finansiering af projektet, og landmænd, konsulenter og Landbrugets Rådgivningscenter for et godt samarbejde gennem årene.

Litteratur

1. *Andreasen C.* 1990. Ukrudtsarternes forekomst på danske sædskiftemarket. Licentiat-afhandling, Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, København.
2. *Anonym.* 1992. Miljøindikatorer 1992, Miljøministeriet.
3. *Dover J.* 1987. Butterflies and game cover. The Game Conservancy Annual Review 1987. pp. 84-87.
4. *Fogelfors H.* 1989. Bekämpningsmedlen och den vilda floraen. 30:e Svenska Växtskyddskonferens, vol. 4:1-9.
5. *Hald A.B., Overgaard Nielsen B., Samsøe-Petersen L., Hansen K., Elmegaard N. & J. Kjølholt.* 1988. Sprøjtefri randzoner i kornmarker. Miljøprojekt nr. 103, Miljøstyrelsen.
6. *Hansen K. (Ed.)* 1991. Dansk Feltflora. 5. oplag, Gyldendal, København.
7. *Jensen P.K.* 1991. Behov og økonomi ved ukrudtsbekæmpelse i landbrugsafgrøder. Bilag til "Møder om planteværn 1991 - landbrugsafgrøder". Planteværnsafdelingen, Skejby.
8. *Pedersen C.Å. (Ed.)* 1993. Oversigt over Landsforsøgene 1992. Landsudvalget for planteavl, Skejby.
9. *Schumacher W.* 1984. Gefährdete Ackerwildkräuter können auf ungespritzten Feldrändern erhalten werden. Mitteilungen der LÖLF, 1: 14-20.
10. *Siegel S. & Castellan N.J.Jr.* 1988. Nonparametric statistics for the behavioral science. McGraw-Hill Book Company.
11. *Sotherton N.W.* 1987. Farming and Wildlife. Naturopa, 55E:20-21.
12. *Sotherton N., Boatman N.D. & P.A. Chiverton.* 1989. The selective use of pesticides on cereal crop margins for game and wildlife: The British experience. 30th Swedish Crop Protection Conference, 4: 18-29.

Afgrødetolerance og ukrudtseffekt i relation til dysetyper i markærter *Crop tolerance and weed control in combining peas in relation to nozzle types*

Peter Kryger Jensen
Planteværnscentret
Afdeling for Ukrudtsbekæmpelse
Flakkebjerg
4200 Slagelse

Erik Kirknel
Planteværnscentret
Afdeling for Pesticidanalyser og Økotoksikologi
Flakkebjerg
4200 Slagelse

Summary

Weed control and crop tolerance in combining peas, with three Hardi flat fan nozzles, were investigated. These were Hardi 4110-14, Hardi 4110-20, and Hardi 4110-30, delivering 150, 275, and 500 l/ha respectively at 2.5 bar and a driving speed of 6.6 km/h. After treatment on the cotyledon stage with the tank mix Stomp SC + Basagran M75 (pendimethalin + bentazone/MCPA), no difference in effect against Sinapis alba L. or Brassica napus L. was found between nozzle types. A similar result was found after treatment at the 2-4 leaf stage on Sinapis. Against Brassica at the 2-4 leaf stage, an increased effect was found with the 4110-20 nozzle compared to the 4110-30 nozzle, and use of the 4110-14 nozzle increased the effect further compared to the two other nozzles. Deposition on peas was increased with the 4110-14 nozzle compared to the 4110-20 nozzle, which again increased the deposition compared to the 4110-30 nozzle. Tolerance experiments, with Stomp SC + Basagran M75 (pendimethalin + bentazone/MCPA) and Bladex 500 SC + Basagran MCPA (cyanazine + bentazone/MCPA), in two doses and on peas at different growth stages, did not reveal significant yield differences between nozzle types. In one experiment, however, a tendency towards decreasing yield with decreasing nozzle size/volume rate was found after treatment at the late growth stage and with double the recommended dose. Growth stage at application had a major effect on crop yield and exerted a greater influence than nozzle types.

Indledning

Ved ukrudtsbekæmpelse i ærter med bladmidler, som er aggressive over for ærterne, anbefales der en sprøjeteknik, der fordeler sprøjtevæsken med en stor dråbestørrelse, ved anvendelse af eks. Hardi 4110-20 eller Hardi 4110-24 fladsprededyser og væskemængder på

200-300 l/ha. Denne anbefaling er baseret på resultater, der viser, at selektiviteten af bladherbicider i ærteafgrøden er baseret på forskelle i retention af herbicid på afgrøde og ukrudt (Brunskill, 1956; Bengtsson, 1961). Store dråber, med en høj overfladespænding, bliver ikke afsat på ærteplantens voksede bladbelægning i samme udstrækning som på en række ukrudtsarter, der kun har et lille eller intet vokslag (Bengtsson, 1961).

En række ukrudtsarter er dog i besiddelse af en voksbelægning på løvbladene, der mindsker afsætningen af sprøjtevæske, i lige så stor udstrækning, som det er tilfældet på ærteafgrøden. Arter som spildraps, gul okseøje og hvidmelet gåsefod har løvblade med overfladestrukturer, hvor afsætningen af sprøjtevæske påvirkes af den valgte sprøjteteknik på samme måde som ærteafgrøden. Ved bekæmpelse af sådanne ukrudtsarter kan der derfor ikke opnås selektivitetsfordele ved hjælp af sprøjteteknik, idet den reducerede afsætning ved anvendelse af skånsom sprøjteteknik må kompenseres med en højere dosering for at opnå samme ukrudtseffekt som ved anvendelse af en sprøjteteknik, der giver en god dækning af de svært befugtede ukrudtsplanter.

Anbefalingen om anvendelse af en skånsom sprøjteteknik ved ukrudtsbekæmpelse med bladmidler i ærter var kombineret med en anbefaling om sprøjtning, når afgrøden var 5-8 cm høj. Nyere undersøgelser har dokumenteret, at der kan opnås en betydeligt skånsommere behandling ved at udføre ukrudtsbekæmpelsen på et tidligere udviklingsstadium (Morrice & Scragg, 1987; Jensen, 1993). Ligeledes er der opnået en forbedret ukrudtseffekt og en forbedret afgrødetolerance ved at udføre ukrudtsbekæmpelsen som en splitbehandling (Jensen, 1992). Der er derfor behov for at genoverveje vejledningen om anvendelse af sprøjteteknik ved ukrudtsbekæmpelse i ærter med bladmidler under hensyntagen til de ændrede behandlingstidspunkter og udbragte doseringer pr. gang, som splitbehandlingsstrategien medfører.

De undersøgelser, der omtales i det følgende, er udført med henblik på at belyse sprøjteknikkens betydning for afgrødetolerance og ukrudtseffekt, herunder sprøjteknikkens betydning for afgrødetolerance i forhold til udviklingsstadiets betydning. Ligeledes diskuteres sprøjteteknikken i relation til den anvendte bekæmpelsesstrategi med hensyn til enkeltbehandling kontra splitbehandling.

Materialer og metoder

Der er udført ialt 4 toleranceforsøg i markærter i perioden 1990-1992, hvoraf de 2 er udført i Flakkebjerg i 1990 henholdsvis 1992, mens de 2 øvrige forsøg er udført på Rønhave Forsøgsstation i 1991 og 1992. Jordtypen er en lejrjord på begge lokaliteter. Forsøgene i Flakkebjerg blev udført som fuldstændigt randomiserede blokforsøg, mens forsøgene på Rønhave var udlagt i et split-split-plot design. Begge forsøgssteder blev der anvendt 4 gentagelser pr. forsøgsled og en bruttoparcel på 25 m². Forsøgene er anlagt i Bodil eller Solara markært. Dyrkningen, hvad angår såtid, plantebeskyttelse, gødskning m.m., er udført efter god landbrugsmæssig praksis. Ved modenhed er forsøgene høstet med selvkørende forsøgsmejetærsker, udbytte og tørstofprocent er bestemt, og udbytterne er korrigeret til et

vandindhold på 14%.

Ved Rønhave blev afgrødeskade bedømt visuelt på en skala fra 0-10 (0=ingen afgrødeskade, 10=total afgrødeskade). I Flakkebjerg blev afgrødeskade registreret ved reflektansmålinger (Jensen & Christensen, 1993). I toleranceforsøgene, hvor biomassen alene udgøres af afgrøden, giver disse registreringer et direkte udtryk for biomasse og dermed afgrødeskade. Behandlingerne kan dog ikke sammenlignes til ubehandlet, hvor ukrudtet kan udgøre en vis andel af den totale biomasse. Målingerne, præsenteret som et vegetationsindeks (RVI), varierer fra ca. 1,3 på bar jord, og vokser lineært med biomasse indenfor måleområdet i de forsøg, hvor metoden er anvendt i denne artikel.

I toleranceforsøgene blev følgende tankblandinger anvendt:

Bladex 500 SC (cyanazin 500 g/l) + Basagran MCPA (bentazon 250 g/l + MCPA 125 g/l) (normaldosering = 1 l/ha + 2 l/ha) og

Stomp SC (pendimethalin 400 g/l) + Basagran M75 (bentazon 250 g/l + MCPA 75 g/l) (normaldosering = 1,5 l/ha + 1 l/ha).

I toleranceforsøget i 1992 i Flakkebjerg blev der målt afsætning på afgrøden. Sprøjtbevæskens i den ene dosering blev tilsat Na-fluorescein, 25 g/ha, og der blev afklippet 10 planter pr. parcel, når sprøjtbevæskens var tørret ind. Planteprovenerne blev ekstraheret med en opløsning af 5 g NaOH pr. 25 l vand tilsat 0,01% Lissapol, og mængden af Na-fluorescein blev bestemt fluorometrisk. Der blev målt tørvægt af planteprovenerne, og resultaterne er vist som afsætning pr. g tørvægt.

Der er udført 2 effektforsøg i perioden 1991-1992. Disse forsøg er udført på testplanter af gul sennep (*Sinapis alba L.*) og raps (*Brassica napus L.*) udsået i renbestand. Forsøgene er udført som randomiserede blokforsøg med 4 gentagelser pr. forsøgsled, og en parcelstørrelse på 7,5 m² brutto. Forsøgene er opgjort ved reflektansmålinger ca. 3 uger efter sidste behandling. Der er sprøjtet med Stomp SC + Basagran M75 (n = 2 l/ha + 1 l/ha) i 4 doseringer, fra 1n og ned til 1/8n.

Hvor det var muligt, er disse resultater analyseret ved hjælp af 'parallel line assay' teknikken (Streibig, 1984). Forud for denne analyse blev der foretaget en test for at undersøge, om doseringskurverne for de forskellige sprøjteteknikker kunne antages at være parallelle. Hvor denne teknik ikke kunne anvendes, er resultaterne analyseret ved hjælp af variansanalyse. I forsøgene er der anvendt følgende 3 sprøjteteknikker med anvendelse af fladsprededyser:

Hardi 4110-14, 150 l/ha, middeldråbestørrelse, MVD = 270 µm

Hardi 4110-20, 275 l/ha, middeldråbestørrelse, MVD = 350 µm

Hardi 4110-30, 500 l/ha, middeldråbestørrelse, MVD = 420 µm

alle ved 2,5 bar og en kørehastighed på 6,6 km/t.

Resultater og diskussion

Afgrødeskade

I de 2 toleranceforsøg, der blev udført på Rønhave, blev der ikke registreret afgrødeskader ved bedømmelsen ca. 1 juni (data ikke vist). I Flakkebjerg forsøgene blev der registreret afgrødeskade ved reflektansmålinger (tabel 1). Der er registreret sikre forskelle i afgrødeskade mellem doseringer ved de fleste kombinationer af dyser og behandlingstidspunkter ved den første registrering, hvorimod der ikke er fundet forskelle i afgrødeskade mellem dysetyperne. Ved den sene registrering er der kun fundet mindre forskelle i afgrødeskade, men i det ene forsøg er der registreret en signifikant større afgrødeskade af 4110-14 dysen i forhold til 4110-20 dysen. Dette udslag er fundet ved kombinationen sen sprøjtning og dobbelt normaldosering. Som hovedeffekt af behandlingstidspunkt er der i begge forsøg fundet en sikkert hårdere virkning efter sprøjtning på det sene udviklingsstadium.

Tabel 1. Biomasseindeks (RVI) af ærter efter sprøjtning med Bladex + Basagran MCPA (1990) eller Stomp SC + Basagran M75 (1992).

Index for biomass (RVI) after treatment with Bladex + Basagran MCPA (1990) or Stomp SC + Basagran M75 (1992).

1990

| Dysetype og behandlingstid | | <u>RVI (22/5)</u> | | <u>RVI (30/6)</u> | |
|------------------------------------|--------|-------------------|-----------|-------------------|-----------|
| | | dose | | dose | |
| <u>Nozzle type and treat. time</u> | | <u>1n</u> | <u>2n</u> | <u>1n</u> | <u>2n</u> |
| Hardi 4110-14 | 1-2 cm | 2,9 | 2,4 | 8,3 | 8,1 |
| Hardi 4110-14 | 5-8 cm | 3,0 | 2,3 | 8,5 | 7,9 |
| Hardi 4110-20 | 1-2 cm | 2,8 | 2,5 | 8,4 | 8,2 |
| Hardi 4110-20 | 5-8 cm | 3,0 | 2,5 | 8,3 | 8,4 |
| LSD ₉₅ | | NS | NS | NS | 0,4 |

1992

| Dysetype og behandlingstid | | <u>RVI (3/6)</u> | | <u>RVI (30/6)</u> | |
|------------------------------------|--------|------------------|-----------|-------------------|-----------|
| | | dose | | dose | |
| <u>Nozzle type and treat. time</u> | | <u>1n</u> | <u>2n</u> | <u>1n</u> | <u>2n</u> |
| Hardi 4110-14 | 1-2 cm | 3,2 | 2,4 | 2,5 | 2,6 |
| Hardi 4110-14 | 5-8 cm | 3,2 | 2,6 | 2,7 | 2,4 |
| Hardi 4110-20 | 1-2 cm | 3,0 | 2,6 | 2,6 | 2,4 |
| Hardi 4110-20 | 5-8 cm | 3,2 | 2,7 | 2,4 | 2,4 |
| Hardi 4110-30 | 1-2 cm | 3,3 | 2,7 | 2,7 | 2,5 |
| Hardi 4110-30 | 5-8 cm | 3,2 | 2,6 | 2,4 | 2,3 |
| LSD ₉₅ | | NS | NS | NS | NS |

Udbytte

Resultaterne af udbyttmålingerne i de 4 forsøg er vist i tabel 2. I 1990 forsøget i Flakkebjerg var 4110-30 dysen ikke medtaget, og i 1992 forsøget samme sted var udbyttniveauet lavt. Selvom udslagene varierer i størrelse mellem de 4 forsøg, viser den statistiske behandling et meget ensartet billede. Der er ikke fundet nogen sikre forskelle i udbytte som følge af den anvendte sprøjteteknik, hverken mellem enkeltbehandlingerne, eller som hovedvirkning i nogen af forsøgene. Der er dog en lille tendens til faldende udbytte med aftagende dysestørrelse i 1991 forsøget fra Rønhave. Dette ses dog kun ved dobbelt normaldosering og sent sprøjtetidspunkt.

Tabel 2. Udbytte af ærter efter sprøjtning med Bladex + Basagran MCPA (Flakkebjerg 1990) eller Stomp SC + Basagran M75 (øvrige forsøg).
Yield of peas sprayed with Bladex + Basagran MCPA (Flakkebjerg 1990) or Stomp SC + Basagran M75 (other exp.)

| Dysetype og behandlingstid <i>Nozzle type and treat. time</i> | Flakkebjerg | | | |
|--|-------------|------------|------------|------------|
| | 1990 | | 1992 | |
| | dose 1n | dose 2n | dose 1n | dose 2n |
| Hardi 4110-14 1-2 cm | 50,3 | 49,7 | 15,8 | 14,5 |
| Hardi 4110-14 5-8 cm | 50,7 | 48,8 | 16,9 | 13,7 |
| Hardi 4110-20 1-2 cm | 54,0 | 51,0 | 14,1 | 18,3 |
| Hardi 4110-20 5-8 cm | 52,7 | 48,5 | 11,9 | 13,6 |
| Hardi 4110-30 1-2 cm | | | 18,7 | 16,4 |
| Hardi 4110-30 5-8 cm | | | 16,8 | 11,7 |
| LSD ₉₅ | NS | NS | NS | NS |

| Dysetype og behandlingstid <i>Nozzle type and treat. time</i> | Rønhave | | | |
|--|------------|------------|------------|------------|
| | 1991 | | 1992 | |
| | dose 1n | dose 2n | dose 1n | dose 2n |
| Hardi 4110-14 1-2 cm | 37,2 | 39,3 | 56,3 | 54,9 |
| Hardi 4110-14 5-8 cm | 31,8 | 27,8 | 53,9 | 53,2 |
| Hardi 4110-20 1-2 cm | 40,1 | 38,7 | 56,2 | 57,5 |
| Hardi 4110-20 5-8 cm | 34,5 | 30,8 | 54,7 | 53,0 |
| Hardi 4110-30 1-2 cm | 38,3 | 40,4 | 57,3 | 57,3 |
| Hardi 4110-30 5-8 cm | 33,7 | 31,0 | 53,9 | 52,5 |
| LSD ₉₅ | 4,5 | 4,5 | NS | NS |

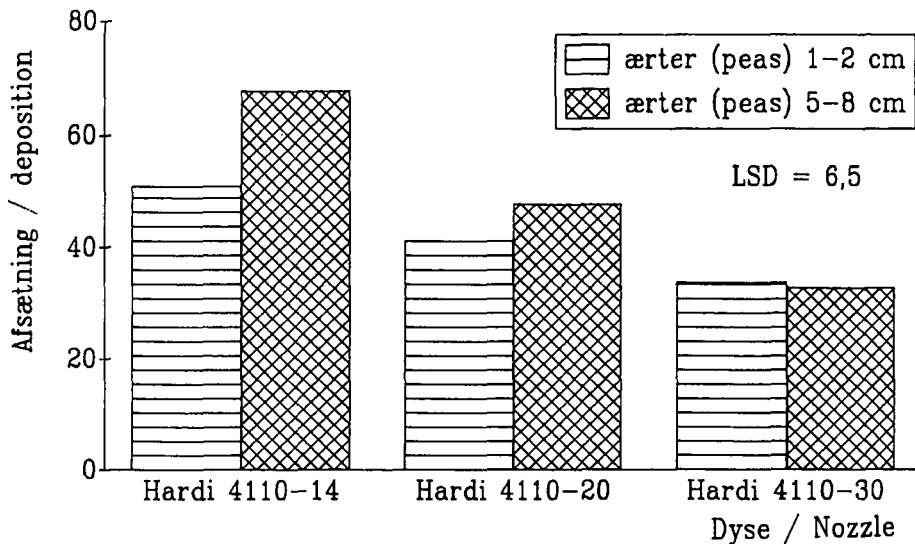
Behandlingstidspunktet har givet større udslag i udbytterne, og i alle tilfælde er der fundet lavest udbytte ved den sene behandling. I det ene Rønhave forsøg er der for alle dyse- og doseringskombinationer fundet sikre udbyttforskelle mellem de 2 behandlingstidspunkter. Desuden er der som hovedvirkning i 3 af de 4 forsøg, og med en kraftig tendens i det 4.

forsøg, fundet signifikant lavere udbytte efter den sene behandling. Dette er i overensstemmelse med tidligere forsøg (Jensen, 1993), der viste, at der generelt blev fundet en stigende negativ udbyttepåvirkning, jo senere i ærternes vækstforløb sprøjtningen blev udført. Der er således fundet en markant større indflydelse af behandlingstidspunkt/udviklingsstadium end af den prøvede sprøjteteknik, på trods af at der kun var 4-5 dage mellem de 2 behandlingstidspunkter i 2 af forsøgene.

Der er ligeledes tidligere fundet sikre toleranceforskelle, registreret som udbytte, afhængig af om der blev anvendt enkelt- eller splitbehandling (Jensen, 1992). Det må derfor konkluderes, at den anvendte sprøjteteknik, indenfor det her prøvede, har mindre betydning for afgrødens tolerance end behandlingstidspunkt og behandlingsform (enkelt kontra split).

Afsætning

I 1992 forsøget blev der målt afsætning af sprøjtevæske på afgrøden (figur 1). Indenfor behandlingstidspunkter er der en sikkert stigende afsætning med faldende dyse-/dråbestørrelse, og mest markant på det sene behandlingstidspunkt, hvor der er en faktor 2 til forskel mellem 4110-14 dysen og 4110-30 dysen. Da afsætningen er registreret som afsat mængde sporstof pr. g afgrøde, skal man være varsom med konklusioner om behandlingstidspunktet. På tidlige udviklingsstadier er ærtebladene nærmest vertikalt stillet. Med stigende alder ændres bladstillingen mod det horisontale, og med stigende bladalder ændres og skades bladoverfladen. Både ændringen i bladets stilling (Davies et al., 1967; de Ruiter & Uffing, 1988) og bladalder (Anderson et al., 1987) er faktorer, der øger afsætningen af sprøjtevæske. Trods forbeholdet falder resultatet omkring behandlingstidspunkt i figur 1 derfor godt i tråd med disse resultater, der ligeledes kan være med til at forklare, hvorfor afgrødens herbicid tolerance aftager med stigende udviklingsstadium.



Figur 1. Afsætning af sporstof på ærter, målt som afsat mængde sporstof pr. g tørstof.
Deposit of tracer on peas shown as deposit/g dry matter.

En svag eller manglende korrelation mellem målt afsætning og biologisk effekt på ærterne, som det er fundet her, er ikke atypisk i undersøgelser, hvor der er foretaget sammenhørende registreringer af afsætning og biologisk effekt (f. eks. Western & Woodley, 1987). Ved at ændre sprøjteteknik påvirkes ikke kun afsætning men også en række andre faktorer, der har betydning for den biologiske effekt, og som kan være medvirkende årsag til, at den ændrede afsætning ikke giver sig udtryk i den biologiske effekt. Med den her anvendte sprøjteteknik er der ca. en faktor 3 i forskel i herbicidkoncentration mellem mindste og største væskemængde. Ligeledes blev der registreret en forskel i fordelingen af sprøjtevæske på de forskellige plantedele, idet specielt de store dråber ved 4110-30 dysen løb af bladene og ned i bladhjørnerne eller i den bladtragt bladene danner i de tidlige udviklingsstadier, og her dannede meget store dråber. Både dråbernes herbicidkoncentration og sprøjtevæskens fordeling på planten har betydning for den biologiske effekt (Merritt, 1982a og 1982b). Den biologiske effekt af herbicider kan også påvirkes af dråbernes tørretid (Blair & Martin, 1990). I disse forsøg må det formodes, at tørretiden varierede som følge af de forskellige dråbestørrelser, der blev anvendt, men specielt af at dråberne løb sammen ved de store væskemængder, som ovenfor beskrevet.

Ukrudtseffekt

Effektforsøgene, der blev udført på gul sennep og raps i renbestand, blev opgjort ved hjælp af 'parallel line assay', hvor det var muligt og ellers med variansanalyse. Resultaterne fra variansanalyserne er vist i tabel 3, mens de relative styrker fra analyserne med parallelle doseringskurver fremgår af tabel 4. I variansanalysen er der for overskuelighedens skyld kun medtaget et gennemsnit for de 4 doser, men resultaterne for enkeltdoseringerne viste samme resultat. I tabel 4 er vist de beregnede relative styrker med 4110-14 dysen som standard. Er den relative styrke over 1 for de 2 dyser, der sammenlignes med standarddysen, er den biologiske effekt bedre end standardens, mens det omvendte er tilfældet, hvis den relative styrke er mindre end 1.

Tabel 3. Biomasse indeks af testukrudt sprøjtet med Stomp SC + Basagran M75. Gennemsnit af 1/8n, 1/4n, 1/2n og 1n.

Biomass index of test weeds 3 weeks after treatment with Stomp SC + Basagran M75. Mean of 1/8n, 1/4n, 1/2 and 1n.

| Dysetype | <u>Sinapis</u> | | <u>Brassica</u> | |
|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| | <u>kimbladsst</u> | <u>2-4 bladsst.</u> | <u>kimbladsst.</u> | <u>2-4 bladsst.</u> |
| <i>Nozzle type</i> | <u>cotyledonst</u> | <u>2-4 leaves</u> | <u>cotyledon</u> | <u>cotyledon</u> |
| | 1991 | 1992 | 1991 | 1992 |
| Hardi 4110-14 | 3,05 | 2,98 | 2,62 | 2,68 |
| Hardi 4110-20 | 2,95 | 2,94 | 2,38 | 2,86 |
| Hardi 4110-30 | 3,34 | | 2,63 | |
| LSD ₉₅ | NS | NS | NS | NS |

Tabel 4. Effekt på testukrudt sprøjtet med Stomp SC + Basagran M75 i doseringerne 1/8n, 1/4n, 1/2n og 1n. Resultaterne er vist som relativ styrke med Hardi 4110-14 dysen som standard.

Effect on test weeds after treatment with Stomp SC + Basagran M75 in four doses, 1/8n, 1/4n, 1/2 and 1n. The results are shown as relative potency with Hardi 4110-14 nozzle as standard.

| Dysetype | <u>Sinapis</u> | <u>Brassica</u> | |
|--------------------|----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| | 2-4 bladsst <u>2-4 leaves</u> | kimbladsst. <u>cotyledon</u> | 2-4 bladsst <u>2-4 leaves</u> |
| <u>Nozzle type</u> | 1992 | 1991 | 1991 1992 |
| Hardi 4110-14 | 1,00a | 1,00a | 1,00a 1,00a |
| Hardi 4110-20 | 0,98a | 1,02a | 0,86ab 0,87b |
| Hardi 4110-30 | 0,98a | 1,07a | 0,73b 0,74c |

Relative styrker efterfulgt af samme bogstav er ikke signifikant forskellige på 5% niveau.

Tokimbladede ukrudtsarter har ikke voksstukturer på kimbladene, og befugtningen af planter på kimbladstadiet forventes derfor ikke at være væsentligt påvirket af den anvendte sprøjtetekniks dråbestørrelsesfordeling. Som det fremgår af tabel 3 og 4, er der da heller ikke fundet nogen statistisk forskel i effekt over for hverken gul sennep eller raps på kimbladstadiet med de 3 dyser. På 2-4 løvbladstadiet er der ikke fundet forskel i effekt over for gul sennep mellem de 3 dysestørrelser, hvilket heller ikke var at forvente, da gul senneps løvblade er lette at befugte. På løvbladene hos raps er der et veludviklet vokslag, der gør rapsplanten vanskelig at befugte. For raps på 2-4 bladstadiet var det muligt at analysere begge forsøg med doseringskurver, og resultaterne for de 2 forsøg blev helt identiske. I det første forsøg var effekten af 4110-30 dysen signifikant dårligere end 4110-14 dysen, mens der var signifikant forskel mellem alle 3 dyser i det andet forsøg. Den relative styrke udtrykker, at 4110-20 dysen har en effekt på ca. 86% af 4110-14 dysen, og at 4110-30 dysen har en effekt på ca. 74% af 4110-14 dysen. For at opnå samme effekt over for raps på 2-4 bladstadiet med 4110-20 dysen som med 4110-14 dysen, skal dosis derfor øges med 16% $(100-86)*100/86$, mens dosis med 4110-30 dysen tilsvarende skal øges med ca. 35% for at opnå samme effekt som med 4110-14 dysen.

Konklusion

Ved bekæmpelse af ukrudt i ærter med 2 tankblandinger er der kun fundet en lille øget risiko for skade på ærter, og kun tendens til udbyttereduktion, hvor der var anvendt små dråber og 4110-14 dyse i stedet for større dråber med 4110-20 eller 4110-30 dyse, og tendensen blev kun fundet ved anvendelse af dobbelt normaldosering i kombination med en sen behandling på 5-8 cm høje ærter. Undersøgelsen viste samtidig, at der ved en sen sprøjtning, når ukrudtet har fået løvblade, kan opnås en forbedret ukrudtseffekt over for arter, der er svære at befugte med sprøjtevæsken ved at vælge små dråber og en 4110-14 dyse fremfor store

dråber og en 4110-30 dyse. Det sene af de 2 sprøjtetidspunkter, der er anvendt i forsøgene, er sammenfaldende med det tidspunkt, hvor ukrudtsbekæmpelsen foretages, hvis denne udføres som en enkeltbehandling.

I relation til splitbehandlingsstrategien, der bør være den foretrukne ved ukrudtsbekæmpelse med bladmidler i ærter, udføres de 2 behandlinger sådan, at der på baggrund af afgrødens udviklingsstadium og de anvendte doser ikke kan forventes toleranceproblemer i markærter ved at gå over til at anvende små dråber med en 4110-14 dyse. Da der sprøjtes på ukrudt på kimbladstadiet, kan der til gengæld heller ikke opnås effektforbedring ved denne ændring af sprøjteteknikken, men der opnås en væsentlig reduktion i væskemængden, som er interessant af kapacitetshensyn.

Sammendrag

Ved sprøjtning på ukrudtets kimbladstadium er der ikke fundet forskel i effekt over for gul sennep og raps ved sprøjtning med Hardi fladsprededyserne, 4110-14, 4110-20 og 4110-30 ved væskemængderne 150, 275 og 500 l/ha resp. med tankblandingen Stomp SC + Basagran M75. Ved sprøjtning på ukrudtets 2-4 løvbladstadium er der ligeledes ikke fundet forskel i effekt over for gul sennep mellem de 3 dyser. Over for raps på 2-4 bladstadiet blev effekten af Stomp SC + Basagran M75 forøget ved at anvende 4110-20 i forhold til 4110-30 dyse, og anvendelse af 4110-14 dysen forbedrede yderligere effekten i forhold til de 2 andre dyser. Med 4110-14 dysen var der en kraftigt forøget afsætning af sprøjtevæske på ærter i forhold til 4110-20 dysen, der igen gav en større afsætning end 4110-30 dysen. I toleranceforsøg med tankblandinger i normal- og dobbelt normaldosering blev der ikke fundet sikre udbytteforskelle mellem de 3 dysestørrelser efter sprøjtning på ærter på et tidligt og et sent udviklingsstadium. Dog var der i et enkelt forsøg en tendens til faldende udbytte med aftagende dysestørrelse ved den dobbelte dosering og på det sene udviklingsstadium. Udbyttet var kraftigt påvirket af ærternes udviklingsstadium ved sprøjtning, hvilket havde større betydning end den anvendte sprøjteteknik.

Litteratur

1. *Anderson, N. H., Hall, D. J., Seaman, D.* 1987. Spray retention: effect of surfactant and plant species. In: *Studies of Pesticide Transfer and Performance. Aspects of Applied Biology* 14, 233-243.
2. *Bengtsson, A.* 1961. Droppstorlekens inflytande på ograsmedlans verkan. *Vaxtodling. Plant Husbandry* 17, Institute of Plant Husbandry, Royal Agricultural College of Sweden, 149s.
3. *Blair, A. M. & Martin, T. D.* 1990. The influence of climatic conditions around the time of spraying isoproturon on the subsequent injury to barley. *Ann. Appl. Biol.* 116, 131-142.
4. *Brunskill, R. T.* 1956. Physical factors affecting the retention of spray droplets on leaf surfaces. 3rd British Weed Conference, 593-603.

5. *Davies, P. J., Drennan, D. S. H., Fryer, J., Holly, K.* 1967. The basis of the differential phytotoxicity of 4-hydroxy-3,5-di-iodobenzonitrile. I. The influence of spray retention and plant morphology. *Weed Research* 7, 220-233.
6. *de Ruiter, H., & Uffing, A. J. M.* 1988. The influence of surfactants and plant species on the retention of spray solutions. *Proc. EWRS Symp. 'Factors Affecting Herbicidal Activity and Selectivity'*. 163-168.
7. *Jensen, P. K.* 1992. Split application of herbicides in peas. *Weed Research* 32, 295-302.
8. *Jensen, P. K.* 1993. Tolerance to foliage-applied herbicides in combining peas: Effect of growth stage, cultivar type and herbicide. *Crop Protection*. Under trykning.
9. *Jensen, P. K. & Christensen, S.* 1993. Reflectance measurements as a tool for monitoring herbicide efficacy and herbicide tolerance. *Proc EWRS Symp. 'Quantitative approaches in weed and herbicide research and their practical application'*. Under trykning.
10. *Merritt, C. R.* 1982a. The influence of form of deposit on the phytotoxicity of difenzoquat applied as individual drops to *Avena fatua*. *Ann. Appl. Biol.* 101, 517-525.
11. *Merritt, C. R.* 1982b. The influence of form of deposit on the phytotoxicity of MCPA, paraquat and glyphosate applied as individual drops. *Ann. Appl. Biol.* 101, 527-532.
12. *Morrice, L. A. F. & Scragg, E. B.* 1987. Pendimethalin for weed control in combining peas. *Proc. Crop Protection in Northern Britain*, 243-248.
13. *Streibig, J. C.* 1984. Principper for måling af herbiciders selektivitet. 1. *Danske Planteværnskonference/Ukrudt*, 257-273.
14. *Western, N. M., & Woodley, S. E.* 1987. Influence of drop size and application volume on the effectiveness of two herbicides. In: *Studies of Pesticide Transfer and Performance. Aspects of Applied Biology* 14, 181-192.

Variation i afsætning af sprøjtevæske under markforhold *Spray deposition variability in field spraying*

Ebbe Nordbo
Plantværnscentret
Afdeling for Ukrudtsbekæmpelse
Flakkebjerg
4200 Slagelse

Summary

In a series of seven experiments, spatial variability of spray deposition was measured on small vertical and horizontal targets in the swath to elucidate effects of wind speed, relative wind direction and turbulence intensity in field spraying. Differing travel speeds were compared, as well as air assistance to conventional spraying.

Deposition on vertical targets generally is far more sensitive to changes of spraying conditions and position relative to the tractor than is deposition on horizontal targets. Distinct transversal patterns appeared according to the relative wind direction, yet patterns differed with the two target types. Deposition increased on vertical targets with increasing wind speed, whilst the effect with horizontal targets were inconsistent. No effect of turbulence intensity was found. With vertical targets deposition as well as variability increased with increasing travel speed, whereas with horizontal targets effects were inconsistent. Air assistance yielded very different results in two experiments with differing crop structures. In stubble, deposition on vertical targets was reduced with the use of full air (30 m/s), and variability increased. In barley at the heading stage deposition on both target types was enhanced with air assistance, and transversal variability was eliminated. Altogether, variability changed relatively little with the range of wind conditions and travel speeds tested. Deposition on 0.1 m² plots typically varied by a factor of 3, whilst deposition on single vertical targets varied by a factor of ca 10 and on single horizontal targets by a factor of ca 6.

A theoretical effect of variability on the control level obtained with herbicide spraying has been calculated under differing assumptions concerning the spray distribution and dose-respons relation. Spray variability reduce the average herbicidal efficacy, albeit with differing strength according to variability level and nominal dosage applied.

Indledning

Variabilitet i afsætning af sprøjtevæske må formodes at have betydning for bekæmpelses-effekten, idet en vis andel af planterne modtager en utilstrækkelig dosis, mens samtidigt andre planter overdoseres. På samme måde må pesticiders økotoksikologiske effekt variere

rumligt indenfor og i umiddelbar nærhed af det sprøjtede areal som følge af variabilitet i eksponeringsmængden.

I sprøjtetekniske undersøgelser er det oftest den gennemsnitlige afsætning af sprøjtevæske som er blevet sammenlignet, og kun i få studier har man forsøgt at måle variabiliteten på enkelt plantniveau. Ved typegodkendelse og periodiske syn af sprøjteudstyr i nabolandene undersøges sprøjtevæskens fordeling på langs af bommen som et væsentligt kriterium, men testmetoden er for grov til at belyse variationen fra plante til plante under markforhold.

Denne rapport omhandler en række markforsøg udført for at sammenligne afsætningsvariabiliteten ved udendørs sprøjtning med resultater fundet under laboratorieforhold. Således blev afsætningen under indflydelse af forskellig vindhastighed og -retning relativt til køreretning undersøgt. Disse vind/afsætnings-relationer blev endvidere sammenlignet ved forskellige kørehastigheder og med anvendelse af luftassisteret sprøjtning.

Metode

Forsøgene er udført på syv forskellige dage, med de naturlige vindforhold som vigtigste forsøgsvariabel. Der blev således sprøjtet ved gennemsnitlige vindhastigheder fra ca. 1 til 5.5 m/s, og i med-, mod- og ret sidevind. I enkelte forsøg blev kørehastigheden varieret (5, 7.5 og 10 km/t) eller anvendt luftassistance med forskellig lufthastighed (30 m/s eller 23 m/s). Sprøjtningerne udførtes med en Hardi sprøjte med 12 m bom, påmonteret fladsprededyser 4110-14, som med trykket ca. 2 bar var indstillet til at yde 0.75 l/min. Ydelsen var således 90 l/ha ved kørehastigheden 10 km/t, 135 l/ha ved 7.5 km/t og 180 l/ha ved 5 km/t. Bommen var hævet 50 cm over jorden. En Hardi Twin sprøjte med samme indstillinger blev anvendt til forsøgene med luftassistance. Dyserne var i disse forsøgsled fremad- eller bagudrettet, jvf. afsnittet Resultater. Sprøjtningerne udførtes på en plan kortklippet græsplæne, bortset fra to sammenlignende forsøg med luftassistance, som udførtes i henholdsvis harvet stubmark og i vårbyg stadie 57 (Zadoks).

Sprøjtevæsken med sporstoffet natrium-fluorescein blev opfanget på to typer kunstobjekter: Lodretstillede bomulds-piberensere af 17 cm længde og vandretstillede filtrerpapir med 2 cm diameter, repræsenterende henholdsvis græsser og bredbladede planter. Piberensernes overfladeareal blev bestemt ved billedanalyse. Ni af hver type var med afstanden 15 cm x 15 cm placeret på hver finérplade (jvf. Nordbo & Taylor, 1991). På tværs af traktorens køreretning blev placeret 5 plader på linie, i afstandene 0, 2 og 4 m fra traktorens centrum til hver side herfor, og der blev sprøjtet én gang over hver linje. I visse af forsøgene var 2 eller 3 linier placeret efter hinanden med 2 m imellem. Der var op til 8 gentagelser pr. forsøgsled, med et interval på 5-10 minutter.

Vindhastigheden blev målt med tre Dantec omni-direktionelle hot-film anemometre i 0.5, 1 og 2 m højde, og vindretning målt i 2.5 m højde med en Malling vejrhane. Vindmålingen udførtes 3 m fra bomspids i vindsiden. Sprøjteresultaterne er sammenholdt med vindmålingen i 10 sekunders perioden fra bommens passage af målelinjen. Turbulensintensiteten er

beregnet som spredningen på middelvindhastigheden.

Resultater og diskussion

Forsøgsresultaterne er analyseret for virkninger af vindhastighed, vindens naturlige turbulens, vindretning, kørehastighed og luftassistance på afsætningsgennemsnit og afsætningsvariabilitet, specielt afsætningsmønsteret på tværs af køreretningen. Som mål for afsætningens størrelse er i alle tilfælde anvendt sprøjteeffektiviteten (%), som er afsat stof pr. objektareal divideret med udsprøjt stof pr. jordareal.

Virkninger af vindretningen relativt til køreretningen:

Afsætningsmønsteret på tværs af sprøjtebanen er meget påvirkelig af vindretning, og forskellig for de vandrette og lodrette objekter, jvf. tabel 1.

Tabel 1. Gennemsnitlig sprøjteeffektivitet (%) i fem positioner på tværs af køreretning ved med-, mod- og sidevind (fra højre i forhold til tabellens opsætning).

Average spray efficiency (%) in 5 transversal positions, with fair, head and side wind (from the right relative to the table body).

Lodrette objekter *Vertical targets*

| Vind <i>Wind</i> | Opsamlingspunktets afstand fra sprøjtens midte (m) <i>Sample position relative to centerline (m)</i> | | | | |
|---------------------|---|----|----|----|----|
| | 4 | 2 | 0 | 2 | 4 |
| Med/ <i>Fair</i> | | 81 | 64 | 77 | 66 |
| Mod/ <i>Head</i> | | 70 | 48 | 58 | 73 |
| Side/ <i>Side</i> | 46 | 61 | 60 | 60 | 48 |

Vandrette objekter *Horizontal targets*

| Vind <i>Wind</i> | Opsamlingspunktets afstand fra sprøjtens midte (m) <i>Sample position relative to centerline (m)</i> | | | | |
|---------------------|---|----|----|----|----|
| | 4 | 2 | 0 | 2 | 4 |
| Med/ <i>Fair</i> | | 95 | 89 | 92 | 89 |
| Mod/ <i>Head</i> | | 70 | 85 | 74 | 71 |
| Side/ <i>Side</i> | 75 | 88 | 77 | 78 | 67 |

For de lodrette objekter var afsætningen under traktoren dårligst i med- og modvind, mens afsætningen ved sidevind var bedst under og i traktorens nærhed i vind- og læside.

På de vandrette objekter var afsætningen i medvind ganske jævn, den totale variabilitet lavest og afsætningsgennemsnittet højt. I modvind var afsætning mellem køresporene tydeligt forøget, og i sidevind var afsætningen højest tæt ved traktoren i læ og lavest i den fjerne position i vindsiden.

Virkning af vindhastighed:

Med stigende vindhastighed øgedes afsætningen på lodrette objekter, i størrelsesordenen 10 %-point for hver vindhastighedsforøgelse på 1 m/s. Dette resultat er umiddelbart forståeligt, da en forøgelse af dråbernes vandrette hastighedskomponent øger dråbernes chance for anslag på de lodrette objekter. På vandrette objekter gav øget vindhastighed undertiden øget, undertiden mindsket afsætning, og generelt kun en svag påvirkning af afsætningen.

Virkning af vindens naturlige turbulens:

Der kunne ikke konstateres nogen effekt på afsætning eller den samlede afsætningsvariabilitet som følge af vindens turbulensintensitet. I et forsøg med særlig jævn vind viste resultaterne på lodrette objekter dog, at afsætningsmønsteret på langs af køreretningen var mere ensartet end i de øvrige forsøg.

Virkning af kørehastighed:

På de lodrette objekter gav øget kørehastighed i de fleste tilfælde en klart forbedret afsætning; dette resultat støttes af en række forsøg i indendørs sprøjtehal (Nordbo, 1992). I marken gav øget kørehastighed dog en tydelig øget afsætnings-variabilitet på tværs af køreretningen, hvilket formentlig må tilskrives en forøgelse af bommens lodrette bevægelser.

Kørehastighedens effekt på afsætning på de vandrette objekter var ganske inkonsistent. I nogle tilfælde fandtes en positiv sammenhæng, i andre tilfælde ingen eller negativ sammenhæng. Heller ikke forholdet mellem kørehastighed og tværfordeling var konsistent. I laboratorieforsøg er kørehastigheden fundet at være uden betydning for afsætningen på vandrette objekter.

Effekt af luftassistance:

I harvet stubmark og med 3.5 m/s sidevind gav sprøjtning med luftassistance (fuld lufthastighed, dvs. 30 m/s, og dyser bagudvinklet til 30°) en betydeligt dårligere afsætning og øget variabilitet på lodrette objekter end ved konventionel sprøjtning, jvf. tabel 2. På vandrette objekter fandtes der ingen forskel i afsætningen.

I en vårbygmark i begyndende skridning og 35-40 cm høj (stadie 57 Zadoks) og med 3.9 m/s sidevind gav sprøjtning med luftassistance (dyser fremadvinklet 10°) i forhold til konventionel sprøjtningen forbedret afsætning på lodrette objekter både med 3/4 lufthastighed (23 m/s) og især med fuld lufthastighed (30 m/s). På vandrette objekter gav 3/4 lufthastighed samme afsætning som konventionel, og fuld lufthastighed gav øget afsætning. Ved den konventionelle sprøjtning i bygmarken var der konsekvent større afsætning under eller i læ af traktoren. Denne ujævnhed på tværs af køreretning blev fjernet med luftassistance.

Tabel 2. Relativ sprøjteeffektivitet ved sprøjtning med og uden luftassistance i stubmark, henholdsvis i vårbyg stadie 57 (Zadoks). Værdier indenfor objekttype og marktype med samme bogstav er ikke signifikant forskellige.

Relative spray efficiency spraying conventionally ("Konventionel") and with air assistance ("Luft") in stubble and in spring barley at the heading stage. Figures with the same letter within one target and field type are not significantly different.

| | | LODRETTE OBJEKTER <i>vertical targets</i> | VANDRETTE OBJEKTER <i>horizontal targets</i> |
|---------------------------------------|--------------------------------------|--|---|
| Kørehast. <i>Travel speed</i> | Sprøjtesystem <i>Spray system</i> | | |
| STUBMARK <i>stubble</i> | | | |
| 5 km/t | Konventionel | := 100 b | := 100 b |
| | Luft 30 m/s | 77 c | 99 b |
| 10 km/t | Konventionel | 170 a | 140 a |
| | Luft 30 m/s | 100 b | 145 a |
| VÅRBYG <i>spring barley</i> | | | |
| 6 km/t | Konventionel | := 100 c | := 100 b |
| | Luft 23 m/s | 120 b | 106 b |
| | Luft 30 m/s | 133 a | 120 a |

I et tidligere forsøg med lignende metoder i kort græsmark ved svag vind < 2 m/s blev der med en lufthastighed på 30 m/s fundet en stærkt forøget afsætning på lodrette og en svagt forøget afsætning på vandrette objekter. Også ved stærkere vind (3-7 m/s) gav luft 30 m/s forbedret afsætning på lodrette, men dårligere på vandrette objekter (Nordbo & Taylor, 1991).

Disse få studier med luftassistance illustrerer, hvorfor denne mere avancerede teknik skal bruges med omtanke. Med lufthastighed og dysevinkel afpasset efter afgrødestruktur, vindforhold og kørehastighed kan sprøjtearbejdets kvalitet forbedres betydeligt og afdriften reduceres (Hofman, 1990; May, 1991; Taylor & Andersen, 1991), mens forkerte

indstillinger kan forringe resultatet og øge afdriften (Jensen & Odgaard, 1988; Brandt 1990; Cooke et al., 1990). I litteraturen er kun foretaget forsøg med ganske få af de mange mulige kombinationer af maskinindstilling versus forskelligt vejrlig og afgrødestruktur, og foreløbigt er sprøjteføreren henvist til alene at bedømme sprøjtemønster og afdrift efter et visuelt skøn og justere sprøjteudstyret efter erfaringen.

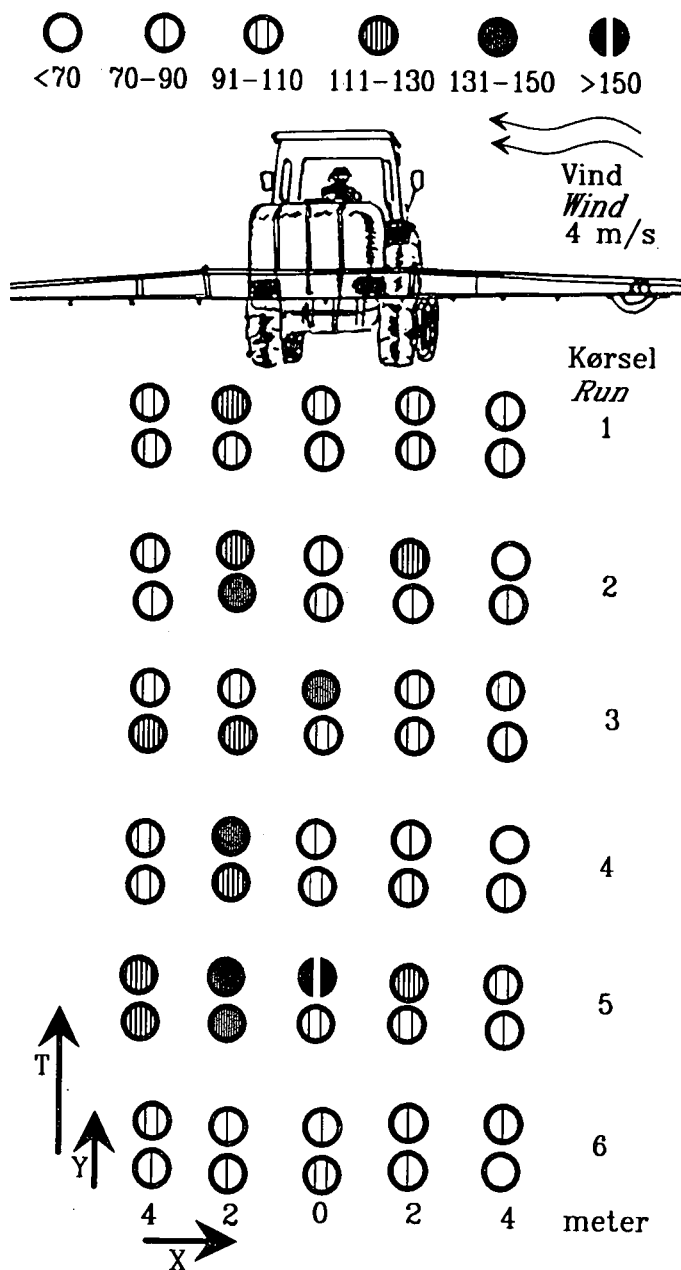
Som det vil have fremgået, er afsætningen på de lodrette objekter tydeligvis langt følsommere for ændringer i vindhastighed, vindretning, kørehastighed, luftassistance og placering i forhold til traktor. Tidligere studier har endvidere vist langt større følsomhed for dråbestørrelse, idet de mindre dråber konsekvent afsættes bedre end større dråber på lodrette objekter. På vandrette objekter er dråbestørrelsens virkning på afsætningen vagere og mindre konsistent (Nordbo, 1992). Det er væsentligt at hæfte sig ved denne forskel, når forsøgsarbejde med afsætning og afdrift designes og fortolkes. Der kan derfor være behov for sprøjte tekniske forsøg, som kan give basis for en mere differentierede vejledninger for sprøjtning med henholdsvis lodret og vandret orienterede plantedele som mål.

Variabilitets omfang og årsager

Den samlede variabilitet er ikke særligt forskellig med de her undersøgte kørehastigheder eller vindforhold. Større forskelle i variabilitet kan tilsyneladende findes, når der skiftes mellem forskellige dråbestørrelser, dysetyper eller sprøjtesystemer (Rutherford et al., 1989; Cooke et al. 1990). Den her fundne variabilitet svarer til, at der typisk er forskelle af størrelsesordenen en faktor 3 mellem afsætning på de 0.1 m² kvadratiske flader. Figur 1 illustrerer resultaterne i et enkelt forsøg, hvor 10 flader i to rækker passeres i 6 kørsler, hvorved den tidsmæssige variation (T) og variationen henholdsvis på langs (Y) og på tværs (X) af køreretningen kan separeres.

Forskellene i afsætning mellem de ni enkeltobjekter er naturligvis større: Den gennemsnitlige forskel i afsætning for de ni lodrette objekter af størrelsesordenen en faktor 10 og for vandrette objekter en faktor 6.

Det er vigtigt at pointere, at der i de syv forsøg kun er foretaget sammenlignende undersøgelser af variabilitets struktur ved forskellige kørehastigheder og vejrlig. Den virkelige variabilitet mellem afsætning på markens planter under en realistisk sprøjtning er ikke hermed beskrevet.



Figur 1. Relativ afsætning af sprøjtevæske på plader á 0.1 m² hver forsynet med 9 vandrette objekter. Total-gennemsnittet er sat til :=100.
Relative spray distribution on boards of 0.1 m², each with 9 horizontal targets. Figures are scaled to a grand total mean of 100.

Afsætningsvariabiliteten indenfor et kvadrat af ca. 0.1 m² ("mikrovariabiliteten") mellem 9 kunstobjekter er af omtrent samme størrelse ved markforsøg (cv = ca. 10-20% for lodrette og ca. 15-25% for vandrette objekter) som ved laboratorieforsøg uden vind og med fuldstændig jævn bomkørsel (cv = ca. 10-25% for lodrette og ca. 10-20% for vandrette objekter; Nordbo, 1992). Laboratorieforsøg med småplanter i ganske tilsvarende opstilling har vist meget større udsving mellem de enkelte forsøgsleds variabilitet, og generelt var variabiliteten højere end med kunstobjekter (cv = 13-48% for forskellige bladbrede arter, ca. 15-60% for havre). Dette til trods for, at planterne var dyrket og udvalgt med henblik på størst mulige ensartethed i størrelse og form. Under markforhold vil planterne variere betydeligt mere, hvilket vil føre til øget afsætningsvariabilitet.

Årsagerne til denne mikrovariabilitet er mange: Dysen leverer dråberne uensartet på en meget lille tidslig skala (Addison, 1945) og på en meget lille rumlig skala (Taylor & Merritt, 1975; Clipsham, 1980; Taylor & Embling, 1983). Dråbernes størrelse, fart og retning er stærkt forskellig i forskellige afstande og vinkler fra en fladsprededyses munding (Young, 1990), og selve duschens form ændres af fartvinden under fremkørsel, hvorved der fra hver dyse skabes to distinkte "efterhængende hvirvler" (Cowan, 1983; Göhlich, 1985). Under markforhold adderes til mikrovariabiliteten forskellige bidrag af en større rumlig/tidslig skala. Naturlig vindturbulens, traktorgenereret turbulens, bom-bevægelser (Ganzelmeier & Moser, 1977; Mawer & Miller, 1989; Nation, 1980) samt markens egen topografi skaber øget afsætningsvariabilitet indenfor sprøjtearealet.

Fordeling af sprøjtevæske ved realistiske marksprøjtninger kendes ikke, og end ikke et realistisk mål for variansen kendes. Dertil har afsætningsstudier i marken været udført med for få og næppe repræsentative opsamlings-positioner, og i de fleste tilfælde endog med kunstobjekter. Det er dog næppe for pessimistisk at gætte på samlede variationskoefficienter omkring 100% eller mere indenfor den regulære sprøjtebane, som f.eks. fundet af Robinson & Garnet (1984). Yderligere kommer der variabilitetsbidrag på grund af for stort eller lille overlap i sprøjtebanens rand eller ved irregulære markstykker. Disse arealer skønnes af Dorr & Pannell (1992) typisk at udgøre i størrelsesordenen 5-10% af markarealet.

Endelig kan slitage i pumpe, dyser etc. bidrage væsentligt til ujævnhed i væskeafsætningen (Cupery, 1987). I flere af vore nabolande er indført obligatoriske typegodkendelser (BBA, 1988; Statens Naturvårdsverk, 1990) samt frivillige eller obligatoriske "sprøjtefunktionstests" (Lantbruksstyrelsen, 1988; Landbruksdepartementet, 1991), hvor væskefordelingen langs bommen testes og korrigeres. Undersøgelsen foregår ved, at bommen placeres stationært over et sprøjtebord, hvis overflade med lodrette lameller er opdelt i 10 cm brede kanaler vinkelret på bommens længde. Der sprøjtes i et minut eller mere. Værdierne for variation i væskefordelingen er selvsagt mindre end punkt-til-punkt variationen i marken, men testen afslører udmærket variabiliteten på den grovere skala, som traktorføreren kan påvirke ved udskiftning af slidte dele i sprøjtematerialet.

Variabilitet og bekæmpelseeffekt

Som nævnt kender vi ikke variabilitetens virkelige størrelse, og derfor heller ikke dens betydning for bekæmpelseeffekten. I det følgende skitseres imidlertid nogle teoretiske konsekvensberegninger.

I beregningen antager jeg, at der er et fast forhold mellem afsat dosis og effekt på den enkelte plante, idet jeg ser bort fra, at dråbestørrelse og dråbernes lokalisering på plantens forskellige dele kan være af betydning for herbicidets effektivitet (Streibig, 1988; Lake & Taylor, 1974; Merritt, 1982; Kudsk, 1988; Adams et al., 1990). Som et bud på dette forhold vælges den logistiske model, som har vist sig at beskrive dosis-respons kurven i mange herbicidforsøg (Kudsk, 1989):

$$Y = \frac{(D-C)}{1 + \exp(-2 b * (a + b * \log(z)))} + C$$

- hvor Y = plante biomasse
z = herbicid dosis
a = kurvens vandrette placering på dosis-aksen
b = kurvens hældning
C = biomassen ved meget store doser
D = biomassen ved meget små doser

Hældningen b har for de fleste undersøgte herbicider en værdi mellem -2 og -4, når biomassen Y måles med relative tal mellem D = 100 og C = 0.

b-parameterens størrelse under markforhold er endnu næppe blevet eksakt bestemt. Den naturlige variation i planternes størrelse, tålsomhed etc. vil trække i retning af en fladere kurve, mens afgrødens konkurrencetryk forventeligt vil forstærke forskelle i enkeltplanternes overlevelsessevne efter sprøjtning, altså medføre en stejlere kurve.

z er den reelt afsatte dosis med den variabilitet der er knyttet hertil. I mangel af mere eksakt viden antages her i første omgang, at frekvensene af afsætningen er normalfordelte.

I Tabel 3 er da vist den beregnede gennemsnitlige bekæmpelseeffekt ved forskellig nominel dosering (N) og forskellig variabilitet (VAR) for afsat sprøjtevæske. Der er valgt en b koefficient på -3, mens a arbitrært er valgt således, at bekæmpelseeffekten ved fuld dosering (N = 1/1) og VAR = 0.4 er 95 %.

Tabel 3. Beregnet forholdsmæssig bekæmpelseeffekt (i %) ved forskellig nominal dosering (N) og afsætningsvariabilitet (VAR). $b := -3$, og bekæmpelseeffekt := 95 % for $N = 1/1$ og $VAR = 0.4$.

Theoretical relative herbicidal control level (% weed kill) with differing nominal dosage (N) and variability level (VAR). The dose-response relation gradient b was fixed at -3, and the control level arbitrarily fixed at 95 % for $N = 1/1$ and $VAR = 0.4$.

| | VAR (cv) | | | | | |
|-------|----------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 0.0 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.8 | 1.0 |
| N 2/1 | 99 | 99 | 99 | 93 | 86 | 81 |
| 1/1 | 97 | 97 | 95 | 88 | 81 | 76 |
| 3/4 | 95 | 94 | 91 | 83 | 77 | 73 |
| 1/2 | 87 | 86 | 81 | 74 | 69 | 66 |
| 1/4 | 54 | 53 | 50 | 48 | 48 | 47 |

Læses tabellen søjlevis ses virkningen af ændrede doseringer (eller af sprøjteudstyr med forskellig effektivitet !). Læses tabellen rækkevis ses virkningen af forskellig variabilitet i afsætningen. Det ses f.eks., at stiger variabiliteten fra cv 0.4 til 0.8 for ved fuld dosering, svarer det i bekæmpelseeffekt til en dosishalvering. Det bemærkes, at bekæmpelseeffektens følsomhed for variabilitetens størrelse er størst ved de intermedie værdier af N ($N = 1/1$, $3/4$ og $1/2$) og aftager ved de ekstremere værdier af N.

Det skal understreges, at tabelværdierne niveau er ganske arbitrært fastlagt: Selvom vi måtte vide, at behandlingseffekten 95 % fremkommer ved $N = 1/1$, så ved vi ikke, om VAR-niveauet da er cv 0.4.

Andre beregningsmodeller har været afprøvet: For sprøjteeffektiviteten er en ligefordeling af frekvenserne blevet gennemregnet; for dosis-respons kurven er som det mest radikale en "død eller levende" sammenhæng afprøvet. De fire kombinationer af dosis-respons model og afsætningsmodel er således gennemregnet, uden at der viste sig synderligt store forskelle fra eksemplet i Tabel 3. Som forventeligt giver ligefordelingen, henholdsvis "død eller levende" modellen en svagt øget sensitivitet for ændringer i variationen.

Som et kuriosum skal det bemærkes, at variabilitet i afsætning også har indflydelse på

fastlæggelsen af dosis-respons kurven. Jo større variabilitet i den reelle dosering som forsøgsplanterne modtager, jo "fladere" bliver responskurven (Ridout & Fenlon, 1991). Stor afsætningsvariabilitet i sprøjtetekniske forsøg kan således være én medvirkende årsag til at store målte forskelle i gennemsnitlig afsætning med forskellige sprøjteteknikker kun sjældent reflekteres som forskelle i det biologiske resultat.

Sammendrag

Sprøjtbevæskens rumlige fordeling på små vandrette og lodrette objekter under bommen ved marksprøjtning er sammenlignet ved forskellige vindhastigheder og -retninger, turbulensintensiteter, kørehastigheder og ved anvendelse af luftassistance. Generelt er afsætningen på lodrette objekter langt følsommere for ændringer i vindhastighed, vindretning, kørehastighed, luftassistance og placering i forhold til traktor end afsætningen på vandrette objekter.

Afsætningsmønsteret på tværs er meget påvirkelig af køreretningen relativt til vindretning, og forskellig for vandrette og lodrette objekter. Med stigende vindhastighed øgedes afsætningen på lodrette objekter, mens forskelle i vindhastighed havde en svagere og inkonsistent virkning på afsætningen på vandrette objekter. Der fandtes ingen effekt på afsætning eller samlet variabilitet af forskelle i vindens turbulensintensitet.

På lodrette objekter gav øget kørehastighed som regel øget afsætning, men også øget variabilitet på tværs af køreretningen. Effekten på de vandrette objekter var ganske inkonsistent, undertiden med positiv sammenhæng, i andre tilfælde uden eller med negativ sammenhæng. Luftassistance gav meget forskellige resultater i to forsøg: I harvet stubmark gav sprøjtning med fuld lufthastighed dårligere afsætning og øget variabilitet på lodrette objekter end ved konventionel sprøjtning. På vandrette objekter var der ikke forskel i afsætningen. I en vårbygmark under skridning, derimod, gav både 3/4 og især fuld lufthastighed bedre afsætning, og ujævnhed på tværs af køreretning blev elimineret.

Den samlede variabilitet ændres kun svagt efter de undersøgte kørehastigheder og vindforhold. Den fundne variabilitet svarer til typisk en faktor 3 som største forskel mellem afsætning på de 0.1 m² kvadratiske flader. Forskelle i afsætning fra ét enkelt punkt til et andet var for lodrette objekter ca. en faktor 10 og for vandrette objekter en faktor 6.

Variabilitetens teoretiske virkning på bekæmpelseeffekten ved herbicid-sprøjtninger er beregnet efter forskellige model-antagelser for væskefordeling og dosis-respons-sammenhæng. Variabiliteten påvirker bekæmpelseeffekten negativt, men med forskellig styrke alt efter variabilitetsniveau og det nominelle doseringsniveau.

Litteratur

1. Adams, A.J., Chaple, A.C., & Hall, F.R. 1990. Droplet spectra for some agricultural fan nozzles, with respect to drift and biological efficiency. I: L.E. Bode, J.L.Hazen & D.G. Chasin (red) Pesticide Formulations and Application Systems, vol 10, ASTM, Philadelphia, p. 156-169.

2. Addison, C.C. 1945. The measurement of surface and interfacial tensions at fresh surfaces by the vibrating jet method. *Phil. Mag.* 36:73-100
3. BBA (*Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft*). 1988. Richtlinien für die amtliche Prüfung von Pflanzenschutz-mitteln. Braunschweig, 11 pp.
4. Brandt, J. 1990. Luftassisterad besprutning - ett exempel i Hardi Twin. I: 31:a Svenska Växtskyddskonferansen, Skadedjur och Växtsjukdomar, p. 91-106.
5. Clipsham, I.D. 1980. The influence of target area on the variability of spray deposits. I: J.O. Walker (red) BCPC Mono. no. 24: Symposium on Spraying Systems for the 1980'ies - March 1980, Croydon, p. 133-138.
6. Cooke B.K., Hislop E.C., Herrington P.J, Western N.M. & Humpherson-Jones F. 1990. Air-assisted spraying of arable crops, in relation to deposition, drift and pesticide performance. *Crop Prot.* 9:303-311
7. Cowan, W.D. 1983. Spray drift control and droplet performance within the spray sheet. *Aspects Appl. Biol.* 3:175-180.
8. Cupery, W.E. 1987. Application accuracy. I: C.G. McWorther & M.R. Gebhardt (red): *Methods of Applying Herbicides*. Weed Science Society of America, Champaign, Ill., p. 63-83.
9. Dorr, G.J. & Pannell, D.J. 1992. Economics of improved spatial distribution of herbicide for weed control in crops. *Crop Prot.* 11:385-391.
10. Ganzelmeier, H. & Moser, E. 1977. Einfluss der Auslegerbewegungen von Feldspritzgeräten auf die Verteilgenauigkeit der Spritzflüssigkeit. *Grundl. Landtech.* 27:65-72.
11. Göhlich, H. 1985. Deposition and penetration of sprays. I: E.S.E. Southcombe (red) BCPC Mono. 28: *Application and Biology*, Croydon, p. 173-182.
12. Hofman, V. 1990. Penetration of spray into plant canopies. North Dakota Extension Research Report, NSDU, N. Dakota, 5 pp.
13. Jensen, P.K. & Odgaard, P. 1988. Rapport over 4 afdriftsforsøg med alm. hydraulisk Hardi, Danfoil og Hardi Twin. Inst. f. Ukrudtsbekæmpelse, Slagelse, 21 pp.
14. Kudsk, P. 1988. The influence of volume rates on the activity of glyphosate and difenzoquat assessed by a parallel-line assay technique. *Pestic. Sci.* 24: 21-29
15. Kudsk, P. 1989. Experiences with reduced herbicide doses in Denmark and the development of the concept of factor-adjusted doses. I: Brighton Crop Protection Conference - Weeds. BCPC, Farnham, p. 545-554.
16. Lake, J.R. & Taylor, W.A. 1974. Effect of the form of a deposit on the activity of barban applied to *Avena fatua* L. *Weed Res.* 14: 13-18
17. *Landbruksdepartementet*. 1991. Tekniske retningslinier for funksjonstest av åkersprøyter. Oslo, 5 pp.
18. *Lantbruksstyrelsen*. 1988. Riktlinier för funktionstest av lantbrukssprutor. LS 28024/88, Stockholm, 8 pp.
19. Mawer, C.J.; Miller, P.C.H. 1989. Effect of roll angle and nozzle spray pattern on the uniformity of spray volume distribution below a boom. *Crop Prot.* 8: 217-222.

20. *May, M.J.* 1991. Early studies on spray drift, deposit manipulation and weed control in sugar beet with two air-assisted boom sprayers. I: A. Lavers, P. Herrington, E.S.E. Southcombe (red) BCPC Mono. no.46: Air-assisted Spraying in Crop Protection, Farnham, 89-96.
21. *Merritt, C.R.* 1982. The influence of form of deposit on the phytotoxicity of difenzoquat applied as individual drops to *Avena fatua*. *Ann. Appl. Biol.* 101: 517-525.
22. *Nation, H.J.* 1980. The performance and stability of spray booms. I: J.O. Walker (red) BCPC Mono. no.24: Symposium on Spraying Systems for the 1980'ies - March 1980, Croydon, p. 145-158.
23. *Nordbo, E. & W.A. Taylor.* 1991. The effect of air assistance and spray quality (drop size) on the availability, uniformity and deposition of spray on contrasting targets. I: A. Lavers, P. Herrington, E.S.E. Southcombe (red) BCPC Mono. no.46: Air-assisted Spraying in Crop Protection, Farnham, 113-124.
24. *Nordbo, E.* 1992. Effects of nozzle size, travels speed and air assistance on deposition on artificial vertical and horizontal targets in laboratory experiments. *Crop Prot.* 11:272-278.
25. *Ridout, M.S. & Fenlon, J.S.* 1991. Analysing dose-mortality data when doses are subject to error. *Ann. Appl. Biol.* 119:191-201.
26. *Robinson T.H. & Garnet R.P.* 1984. The influence of electrostatic charging, drop size, and volume of application on the deposition of Propiconazole and its resultant control of cereal disease. I: 1984 British Crop Protection Conference - Pests and diseases, p. 1057-1065.
27. *Rutherford I., Bell G.J., Freer J.B.S., Herrington P.J. and Miller P.C.H.* 1989. An evaluation of chemical application systems. I: Brighton Crop Protection Conference - Weeds - 1989, p. 601-614.
28. *Statens Naturvårdsverk.* 1990. Kunngörelse med föreskrifter om typgodkännande av utrustning för spridning av bekämpningsmedel i jordbruket. SNFS 1990:10, MS:28, Uppsala, 22 pp.
29. *Streibig, J.C.* 1988. Herbicide bioassay. *Weed Res.* 14:479-484.
30. *Taylor, W.A. & Andersen, P.G.* 1991. Enhancing conventional hydraulic nozzle use with the Twin Spray System. I: A. Lavers, P. Herrington, E.S.E. Southcombe (red) BCPC Mono. no.46: Air-assisted Spraying in Crop Protection, Farnham, 125-136.
31. *Taylor, W.A. & Embling, S.J.* 1983. Spray deposit variability on plants and artificial targets. I: Proceedings of the 10th International Congress of Plant Protection, vol 3, Croydon, p. 505.
32. *Taylor W.A. & C.R. Merritt.* 1975. Some physical aspects of the performance of experimental equipment for controlled droplet application with herbicides. I: Proceedings 8th British Insecticide and Fungicide Conference. London, p. 161-170.
33. *Young, B.W.* 1990. Droplet dynamics in hydraulic nozzle spray clouds. I: L.E. Bode, J.L.Hazen & D.G. Chasin (red) Pesticide Formulations and Application Systems, vol 10, ASTM, Philadelphia, p. 1078-1091.

Vandkvalitet og herbicideffekt

Water quality and herbicide efficacy

Per Kudsk & Solvejg K. Mathiasen

Planteværnscentret

Afdeling for Ukrudtsbekæmpelse

Flakkebjerg

4200 Slagelse

Summary

*The influence of various cations on glyphosate phytotoxicity was examined in pot experiments using barley (*Hordeum vulgare*) as a test plant. Calcium antagonized glyphosate more than magnesium. Whereas addition of diammonium sulfate fully overcame the antagonistic effect of calcium it only partly overcame the adverse effect of magnesium on glyphosate activity. Summarizing four experiments with various concentrations of ferri ions a regression was established revealing that for each mole of ferri ions ca. 1.7 mole of glyphosate was inactivated. Preliminary experiments with other herbicides indicated that only the activity of the salt formulations of mecoprop and MCPA were adversely affected by the presence of 0.005 M calcium in the spray solution whereas the activity of chlorsulfuron, tribenuron methyl, mecoprop bisester, phenmedipham, ioxynil + bromoxynil and glufosinat-ammonium was unaffected.*

Indledning

En række forsøg har vist, at effekten af glyphosat reduceres ved udsprøjtning i vand indeholdende divalente (f.eks calcium og magnesium) og trivalente (f.eks ferri og aluminium) ioner (1,2,3). Under danske forhold, hvor der som oftest anvendes grundvand, er det først og fremmest indholdet af calcium, der er af betydning. Indholdet af ferriioner kan dog være forholdsvis højt i private boringer. I modsætning til glyphosat foreligger der forholdsvis lidt viden vedrørende vandkvalitetens indflydelse på effekten af andre herbicider.

Ammoniumsulfat har været meget anvendt som additiv til glyphosat. Ammoniumsulfats virkemåde er ikke kendt, men blandt andet på grundlag af mikroskopiske undersøgelser af bladoverflader, er det blevet foreslået, at ammoniumsulfats effektforøgende virkning delvis skyldes calciumioner i sprøjtevæsken udfældes som calciumsulfat (gips) ved tilsætning af ammoniumsulfat (4).

Formålet med denne undersøgelse var at undersøge forskellige kationers indflydelse på effekten af glyphosat med og uden tilsætning af ammoniumsulfat, at sammenligne calciums indflydelse på to salte af glyphosat samt at undersøge calciumioners indflydelse på effekten af en række andre herbicider.

Materialer og metoder

Glyphosat forsøgene blev udført som karforsøg i væksthuse med byg som testplante. Planterne blev dyrket i 8 l kar i en jord-sand-sphagnum blanding indeholdende alle nødvendige makro- og mikronæringsstoffer. Sprøjtningerne blev udført på 4-5 bladstadiet. Der blev anvendt en Hardi 4110-14 dyse og 140 til 160 l vand/ha. Vand indeholdende calcium-, magnesium- og ferriioner blev fremstillet ved hjælp af de respektive chloridsalte. I glyphosat forsøgene blev planterne sprøjtet med en doseringsrække af isopropylamin saltet (Roundup), i det følgende også betegnet som glyphosat (5 eller 6 doseringer) enten alene eller i blanding med 0.08 M (ca. 1%) eller 0.4 M (ca. 5%) ammoniumsulfat. I et enkelt forsøg blev effekten af et isopropylamin salt og et trimesium salt af glyphosat (Touchdown) sammenlignet i henholdsvis deioniseret og calciumholdigt vand.

Endvidere blev effekten af 5 doseringer af chlorsulfuron (Glean), tribenuron-methyl (Express), mechlorprop som henholdsvis kaliumsalt og bisester, MCPA som dimethylaminsalt samt glufosinat-ammonium (Basta) undersøgt i henholdsvis deioniseret vand og vand indeholdende 0.005 M calcium. Som testplante blev anvendt gul sennep (*Sinapis alba*) undtagen med glufosinat-ammonium, hvor testplanten var byg. Ved høst ca. 3 uger efter sprøjtningen blev friskvægten bestemt. Forsøgene er opgjort ved hjælp af non-lineære regressionsanalyser.

Resultater og diskussion

Glyphosat

I forbindelse med opgørelsen af forsøgene viste det sig, at mens calciums og magnesiums indflydelse på effekten af glyphosat kunne beskrives som en parallelforskydning af doseringskurven for glyphosat i deioniseret vand, var dette ikke muligt med ferriholdigt vand (figur 1). En nærmere analyse af resultaterne viste, at hvis man undlod at logaritmere x-aksen, så var doseringskurverne for glyphosat i henholdsvis deioniseret og ferriholdigt vand parallelle. Det betyder, at mens forholdet mellem doseringer, der giver den samme effekt i henholdsvis calciumholdigt vand (z_{Ca}) og deioniseret vand (z_{deion}), kan beskrives som:

$$z_{Ca} = z_{deion}/R \quad (1)$$

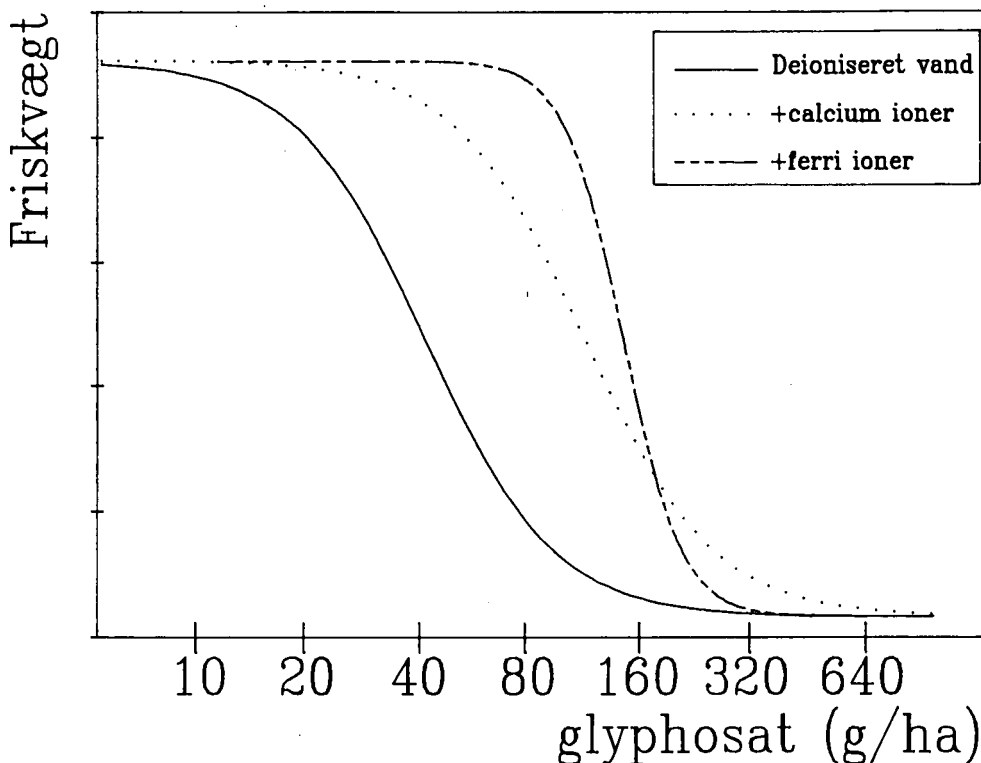
hvor R er den relative styrke, så kan forholdet mellem doseringer, der giver samme effekt i henholdsvis ferriholdigt vand (z_{Fe}) og deioniseret vand, beskrives som:

$$z_{Fe} = z_{deion} + k \quad (2)$$

hvor k er en konstant, hvis størrelse afhænger af mængden af ferriioner i sprøjtevæsken. Med andre ord betyder det, at der i calcium- og magnesiumholdigt vand kun sker en delvis inaktivering af glyphosat. Graden af denne inaktivering er uafhængig af glyphosatos doseringen. Derimod inaktiveres glyphosat fuldstændigt i ferriholdigt vand, indtil doseringen er større end k , hvorefter der ingen indflydelse er af ferriionerne på effekten. I det følgende er resultaterne fra forsøg med calcium- og magnesiumholdigt vand opgjort ved hjælp af model 1, mens

forsøg med ferriholdigt vand er opgjort ved hjælp af model 2.

I tabel 1 er vist resultaterne fra et forsøg, hvor effekten af ammoniumsulfat på stigende koncentrationer af calcium er undersøgt. Både 0.0033 M og 0.01 M calcium i sprøjtevæsken reducerede signifikant effekten af glyphosat. Ved tilsætning af ammoniumsulfat er effekten



Figur 1. Skematisk illustration af glyphosat doseringskurver i henholdsvis deioniseret vand og vand indeholdende calcium- og ferriioner.

Schematic illustration of dose-response curves for glyphosate in deionized water and in water containing calcium and ferri ions.

af calcium derimod fuldstændig neutraliseret, idet der ikke er nogen forskelle i effekt indenfor de 2 ammoniumsulfat doseringer. Opløselighedsproduktet for calciumsulfat er $2.45 \cdot 10^{-5}$. Såfremt man antager, at sulfationerne har fældet calciumionerne betyder, det, at koncentrationen af calciumioner i sprøjtevæsken er reduceret til ca. 0.00032 M (ca. 13 ppm), hvor der er tilsat 0.08 M ammoniumsulfat, og til 0.00006 M (ca. 2 ppm), hvor der er tilsat 0.4 M ammoniumsulfat. Begge koncentrationer er så lave, at man ikke ville forvente nogen reduktion i effekten af glyphosat.

En sammenligning af calciums og magnesiums indflydelse på effekten af glyphosat viste, at sammenlignet mol for mol reducerede calcium effekten mere end magnesium (tabel 2), hvilket er i overensstemmelse med tidligere resultater (5). Endvidere ses i tabel 2, at mens ammoniumsulfat fuldstændig ophævede effekten af calcium, så var der også ved tilsætning af ammoniumsulfat en signifikant dårligere effekt i magnesiumholdigt vand sammenlignet med deioniseret vand. Det forhold, at ammoniumsulfat ikke ophæver effekten af magnesium i modsætning til calcium, kan forklares med, at magnesiumsulfat i modsætning til calciumsulfat er letopløseligt i vand, dvs. der sker ingen udfældning. Det er dog bemærkelsesværdigt, at effektforøgelsen med ammoniumsulfat er større i vand indeholdende magnesium end i deioniseret vand. Den relative styrke for ammoniumsulfat i deioniseret vand var 1.22, mens den i vand indeholdende 0.0025 M og 0.005 M magnesium var henholdsvis 1.59 (1.00/0.63) og 1.94 (0.99/0.51). Resultaterne tyder altså på en vekselvirkning mellem magnesium og ammoniumsulfat, som ikke kan skyldes en udfældning.

Tabel 1. Relative styrker af glyphosat i deioniseret vand og calciumholdigt vand med og uden tilsætning af ammoniumsulfat.

Relative potencies of glyphosate in deionized water and water containing calcium with and without addition of diammonium sulfate.

| Behandling <i>Treatment</i> | Relativ styrke <i>Relativ potency</i> | 95% konfidensinterval <i>95% confidence interval</i> |
|--------------------------------|--|---|
| Deioniseret vand | 1.00 | |
| +0.08 M ammoniumsulfat | 1.40 | 1.22 - 1.59 |
| +0.4 M ammoniumsulfat | 1.51 | 1.32 - 1.70 |
| 0.0033 M calcium | 0.53 | 0.47 - 0.60 |
| +0.08 M ammoniumsulfat | 1.42 | 1.24 - 1.60 |
| +0.4 M ammoniumsulfat | 1.70 | 1.49 - 1.92 |
| 0.01 M calcium | 0.13 | 0.11 - 0.15 |
| +0.08 M ammoniumsulfat | 1.24 | 1.08 - 1.40 |
| +0.4 M ammoniumsulfat | 1.56 | 1.36 - 1.76 |

Test for lack of fit: $F_{8,92} = 1.72$

0.0033 og 0.01 M calcium svarer til henholdsvis 132 og 400 ppm.

Resultaterne i tabel 1 og 2 tyder på, at en del af ammoniumsulfats effektfremmende virkning i blanding med glyphosat skyldes dets evne til at udfælde calciumioner i sprøjtevæsken. Effekten af ammoniumsulfat må forventes at være størst, hvor der anvendes hårdt vand, og dette kan måske forklare de noget varierende resultater, der er fundet med ammoniumsulfat

i markforsøg.

Tidligere undersøgelser har vist, at hvis man reducerer væskemængden, reduceres også betydningen af calcium i sprøjtevæsken (6). Det er altså mere forholdet mellem glyphosat- og calciumioner end koncentrationen af calciumioner, der har betydning for, hvor meget effekten reduceres. Såfremt man i vores forsøg havde valgt en mindre følsom testplante, dvs. havde anvendt højere doseringer af glyphosat, så ville man sandsynligvis have set en mindre reduktion i effekten, end det var tilfældet med byg.

I tabel 3 ses resultaterne fra et forsøg, hvor indflydelsen af 0.005 M calcium på effekten af glyphosat formuleret som henholdsvis et isopropylamin salt og et trimesium salt. Der var ingen signifikant forskel i effekten af de to glyphosat salte i deioniseret vand. Derimod blev der fundet en signifikant bedre effekt af glyphosat-trimethylsulfonium end af glyphosat-trimesium i vand indeholdende 0.005 M calcium. For begge saltes vedkommende var der imidlertid tale om et signifikant effekttab.

Tabel 2. Relative styrker af glyphosat i deioniseret, calciumholdigt og magnesiumholdigt vand med og uden tilsætning af 0.08 M ammoniumsulfat.

Relative potencies of glyphosate in deionized water and water containing calcium and magnesium with and without addition of 0.08 M diammonium sulfate.

| Behandling <i>Treatment</i> | Relativ styrke <i>Relative potency</i> | 95 % konfidensinterval <i>95% confidence interval</i> |
|--------------------------------|---|--|
| Deioniseret vand | 1.00 | |
| +0.08 M ammoniumsulfat | 1.22 | 1.05 - 1.39 |
| 0.0025 M calcium | 0.52 | 0.45 - 0.59 |
| +0.08 M ammoniumsulfat | 1.17 | 1.01 - 1.33 |
| 0.005 M calcium | 0.36 | 0.31 - 0.41 |
| +0.08 M ammoniumsulfat | 1.11 | 0.96 - 1.27 |
| 0.0025 M magnesium | 0.63 | 0.54 - 0.71 |
| +0.08 M ammoniumsulfat | 1.00 | 0.86 - 1.13 |
| 0.005 M magnesium | 0.51 | 0.44 - 0.60 |
| +0.08 M ammoniumsulfat | 0.99 | 0.86 - 1.13 |

Test for lack of fit: $F_{6,103}=2.25$

0.0025 og 0.005 M calcium svarer til henholdsvis 100 og 200 ppm.

0.0025 og 0.005 M magnesium svarer til henholdsvis 73 og 145 ppm.

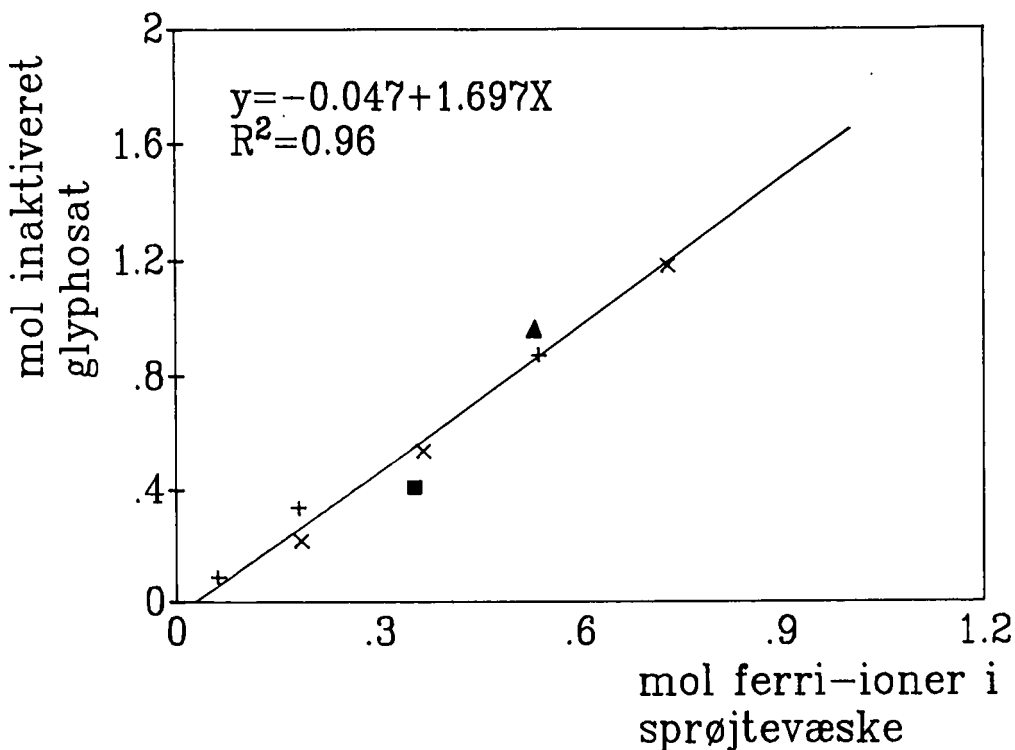
Tabel 3. Relative styrker af glyphosat-isopropylamin (IPA) og glyphosat-trimesium (TMS) i deioniseret vand og calciumholdigt vand.
Relative potencies of glyphosate-isopropylamine (IPA) and glyphosate-trimethyl-sulphonium (TMS) in deionized water and water containing calcium.

| Behandling <i>Treatment</i> | Relativ styrke <i>Relative potency</i> | 95% konfidensinterval <i>95% confidence interval</i> |
|--------------------------------|---|---|
| Glyphosat-IPA | | |
| Deioniseret vand | 1.00 | |
| 0.005 M calcium | 0.38 | 0.33 - 0.43 |
| Glyphosat-TMS | | |
| Deioniseret vand | 1.07 | 0.93 - 1.22 |
| 0.005 M calcium | 0.46 | 0.39 - 0.52 |

Test for lack of fit: $F_{7,84} = 1.98$

0.005 M calcium svarer til 200 ppm.

Som tidligere nævnt inaktiveres glyphosat tilsyneladende fuldstændigt i ferriholdigt vand indtil en vis dosering, som afhænger af mængden af ferriioner i vandet. Hvis der er tale om en ren kemisk reaktion, som er uafhængig af de øvrige forsøgsbetingelser som f.eks. klima, så burde det være muligt at beskrive mængden af inaktiveret glyphosat som en funktion af mængden af ferriioner i vandet. I figur 2 er medtaget samtlige resultater fra 4 forsøg med ferriholdigt vand. Som det fremgår af den beregnede regressionslinie, er der fundet en meget fin sammenhæng mellem mængden af ferriioner og mængden af inaktiveret glyphosat ($R^2=0.96$). Regressionslinien viser, at for hvert mol ferriioner inaktiveres der ca. 1.7 mol glyphosat.



Figur 2. Mængden af inaktiveret glyphosat som funktion af mængden af ferriioner i sprøjtevæsken. Regressionslinien er baseret på resultater fra fire forsøg (resultater fra samme forsøg har samme signatur).

The number of moles of inactivated glyphosate as a function of the number and moles of ferri ions in the spray solution. Regression line based on results from four experiments (results fra same experiments marked with the same marker).

Andre herbicider

I tabel 4 er vist resultaterne med en række herbicider udsprøjtet i vand indeholdende 0.005 M calcium. Det er kun med mechlorprop som et kalium salt og MCPA som et dimethylamin salt, at der er fundet en reduceret effekt i forhold til deioniseret vand. Imodsetning til kalium saltet af mechlorprop er der ikke fundet nogen signifikant reduktion i effekten af bisesteren. Denne forskel kan sandsynligvis forklares med, at saltene eksisterer som en anion i sprøjtevæsken og derfor er i stand til at reagere med de positiv ladede calciumioner, mens esterens er et uladet molekyle. Det er imidlertid ikke alle anioner, der reagerer med calcium. Sulfonylurea herbiciderne chloresulfuron og tribenuron methyl samt glufosinat-ammonium forekommer også som anioner i sprøjtevæsken, men alligevel er der ikke fundet nogen reduktion i effekten.

Tabel 4. Oversigt over en række herbiciders effekt i vand indeholdende 0.005 M calcium (0 = samme effekt som i deioniseret vand, - = signifikant dårligere effekt end i deioniseret vand).

Effect of herbicides in water containing 0.005 M calcium (0 = same effect as in deionized water, - = significantly lower effect than in deionized water).

| Herbicide | Effekt i vand indeholdende 0.005 M calcium |
|---|---|
| <i>Herbicide</i> | <i>Efficacy in water containing 0.005 M calcium</i> |
| Chlorsulfuron (Glean) | 0 |
| Tribenuron methyl (Ekspress) | 0 |
| Mechlorprop kalium salt (DLG M-propionat) | - |
| Mechlorprop bisester (Herbaprop ES500) | 0 |
| MCPA dimethylamin salt (Herbatox M750) | - |
| Phenmedipham (Betasana/Betanal OF) | 0 |
| Ioxynil + bromoxynil (Oxitril) | 0 |
| Glufosinat-ammonium (Basta) | 0 |

Sammendrag

En række kationers indflydelse på effekten af glyphosat blev undersøgt i karforsøg med byg som testplante. Calcium reducerede effekten af glyphosat mere end magnesium. Mens tilsætning af ammoniumsulfat ophævede effekten af calcium totalt, skete der kun en delvis ophævelse af effekten af magnesium. En regressionsanalyse baseret på resultaterne fra fire forsøg med varierende mængder af ferriioner viste, at for hvert mol ferriion blev der neutraliseret 1.7 mol glyphosat. I et forsøg med en række andre herbicider var det kun med salt formuleringerne af MCPA og mecoprop, at der blev fundet en reduceret effekt i vand indeholdende 0.005 M calcium.

Litteratur

1. Sandberg C.L., W.F. Meggitt & D. Penner. 1978. Effect of volume and calcium on glyphosate phytotoxicity. *Weed Science*, 26, 476-479.
2. Stahlman, P.W. & W.M. Philips. 1979. Effect of water quality and spray volume on glyphosate phytotoxicity. *Weed Science*, 27, 38-41.

3. *Wills F.D. & C.G. McWhorter*. 1985. Effect of inorganic salts on toxicity and translocation of glyphosate and MSMA in purple nutsedge. *Weed Science*, 33, 755-761.
4. *Nalewaja J.D. & R. Matysiak*. 1992. Diammonium effects on glyphosate phytotoxicity. *Adjuvants for Agrochemicals/Abstracts*.
5. *Nalewaja J.D. & R. Matysiak*. 1991. Salt antagonism of glyphosate. *Weed Science*, 39, 622-628.
6. *Buhler D.D. & O.C. Burnside*. 1983. Effect of water quality, carrier volume, and acid on glyphosate phytotoxicity. *Weed Science*, 31, 163-169.

Strategi mod ukrudt efter EF-reformen

Strategy against weed following the CAP-reform

Hans Kristensen

Landskontoret for Planteavl

Udkærvej 15, Skejby

8200 Århus N

Summary

Profitability of weed control will generally decline following the CAP-reform.

Nevertheless weed control must continue with reduced doses depending on actual weed species and the crop competitiveness.

In future, the specific demand for weed control must be evaluated in the broader context of actual crop rotation.

Indledning

Med EF-reformen omlægges støtten til dyrkning af korn, raps og ærter fra en produktionsstøtte til en ha-støtte. Med et fast støttebeløb pr. ha skal afgrødeprisen tilpasses verdensmarkeds-niveauet. Det betyder rundt regnet en halvering af landmandsprisen på såvel raps- og ærter som korn. Mens raps og ærter falder til nyt niveau straks, så tilpasses kornprisen over en 3-årig periode.

Så væsentlige ændringer medfører, at søgelyset rettes mod alle dyrkningsomkostninger - herunder også mod ukrudtsbekæmpelsen - for om muligt at reducere disse.

Variable omkostninger

Planteværn - herunder ukrudtsbekæmpelse - indgår sammen med gødskning og visse andre udgifter i afgrødens omkostninger til pasning, som sammen med udgifter til maskiner og arbejde giver de totale dyrkningsomkostninger.

Ved prisniveauet før EF-reformen udgjorde udgiften til planteværnsmidler i reform-afgrøderne 20-30 pct. af pasningsomkostningerne, svarende til ca. 15 pct. af de totale dyrkningsomkostninger. Efter EF-reformen fås et dårligere bytteforhold.

Hidtidig praksis

Hidtil er ukrudtsbekæmpelsen gennemført under skyldig hensyntagen til de forekommende ukrudtsarter. Resultaterne af et stort antal markforsøg med reducerede doser bliver udnyttet over det ganske land. Langt hovedparten af arealerne med korn bliver nu behandlet med nedsat dosis af midler, som er tilpasset markens forekommende ukrudt. Praksis foretrækker at reducere forbruget hen mod de politiske mål ad denne vej i stedet for at behandle ukrudt

efter økonomiske skadetærskler, som det praktiseres i flere andre lande.

EF-reformen vil næppe ændre på dette forhold, og generelt er dansk landbrug godt rustet til en yderligere dosis-tilpasning i alle kornafgrøder.

Ændret bekæmpelse fremover?

Kan en bedre strategi opstilles i lyset af EF-reformen?

En kortsigtet strategi skal medføre en effektiv og økonomisk bekæmpelse af ukrudt på det pågældende areal. En viden om de forekommende ukrudtsarter og deres betydning for afgrødens udbytte kombineret med en indsigt i aktuelle midlers formåen giver mulighed for at løse de fleste problemstillinger med et lavt input af herbicid.

Fremover skal viden om andre dyrkningsmæssige foranstaltninger (sortsvalg, udsædsmængde, såtidspunkt, gødskningsmængde og fordeling) inddrages bedst muligt, så herbicid-indsatsen kan minimeres.

En langsigtet strategi skal resultere i rene marker over alt i sædskiftet. For mange landmænd har det været målet over de seneste 30 år, og det er da også lykkedes godt på mange arealer. Hvor mængden af ukrudt er under 100 planter pr. m², skal strategien primært søge dette lave niveau fastholdt. Er ukrudtsmængden højere, bør målet fortsat være en årlig reduktion. Generelt kræves en højere effekt mod ukrudtet (= højere dosis), hvor der ønskes en fortsat reduktion i ukrudtsniveauet på det lange sigt. Derimod er det umuligt at "fastholde markrenheden" med en lavere herbicid-indsats.

Udgiften til ukrudtsbekæmpelse er meget forskellig mellem afgrøderne. I korn kan en effektiv bekæmpelse opnås med lavere omkostninger end i raps og ærter. Det bør udnyttes i den langsigtede strategi, så bekæmpelse gennemføres konsekvent i de afgrøder, hvor det er billigst med henblik på at "slippe billigere" i de afgrøder, hvor ukrudtsbekæmpelsen er dyr.

Ændrede forudsætninger?

Erfaringerne med bekæmpelse af ukrudt baserer sig på forsøg og forskning gennemført i afgrøder dyrket under *traditionelle dyrkningsforhold*. Pløjning, harvning, en tæt plantebestand og gødskning herefter har givet en god konkurrence fra afgrøden overfor ukrudtsplanterne.

Såfremt denne meget omkostningstunge del af dyrkningen ændres, får det betydning for den fremtidige ukrudtsbekæmpelse. Lavere input af udsæd og gødning vil automatisk give visse ukrudtsarter bedre forhold og må forventes at "kræve" en lidt højere herbicid-indsats. Omlægning til pløjefri dyrkning kan til gengæld nedsætte udgiften til bekæmpelse af visse tokimbladede ukrudtsarter. Nye forsøgsopgaver venter i lyset heraf.

Raps

Generelt bør afgrøderne etableres bedst muligt med henblik på at opnå en hurtigt fremspirende, passende tæt og ensartet afgrøde, som har et minimalt behov for ukrudtsbekæmpelse. I vinterraps bør en kemisk bekæmpelse målrettes mod spildkorn, agersennep samt evt. fuglegræs, valmue og kamille. I vårraps bør bekæmpelsen primært rettes mod agersennep, som kan være særdeles tabvoldende.

Ærter

I ærter vil det fortsat være rentabelt at bekæmpe tabvoldende ukrudt som agersennep, agerkål, spildplanter af raps og hvidmelet gåsefod. I andre tilfælde vil det næppe være lønsomt at gennemføre en bekæmpelse. Fugtige forhold i eftersommeren kan dog udløse behov for "høsthjælp" i form af nedvisning. Desværre er der ringe sammenhæng mellem dette behov og en evt. allerede gennemført ukrudtsbekæmpelse i foråret.

Vintersæd

Resultaterne af 3 års landsforsøg har vist, at tokimbladet ukrudt i vintersæd bør bekæmpes allerede om efteråret. Halv dosis af et effektivt middel har givet en tilstrækkelig bekæmpelse, hvor det kun undtagelsesvis var rentabelt at supplere indsatsen næste forår. Ved at udnytte denne viden kan udgiften til ukrudtsbekæmpelse tilpasses de nye forhold uden problemer. Tilsvarende resultater ventes for græsukrudt i vintersæd.

Vårbyg

Ukrudt i vårbyg bekæmpes i stort omfang med reduceret dosis allerede, men en fortsat tilpasning i lyset af de nye priser vil ske.

PC-Planteværn - ukrudt - har vist sig som et udmærket værktøj ved beregning af nødvendig dosis i vårbyg. Programmet beregner en dosis, som giver en gennemsnitlig 90 pct.'s effekt overfor det forekommende ukrudt. En revideret model, hvor dosis beregnes efter 70 pct.'s effekt har stået sin prøve i forsøg over en 4-års periode. I gennemsnit reduceres dosis med ca. 25 pct. med PC-Planteværn nu, og en programændring til 70 pct.'s niveau vil medføre en tilsvarende besparelse.

EF-reformen gør det aktuelt snarest at ændre programmet.

Sammendrag

EF-reformen medfører en ringere rentabilitet af den generelle ukrudtsbekæmpelse.

Fremover bør ukrudtsbekæmpelse fortsat ske med reduceret dosis, som tilpasses såvel ukrudtsarter som afgrødens konkurrenceevne.

Der bør i den fremtidige ukrudtsbekæmpelse anlægges en helhedsvurdering af behovet for ukrudtsbekæmpelse i relation til det aktuelle sædskifte.

Konsekvenser af revurderingen af herbicider for dansk frøavl *Impacts on Danish seed production of the herbicide reevaluation*

Niels Vestergaard Olsen

De Samvirkende Danske Frøavlerforeninger

Ledreborg Allé 104

4000 Roskilde

Summary

Danish seed production and export are expected to decline as a consequence of the herbicide reevaluation, as seed cannot be produced to match customers' demand for purity in respect of grasses and weeds. The seed trade trusts that the Department of Environmental Affairs will grant exemptions to ensure the availability of those herbicides essential for the contractual cultivation. This, on the other hand, presupposes the agrochemical companies' approval to collaborate. The seed trade wish to participate in research and development work with research institutions in order to strengthen and increase the Danish seed export.

Indledning

Resultatet af den revurdering Miljøstyrelsen iværksatte på herbicidområdet i 1987 er nu kendt. Revurderingen har i sin yderste konsekvens betydet, at ca. 50% af de i 1987 markedsførte aktivstoffer forsvinder. Enten fordi de agrokemiske firmaer ikke har ønsket eller har kunnet fremskaffe den udvidede dokumentation, der var krævet i forbindelse med revurderingen, eller fordi Miljøstyrelsen har fundet, at den fremsendte dokumentation var mangelfuld. Andre aktivstoffer er tilbagevist, fordi Miljøstyrelsen ved sin revurdering fandt, at stofferne måtte anses for "særlig farlige for sundheden eller særligt skadelige for miljøet". De fleste af de tilbagevisninger, som Miljøstyrelsen har begrundet med, at stofferne var særligt farlige for sundhed og miljø, er anket af de agrokemiske firmaer og afventer behandling i Miljøankenævnet. Endelig skal det fremhæves, at de aktivstoffer, som er blevet nyanerkendt ved revurderingen, generelt har fået en godkendelse, der er langt mere restriktiv, det vil sige, at et ukrudtsmiddel, der tidligere havde en godkendelse f. eks. lydende: "må kun anvendes til ukrudtsbekæmpelse udendørs", er de nye godkendelser karakteriseret ved, at godkendelsen kun gælder specifikke anvendelser f. eks. "må kun anvendes i vinter- og vårsæd". Denne begrænsning i anvendelsen rammer en nicheproduktion som frøavl hårdt.

Dansk frøavl i dag

Danske frøavl eksporterer ca. 90% af produktionen og har en årlig valutaindtjening på ca. 0.8 mia kr. Den overvejende del af eksporten afsættes inden for EF. Langt størstedelen af produktionen ligger på græs og kløverfrø til udsæd, denne produktion beslaglægger i disse år ca. 55-60.000 ha. Produktionen af grønsagsfrø, der er fordelt på ca. 30 arter og

blomsterfrøavl omfattende mere end 100 arter, beslaglægger henholdsvis 2.250 ha og 250 ha.

Frøavlen er helt overvejende baseret på kontraktavl, og på trods af, at avlen kun beslaglægger godt 2% af landbrugsarealet, har ca. 5.500 eller knapt 10% af landbrugerne frøavl i sædskiftet. At dansk græsfrøproduktion udgør hele 9% af verdensproduktionen skyldes dels vore gunstige klimatiske forhold og dels en lang tradition for denne produktion. Dette har givet de danske avlere en viden om dyrkningsmetoder og håndtering, der bevirker, at der kan frembringes kvaliteter, som er efterspurgt på eksportmarkederne. Skal vi fastholde og udbygge dansk frøeksport, kræver det, at vi kan udbyde frøpartier, som kvalitetsmæssigt ligger betydeligt højere end de krav, der stilles i såvel OECD's som EF's certificeringsregler. Det er specielt indhold af fremmede kulturfrø og ukrudtsfrø, der sætter kvaliteten. Godt nok kan frøpartier renses op til højere kvalitet, men det er dyrt, da der ved hver oprensning tabes kulturfrø, ligesom visse arter ikke lader sig mekanisk frærense. Dansk frøavls fremtid afhænger derfor i høj grad af, at der kan gennemføres en effektiv, målrettet ukrudtsbekæmpelse.

Revurderingens konsekvenser for den fremtidige danske frøavl

Da der i 1991 tegnede sig et billede af hvilke herbicider, der var i fare for at blive tilbagevist, nedsatte Brancheudvalget for Frø en arbejdsgruppe til at analysere konsekvenserne for frøproduktionen. Tabel 1 viser for en række af de væsentligste frøafgrøder hvilke aktivstoffer/midler, som ikke markedsføres mere, hvilke der er tilbagevist af Miljøstyrelsen, men hvor afgørelsen er anket og derfor stadig kan købes, samt hvilke midler der er til rådighed i fremtiden. Som det ses af tabellen, vil der være store problemer for produktionen af rød- og hvidkløver samt spinat og valmue. Men også for de øvrige arter vil mulighederne for en målrettet ukrudtsbekæmpelse overfor specielle ukrudtsarter forsvinde eller begrænses, hvis Miljøankenævnet følger Miljøstyrelsens indstilling til bortvisning af midlerne Bentazon, Ioxyniler og Diquat. For grønsags- og blomsterfrøavlen er situationen endnu mere kritisk, da det vil være yderst tvivlsomt, om de agrokemiske firmaer vil søge om godkendelse af midler til så små afgrøder.

De konsekvenser, der tegner sig af revurderingen, vil bevirke et alvorligt tilbageskridt for dansk frøavl. Ikke blot vil enkelte kulturer blive umulige at producere i kvaliteter, der kan afsættes, men også for de kulturer, hvor der stadigt findes midler, vil det indskrænkede sortiment betyde, at der vil ske kvalitetsforringelse i form af større indhold af ukrudt og fremmede arter.

Tabel 1. Situationen for avl af en række vigtige frøafgrøder efter revurderingen af herbicider.

Withdrawn appealed and possible alternative herbicides for a range of seed cultures, following the herbicide reevaluation.

| Afgrøder | Udgåede midler | Bortviste men ankede midler | Ukrudtsmidler, der muligvis vil kunne udvikles til en fremtidig anvendelse |
|-------------------------------------|----------------------------|---------------------------------|--|
| Korn m. udlæg af rød- og hvidkløver | Dinoseb MCPB | Bentazon | Ingen (Harmony) (MCPA) |
| Korn m. udlæg af græsfrø | Faneron | Ioxynil Bromoxynil | Samme som i korn u. udlæg. Dog ikke jord- midler og mini-midler |
| Rød- og hvidkløver til frø | Dinoseb MCPB | Bentazon Diquat | Ingen (Harmony) (MCPA) (Roundup) |
| Frøgræs til frø | CIPC Sinbar | Ioxynil Bromoxynil Diquat | Mechlorprop MCPA Herbalon (Starane-Mixer) (Matrignon) Tribunil Fusilade-X-Tra Gallant |
| Ærter | Dinoseb MCPB | Cyanazin Bentazon | Stomp MCPA Linuron (Treflan) Fusilade-X-Tra (Gallant) |
| Raps | Lasso Teridox Ramrod | Cyanazin Lontranil | Matrignon Kerb Carbetamex Treflan Fusilade-X-Tra Gallant |
| Spinat | Venzar CIPC Asulox | | Ingen (Asulox) |
| Valmuer | | Diquat | Ingen |

Vejen frem

Skal vi fastholde eller øge vores eksport af frø til udsæd, kræves der for det første dispensation til at anvende de nødvendige herbicider, og for det andet en genoptagelse af det forsknings- og udviklingsarbejde på ukrudtsområdet, som kan bevirke et yderligere løft af frøkvaliteten. Det kræver en målrettet og smidig indsats fra såvel Miljøstyrelsen som de agrokemiske firmaer og forsøgsvirksomheden. Da frøavl ikke er en produktion, der går fra jord til bord men fra jord til jord, og da avlen arealmæssigt er af en størrelse på få procent af landbrugsarealet, håber frøbranchen, at det vil lykkes at fremskaffe tilladelser til at anvende de for frøproduktionen nødvendige herbicider. I Miljøstyrelsen pågår forhandlinger om "kontraktmodellen". Ideen i kontraktmodellen er, at frøfirmaet via sin kontrakt med en avler kan udlevere det eller de nødvendige midler i en mængde, der er afpasset det kontrakttegnede areal.

En sådan model forudsætter ud over en dispensation fra Miljøstyrelsen, at de agrokemiske firmaer vil hjemtage og distribuere herbicider i små mængder til frøfirmaerne. Desuden at disse overfor Miljøstyrelsen kan dokumentere, at midlerne er anvendt til den givne frøproduktion. Frøbranchen sætter sin lid til, at "Kontraktmodellen" bliver en realitet og håber på, at en engageret kemisk branche vil indgå i forhandlinger med Miljøstyrelsen, således at de nødvendige herbicider snarest kan stilles til rådighed for frøavlerne.

Den anden forudsætning for, at danske frøavl kan fastholde sin position på markedet, er, at der iværksættes ny forskning på området. Tidligere udførte Afdeling for Ukrudtsbekæmpelse i Flakkebjerg et stort arbejde med at udvikle nye strategier for ukrudtsbekæmpelse af såvel græsukrudt som tokimbladet ukrudt i en lang række frøkulturer. Dette forskningsarbejde er nærmest ophørt, men et forsknings- og udviklingsarbejde målrettet mod at sikre frøvarens renhed vil potentielt betyde mulighed for erobring af yderligere markedsandele. Frøbranchen ønsker derfor nye modeller for finansiering og forskningssamarbejde.

Sammendrag

Konsekvenserne af revurderingen af herbicider vil være, at danske frøavl og frøeksport vil falde, da der ikke fortsat vil kunne produceres frøpartier, der kvalitetsmæssigt lever op til købernes krav om renhed med hensyn til indhold af fremmede græsser og ukrudt. Frøbranchen håber, at der via dispensation fra Miljøstyrelsen kan sikres erhvervet de til kontraktavlen nødvendige herbicider. Dette forudsætter en velvillig medvirken fra de agrokemiske firmaer. Frøbranchen ønsker ligeledes at indgå i et koordineret forsknings- og udviklingssamarbejde med forsøgsvirksomheden for at kunne styrke og øge den danske frøeksport.

"Puma Super[®]" et safenerbaseret herbicid

"Puma Super[®]" a safener based herbicide

C.E. Hørlyk

Hoechst Danmark A/S

Islevdalvej 110

2610 Rødovre

Summary

Puma Super with the active ingredient Fenoxaprop-P-ethyl is a new selective herbicide developed by Hoechst AG, Frankfurt.

Fenoxaprop-P-ethyl - the optical active isomer of the racemate Fenoxaprop-ethyl - combats a number of different grass weeds in mono- and dicotyledonous crops.

To obtain a sufficient selectivity in monocotyledonous crops it is necessary to add a so-called formulation subsidiary, a safener.

*Such a safener, Hoe 70542, Fenchlorazole-ethyl has been developed by Hoechst AG, Frankfurt since the mid-eighties. Hoe 70542 gives an increased tolerance in cultures such as wheat (*Triticum aestivum*), rye (*Secale cereale*) and triticale.*

Indledning

Puma Super med aktivstoffet Fenoxaprop-P-ethyl, som er den optisk aktive isomer af racematet Fenoxaprop-ethyl, er et nyt selektivt, systemisk bladherbicid opdaget og udviklet af Hoechst AG, Frankfurt. Fenoxaprop-P-ethyl bekæmper en række græsukrudsarter. Aktuelt for Danmark er agerrævehale (*Alopecurus myosuroides*), vindaks (*Apera spica-venti*) og flyvehavre (*Avena fatua*) i en- og tokimbladede afgrøder.

For at øge tolerancen i de enkimbladede afgrøder anvender man et hjælpeformuleringsstof, en såkaldt safener.

Hoechst AG, Frankfurt har udviklet en safener, Hoe 70542 Fenchlorazole-ethyl, som øger tolerancen i afgrøderne hvede (*Triticum aestivum*), rug (*Secale cereale*) og triticale.

Puma Super er godkendt i følgende europæiske lande: Frankrig, Belgien, Holland, England og Finland. Det er endnu ikke godkendt i Danmark.

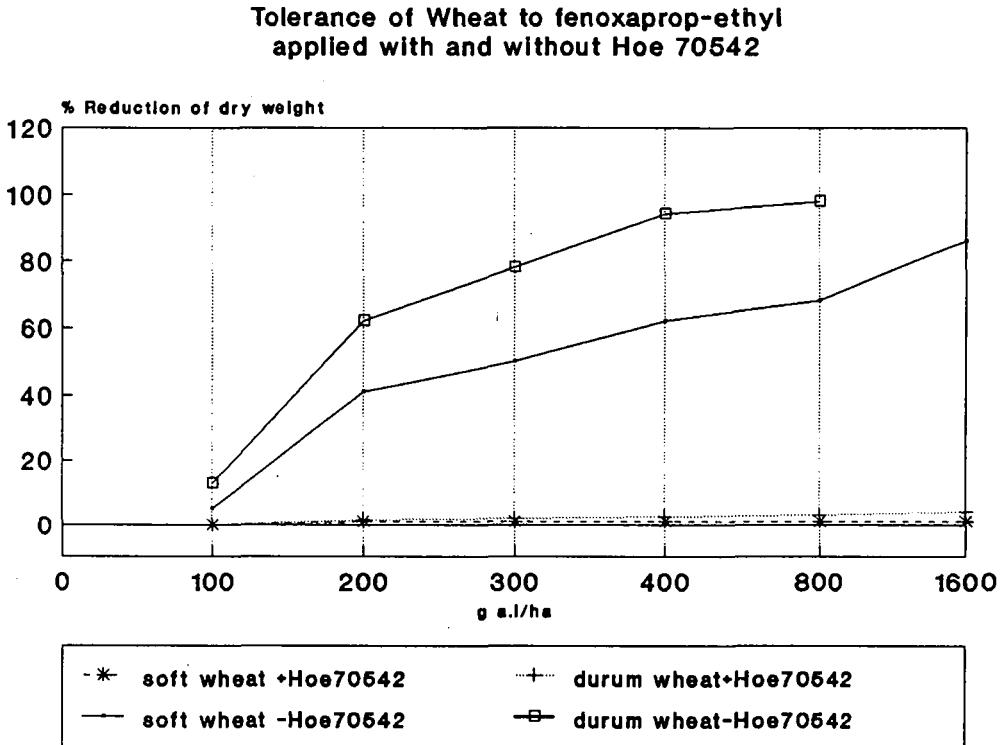
Beskrivelse

Hoe 70542 giver en øget tolerance i hvede, rug og triticale, men ikke i vår- og vinterbyg.

Det skyldes safenerens specificitet i henholdsvis hvede, rug og triticale. Safeneren arbejder sammen med kulturplanternes naturlige evne til at nedbryde et kemisk stof.

Hoe 70542 accelererer den metaboliske nedbrydning af Fenoxaprop-P-ethyl, som fører til en hurtigere dannelse af non-phytotoksiske nedbrydningsstoffer.

Hvor meget tilsætningen af Hoe 70542 betyder for tolerancen ses af figur 1.



Figur 1. Tolerancen af hvede behandlet med Fenoxaprop-ethyl med og uden Hoe 70542.
Tolerance of wheat to fenoxaprop-ethyl applied with and without Hoe 70542.

Figur 1 viser Fenoxaprop-ethyl udsprøjtet i marken under ukrudtsfrie betingelser i normal dosering (180 g a.i./ha) og i dobbelt dosering (360 g a.i./ha) med og uden Hoe 70542.

Som det ses af figuren, giver Hoe 70542 en særdeles god beskyttelse af hveden.

Resultater af visuel bedømmelse og udbytte har også klart vist, at selv under dårlige betingelser for afgrøden (sen sprøjtning m.m.) har Hoe 70542 beskyttet afgrøden mod skader (Huff et al., 1989). I adskillige forsøg udført i forskellige hvedesorter og under forskellige jord- og klimatiske forhold er der ikke rapporteret om udbyttereduktioner af Fenoxaprop-ethyl plus Hoe 70542.

Det har i forsøg ikke været muligt at konstatere nogen herbicid-effekt af Hoe 70542, ligesom der heller ikke har kunne konstateres nogen forskel i effekten af Fenoxaprop-ethyl med og uden Hoe 70542.

Der har heller ikke været forskel i effekten af racematet Fenoxaprop-ethyl og isomeren Fenoxaprop-P-ethyl, når de er tilsat Hoe 70542.

Puma Super

Puma Super forventes registreret i Danmark i 1993 og vil herefter blive markedsført af Hoechst Danmark A/S.

Virkemekanisme

Det aktive stof i Puma Super, Fenoxaprop-P-ethyl, bliver optaget af de grønne plantedele og transporteret til vækstpunkterne ved basis af blade, stængler og rødder. Den bedste og hurtigste effekt opnås derfor, når sprøjtevæsken placeres så tæt ved vækstpunkterne som muligt. Vær derfor omhyggelig med sprøjeteknikken.

Så snart ukrudtsplanten har optaget Fenoxaprop-P-ethyl, omdannes det til den frie D+-syre Fenoxaprop, som hæmmer biosyntesen af fedtsyrer. Dette forhindrer dannelse af cellemembraner i vækstpunkterne og fører til ukrudtsplantens død.

Hæmningen af fedtsyre-biosyntesen fører også til andre ændringer i ukrudtsplanten, som f.eks. en reduktion af klorofyl-indholdet, en stigning af opløseligt sukker og frie aminosyrer i stænglen af ukrudtsplanten.

Toksiske egenskaber

Akut oral toksicitet

Ved engangsudlevering af det aktive stof fremkom følgende gennemsnitlige letale dosis, LD₅₀.

Acute orale toxicity

By a single delivery of the active ingredient the following average lethal dosage, LD₅₀ occurred.

| LD ₅₀ | mg/kg legemsvægt |
|------------------|------------------|
| Rotter, hankøn | 3.040 |
| hunkøn | 2.090 |
| Mus, hankøn | > 5.000 |
| hunkøn | > 5.000 |

Akut dermal-toksicitet

Ved engangstilvejebringelse af det tekniske aktivstof på rotters barberede hud fremkom følgende letale dosis.

Acute skin toxicity

By a single procurement of the active ingredient on the shaved skin of rats the following lethal dosage occurred.

| <u>LD₅₀</u> | <u>mg/kg legemsvægt</u> |
|------------------------|-------------------------|
| Rotter, hankøn | > 2.000 |
| hunkøn | > 2.000 |

Akut inhalations-toksicitet

Rotters inhalation af det aktive stof gav følgende resultat.

Acute inhalation toxicity

The inhalation of the active ingredient by rats gave the following result.

| <u>LC₅₀, 4 timer</u> | <u>mg/l luft</u> |
|---------------------------------|------------------|
| Rotte, han- og hunkøn | > 0,604 |

Kronisk toksicitet

Chronical toxicity

| | |
|----------------------------|------------------------|
| Rotte, 24 måneders fodring | NOEL: 30 ppm i foderet |
| Mus, 18 måneders fodring | NOEL: 40 ppm i foderet |
| Hund, 12 måneders fodring | NOEL: 75 ppm i foderet |
| Hund, 24 måneders fodring | NOEL: 15 ppm i foderet |

Akut oral toksicitet - fugle
Acute orale toxicity - birds

| | LD ₅₀ mg/kg legemsvægt | LDL ₀ |
|---|--------------------------------------|------------------|
| Japanske vagtler (<i>Coturnix coturnix</i>) | ca. 2.000 | 1.000 |
| Virginske vagtler (<i>Colinus virginianus</i>) | > 2.000 | 2.000 |
| Stokand (<i>Anas platyrhynchos</i>) | > 2.000 | 2.000 |
| Agerhøne (<i>Perdix perdix</i>) | ca. 2.000 | 2.000 |

Puma anvendelse

Puma Super skal indsættes i hvede og rug til bekæmpelse af agerrævehale (*Alopecurus myosuroides*), vindaks (*Apera spica-venti*) og flyvehavre (*Avena fatua*).

Effekten af Puma Super er særdeles god, hvilket fremgår af tabel 1.

Tabel 1. Effekt af Puma Super.
Efficacy of Puma Super.

| Ukrudtsart | Dosering g a.i./ha | % effekt |
|--------------|--------------------|----------|
| Agerrævehale | 20 | 92 |
| | 37,5 | 95 |
| | 75 | 100 |
| Vindaks | 20 | 76 |
| | 37,5 | 81 |
| | 75 | 94 |
| Flyvehavre | 15 | 60 |
| | 30 | 91 |
| | 60 | 99 |

Tolerancen af Puma Super er også særdeles god. Det fremgår af tabel 2.

Tabel 2. Tolerance af Puma Super.
Tolerance of Puma Super.

| Afgroede | Dosering g a.i./ha | Kulturskade Dage efter behandling | |
|------------|--------------------|--------------------------------------|----|
| | | 30 | 60 |
| Ubehandlet | | | |
| Hvede | 75 | 0 | 0 |
| | 150 | 3 | 0 |
| Rug | 75 | 0 | 0 |
| | 150 | 2 | 0 |

Puma Super skal ikke afløse de på markedet værende græsukrudtsmidler, men supplere dem.

Puma Super indsættes under følgende forhold:

- knoldet ubekvemt såbed
- for tørt
- for vådt
- dyb fremspiring
- mange stubrester samt organisk materiale
- problemer med IPU-tolerance / effekt

Puma Super kan anvendes efterår såvel som forår i doseringer fra

60 g a.i./ha (0,8 l) til 90 g a.i./ha (1,2 l)

Hvornår og hvor meget fremgår af tabel 3.

Puma Super tilsættes altid spredklæbemidlet Isoblette med 0,2 l/ha.

Da Puma Super ikke har effekt på enårig rapgræs (*Poa annua*), vil det, hvor den optræder sammen med de andre nævnte ukrudtsarter, være nødvendigt at blande med IPU, se tabel 3.

Tabel 3. Anvendelsestidspunkt og dosering af Puma Super.
Time of application and dosage of Puma Super.

| Dosering | Efterår | Forår | | |
|---------------------------------|--------------|---------------|-------------|------------|
| | | Tidlig 1/4 | Sen 15/4 | 1/5 |
| Agerrøvehale | 0,8 | 1,0 1,0 | | 1,0 1,2 |
| Vindaks | 0,8 | | | |
| Flyvehavre | - | | 0,8-1,0 | |
| Ovenstående + enårig rapgræs | 0,5+* 1,2 | 0,6+* 1,2 | | |

* Puma Super 75 EW + Arelon fl. E.

Til bekæmpelse af bredbladet ukrudt kan Puma Super blandes med følgende midler; Stomp, Starane Mixer, Ariane S, Mylone Power, Ioxynil/Bromoxynil-produkter, Expres og Mechlorprop på ester-basis.

Sammendrag

Puma Super er et i Hoechst-regi kaldet High Chem-produkt og dermed et spring ind i fremtiden, idet der er benyttet nogle helt nye teknikker, bl.a. tilsætninger af hjælpeformuleringsstoffet Hoe 70542.

Med Puma Super har man et produkt med en høj effekt på nogle ukrudtsarter, der kan volde bekæmpelsesmæssige problemer. Samtidig har man et produkt med en høj afgrødetolerance, og man er fri af nogle af de problemer, der kan være med de kendte græsukrudtsmidler, som alle er jordherbicider.

Puma Super kan p.t. kun anvendes i hvede og rug samt triticale, men under udvikling er en safener til byg, og når den er klar, vil produktet blive markedsført til bekæmpelse af flyvehavre i vårbyg.

Litteratur

1. Dr. Ernst, Friedrich Schulze. Biologische Forschung Hoechst AG. Hoechst Presse-Information 1989.
2. H. Bierringer, K. Bauer, E. Hocker, G. Heulbach, K.H. Leist, E. Ebert. Hoe 70542 - A new Molecule for use in Combination with Fenoxaprop-ethyl allowing Selective Post Emergence Grass Weed Control in Wheat. Brighton Crop Protection Conference - Weeds - 1989.

Boxer^R - et nyt herbicid mod græsukrudt og burre-snerre i vintersæd og kartofler

Boxer^R - a new herbicide against grassweeds and cleavers (Galium aparine) in winter crops and potatoes

Henning Jensen

ICI Agro

Islands Brygge

2300 København S

Summary

Prosulfocarb (Boxer) is a new herbicide against weeds in winter cereals in autumn, and weeds in potatoes before sprouting.

The herbicide has shown very good efficacy against annual meadowgrass (Poa annua), silky bentgrass (Apera spica-venti) and several dicotylenous weeds, including cleavers (Galium aparine).

The site of action of prosulfocarb is the meristem of germinating weed seedlings or foliage. The biochemical mode of action is believed to be inhibition of lipid synthesis.

Prosulfocarb (Boxer) is very lenient towards the crop, and due to very short persistence no restrictions have been made in connection with the choice of the following crop.

Indledning

Prosulfocarb (Boxer) er et nyt ukrudtsmiddel fra ICI Agro, udviklet af Stauffer og ICI, til brug i vintersæd og kartofler. Produktet bekæmper et stort udvalg af bredbladet ukrudt og græsukrudt både før og efter fremspiring. Prosulfocarb (Boxer) er især virksom overfor burre-snerre (*Galium aparine*), men har også stor effekt overfor fuglegræs (*Stellaria media*), ærenpris (*Veronica spp.*), rød tvetand (*Lamium purpureum*), ager-rævehale (*Alopecurus myosuroides*), vindaks (*Apera spica-venti*) og enårig rapgræs (*Poa annua*).

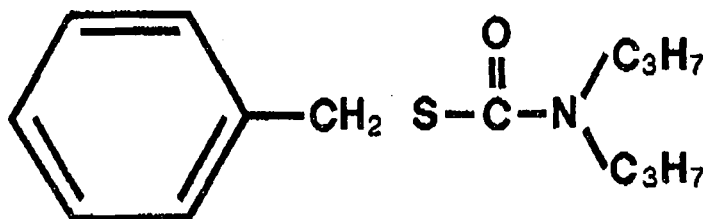
Prosulfocarb (Boxer) er registreret i Frankrig, Tyskland, Belgien, Holland og Sverige. Produktet er endnu ikke godkendt af Miljøstyrelsen til brug i Danmark.

Kemiske og fysiske data

| | |
|---------------------|-------------------------------|
| Handels navn: | Boxer ^R |
| Formuleringstype: | EC (Emulsifiable concentrate) |
| Indhold, aktivstof: | Prosulfocarb 800 g/l |

Aktivstof

| | |
|-----------------|-------------------------------------|
| Kemisk navn: | S-benzyl dipropylthiocarbamate |
| Molekylformel: | C ₁₄ H ₂₁ NOS |
| Molekylvægt: | 251,39 |
| Strukturformel: | |



| | |
|----------------|---|
| Tilstandsform: | Klar gulbrun væske |
| Opløselighed: | Blandbar i en række organiske opløsningsmidler. Opløselighed i vand 13 mg/l. |
| Damptryk: | 6,9 mPa ved 25°C |

Toksikologi

Prosulfocarb (Boxer) er et veldokumenteret produkt med en lav giftighed, hvilket fremgår af følgende værdier (udtrykt som LD₅₀ i mg/kg legemsvægt):

| Art | Metode | Boxer LD ₅₀ | Prosulfocarb LD ₅₀ |
|---------|--------|---------------------------|----------------------------------|
| ♂ Rotte | Oral | 3800 | 1800 |
| ♀ Rotte | Oral | 4000 | 1950 |
| Kanin | Dermal | >4000 | >2000 |

Prosulfocarb er moderat hud- og øjenirriterende. Prosulfocarb er ikke allergi fremkaldende.

Der er hverken observeret betænkelige effekter i subkroniske og kroniske toksicitetsstudier eller i reproduktionsstudier. Undersøgelser for mutagenicitet viste ligeledes ingen effekt.

Restkoncentrationsindholdet i vintersæd og kartofler er <0,01 mg/kg.

Økotoksikologi

Aktivstoffets miljømæssige påvirkning er blevet grundigt undersøgt. Prosulfocarb (Boxer) har lav giftighed overfor fugle, bier og regnorme, og er moderat giftig overfor fisk og alger.

I jorden påvirker det aktive stof ikke mikrobiel nedbrydning af organisk stof (respiration), asymbiotisk N-fiksering, nitrifikation eller ammonifikation. Nedbrydningen af det virksomme stof foregår primært ved mikrobiel aktivitet, halveringstiden ($T_{1/2}$) er 13-35 dage. Bevægeligheden af prosulfocarb i jorden er meget begrænset pga. stærk binding til jord.

Virkningsmekanisme

Prosulfocarb tilhører gruppen af thiocarbamater, og har effekt overfor såvel spirende som nyfremspirede ukrudtsplanter. I modsætning til andre thiocarbamater, har prosulfocarb (Boxer) et lavt damptryk (5,9 mPa i sammenligning med 4,5 Pa for EPTC), og skal derfor ikke nedharves.

Prosulfocarbs virkning som jordmiddel sker ved optagelse i meristemmet i ukrudtsplanternes kimstængel, mens prosulfocarb's virkning som bladmiddel, sker ved optagelse i bladene, og efterfølgende transport til bladenes meristem. Den præcise biokemiske aktivitet i meristemmet kendes ikke fuldt ud, men prosulfocarb blokerer formodentligt lipid syntesen, hvilket resulterer i membran-ændringer og efterfølgende ødelæggelse af vitale celleprocesser.

Effektivitet

Prosulfocarbs egenskaber som ukrudtsmiddel er undersøgt i de nordeuropæiske lande, hvor talrige markforsøg ligger til grund for dokumentationen for produktets ukrudtsvirkning og selektivitet.

I Danmark er prosulfocarb (Boxer) afprøvet ved Planteværnscentret, Afdeling for Ukrudtsbekæmpelse, samt i interne forsøg hos ICI Agro.

Vinterhvede, -byg og -rug

Selektivitet

Prosulfocarb er selektiv i vinterhvede (*Triticum aestivum*), vinterbyg (*Hordeum vulgare*) og rug (*Secale cereale*), samt kartofler (*Solanum tuberosum*).

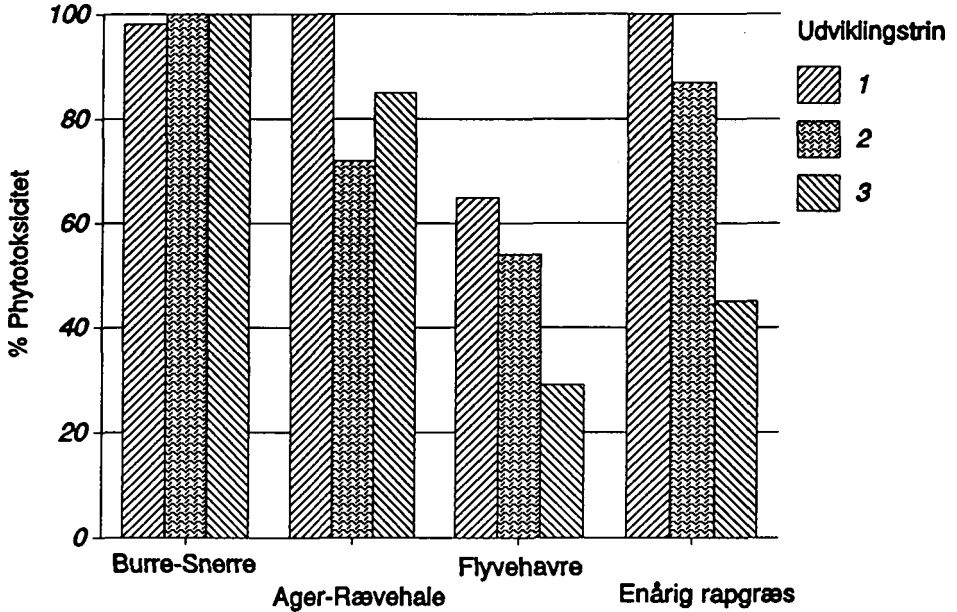
Selektiviteten i korn beror på en "dybdebeskyttelse" af det spirende korn, idet kornplantens meristem ikke kommer i berøring med produktet ved normal sådybde.

Også efter vintersædens fremspiring er prosulfocarb selektiv.

Anvendelsestidspunkt i vintersæd

Prosulfocarb kan anvendes såvel før som efter vintersædens fremspiring. Det bedste anvendelsestidspunkt er under ukrudtets fremspiring, hvilket normalt svarer til, at kornet netop er spiret frem, og indtil afgrøden har to blade (Zd. st 10-12).

Virkningen af prosulfocarb på en- og tokimbladet ukrudt er størst frem til ukrudtet har et blivende blad. Burre-snerre (*Galium aparine*) bliver dog bekæmpet effektivt frem til 2-kranstadium. Indflydelsen af ukrudtets størrelse på effekten af prosulfocarb fremgår af figur 1.

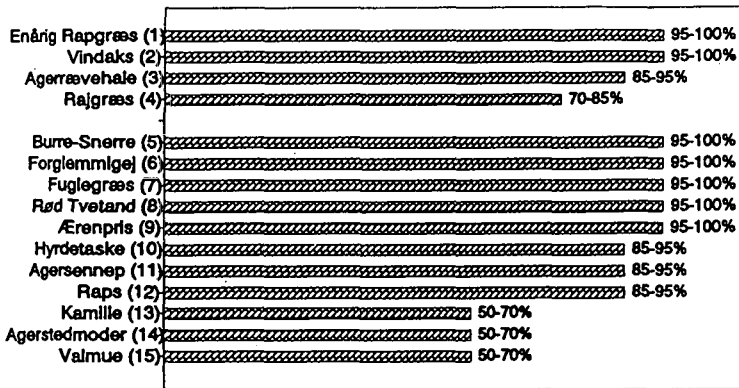


| | Udviklingstrin | | |
|---|-----------------|-------------------------|-------------|
| | 1 | 2 | 3 |
| Burre-Snerre (<i>G. aparine</i>) | kimbl. - 1.blad | 1. kranse | 2-4 kranse |
| Ager-Rævehale (<i>A. myosuroides</i>) | max. 1 blad | 2-3 blade | buskning |
| Flyvehavre (<i>Avena fatua</i>) | max. 1 blad | 5 blade - beg. buskning | 2-4 sidesk. |
| Enårig rapgræs (<i>P. annua</i>) | max. 1 blad | 2-3 blade | buskning |

Figur 1. Effekt af ukrudtets udviklingstrin på prosulfocarb (Boxer) virkning, ved dosering på 3 kg ai/ha (Glasgow et al. 1987).
Effect of weed growth stage on prosulfocarb (Boxer) efficacy when applied pre-emergence at 3 kg ai/ha.

Enkimbladet ukrudt

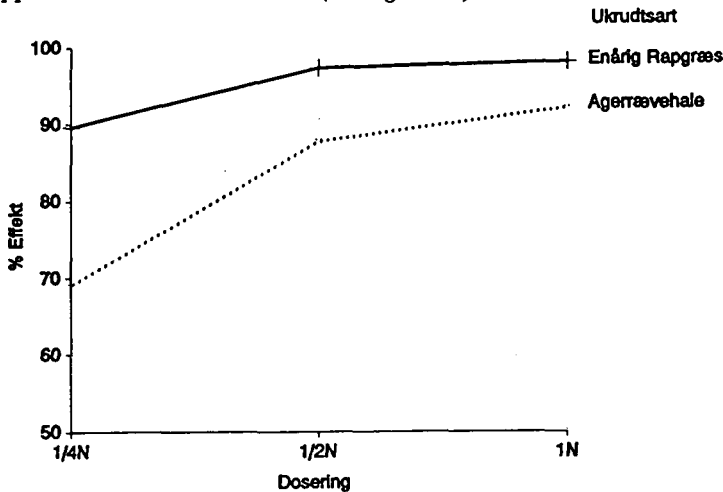
Prosulfocarb giver en effektiv bekæmpelse af en række græsukrudsarter i vintersæd. Af figur 2 fremgår det, at midlet har en meget god virkning mod bl.a. enårig rapgræs (*P. annua*) og vindaks (*A. spica venti*). Virkningen mod ager-rævehale (*A. myosuroides*) er generelt god, med kan være utilstrækkelig ved høj infestation eller ved fremspiring over en lang periode. Virkningen mod rajgræs (*Lolium ssp*) er moderat.



(1): *P. annua*; (2): *A. spica-venti*; (3): *A. myosuroides*; (4): *Lolium spp.*; (5): *G. aparine*; (6): *M. arvensis*; (7): *S. media*; (8): *L. purpureum*; (9): *Veronica spp.*; (10) *C. bursa-pastoris*; (11): *S. arvensis*; (12): *B. napus*; (13): *Matricaria spp.*; (14): *V. arvensis*; (15): *Papaver spp.*

Figur 2. Virkning af prosulfocarb (Boxer) mod ukrudt i vintersæd ved normaldosering (3.2 kg ai/ha).

The effect of prosulfocarb (Boxer) against weeds in winter cereals, when applied at standard dose rate (3.2 kg ai/ha).



Figur 3. Effekten af prosulfocarb (Boxer) mod enårig rapgræs (*P. annua*) og agerævehale (*A. myosuroides*) i vintersæd udsprøjtet før fremspiring i 1/4N, 1/2N og 1N dosis (N=3,2 kg ai/ha). Gennemsnit af 5 forsøg for enårig rapgræs og 3 forsøg for agerævehale. Statens Planteavlsvforsøg 1991 & 1992, ICI Agro 1990 & 1991.

The effect of prosulfocarb against Poa annua and Alopecurus myosuroides in winter cereals, when applied pre-emergence at 1/4N, 1/2N and 1N rate (N=3,2 kg ai/ha). Average of 5 trials with Poa and 3 trials with Alopecurus.

Afprøvning af prosulfocarb i reducerede doser bl.a. ved Statens Planteavlsvforsøg har vist høj bekæmpelse af enårig rapgræs (*P. annua*) og vindaks (*A. spica-venti*) også i 1/2 og 1/4 dosering, mens virkningen mod agerrævehale (*A. myosuroides*) var faldende ved reduceret dosis (figur 3).

Tokimbladet ukrudt

Prosulfocarb (Boxer) bekæmper effektivt en række tokimbladede ukrudtsarter, der hyppigt optræder i vintersæd. Virkningen mod de enkelte ukrudtsarter fremgår af figur 2. Det ses, at virkningen er meget god mod bl.a. fuglegræs (*S. media*), ærenpris (*Veronica spp.*), forglemmigej (*M. arvensis*), hyrdetaske (*C. bursa-pastoris*).

Derimod er virkningen mod ukrudtsarter som bl.a. kamille (*Matricaria spp.*), agerstedmoder (*V. arvensis*) og valmue (*Papaver spp.*) utilstrækkelig. Hvor disse ukrudtsarter udgør et problem, vil det være nødvendigt at kombinere prosulfocarb med andre ukrudtsmidler. Eksempelvis som sekvenssprøjtning med Ally^R anvendt om foråret.

Burre-Snerre (*Galium aparine*)

Burre-snerre er et tiltagende problem i takt med den øgede vintersædsdyrkning.

Omfattende forsøgsafprøvning har dokumenteret en god effekt af prosulfocarb (Boxer) mod dette problemukrudt.

Fra 1983-1987 blev der i England, Frankrig og Tyskland udført ca. 350 forsøg i vintersæd af hvede, byg og rug, hvor burre-snerre forekom i langt de fleste af forsøgene. Mængden af burre-snerre var i flertallet af forsøgene mellem 5 og 30 pr. m², men tætheder over 100 burre-snerre pr. m² blev talt i flere forsøg.

Resultatet af det omfattende forsøgsarbejde var, at doseringer af prosulfocarb på 3-4 kg ai/ha gav 91-99% bekæmpelse af burre-snerre. Forsøgene viste ligeledes, at bekæmpelsen var effektiv såvel før som efter fremspiring (Mathews et al., 1987).

Virkningen af prosulfocarb på burre-snerre udvikler sig langsomt. Ofte spirer burre-snerreplanter frem, men planterne mørkfarves og dør senere. Generelt gav optælling om foråret højere bekæmpelse sammenlignet med efterårsoptælling.

I tabel 1 ses resultatet af 2 officielle svenske forsøg mod burre-snerre og vindaks i vinterhvede.

Tabel 1. Bekæmpelse af burre-snerre (*G. aparine*) og vindaks (*A. spica-venti*) i vinterhvede. Alle midler er udsprøjtet før fremspiring. Gennemsnit af 2 forsøg. Sveriges Landbrugsuniversitet 1989.

Control of Galium aparine and Apera spica-venti in winter wheat. All treatments applied pre-emergence. Average of 2 trials. Swedish University of Agricultural Science 1989.

| Middel | Dosering g ai/ha | Burre-Snerre g/m ² | (eff.) | Vindaks g/m ² | (rel.) | Udbytte kg/ha | (rel.) |
|---------------|---------------------|----------------------------------|--------|-----------------------------|--------|------------------|--------|
| Ubehandlet | - | 53 | (0) | 40 | (0) | 7215 | (100) |
| Isoproturon | 1750 | 87 | (0) | 0 | (100) | 7675 | (106) |
| Prosulfocarb | 2400 | 0 | (100) | 0 | (100) | 7995 | (111) |
| Prosulfocarb | 3200 | 2 | (96) | 0 | (100) | 7945 | (110) |
| Pendimethalin | 1980 | 6 | (89) | 0 | (100) | 7875 | (109) |

Kartofler

Prosulfocarb (Boxer) er selektiv i kartofler (*Solanum tuberosum*) og åbner dermed mulighed for bekæmpelse af vanskelige ukrudtsarter, som f.eks. burre-snerre (*G. aparine*), enårig rapgræs (*P. annua*) og sort natskygge (*Solanum nigrum*).

Virkingen af prosulfocarb mod forskellige ukrudtsarter i kartofler fremgår af tabel 2.

Tabel 2. Virkning af prosulfocarb (3-4 kg ai/ha) mod forskellige ukrudtsarter i kartofler.

The effect of prosulfocarb (3-4 kg ai/ha) against different weed species in potatoes.

| Ukrudtsart | Effekt |
|--|------------------------------|
| Burre-Snerre (<i>G. aparine</i>) Sort Natskygge (<i>S. nigrum</i>) Enårig Rapgræs (<i>P. annua</i>) Lægejordrøg (<i>Fumaria officinale</i>) Hanekro (<i>Galeopsis tetrahit</i>) Tvetand (<i>Lamium spp.</i>) Agersennep (<i>Sinapsis arvensis</i>) | God - meget god (90-100%) |
| Hvidmelet gåsefod (<i>Chenopodium album</i>) Pileurt (<i>Polygonum spp.</i>) Svinemælde (<i>Atriplex patula</i>) | Moderat - god (70-90%) |
| Kamille (<i>Matricaria spp.</i>) Agerstedmoder (<i>V. arvensis</i>) | Dårlig (< 70%) |

Af tabel 2 fremgår, at prosulfocarbs virkning ikke dækker det totale ukrudtsspektrum i

kartofler. Dermed vil der ofte være behov for tankblanding med jordmiddel eller svidningsmiddel ved anvendelse af prosulfocarb i kartofler.

Anvendelsestidspunkt

I kartofler er der ikke set phytotoksiske effekter ved udsprøjtning frem til kartoflernes fremspiring. Optimalt tidspunkt for anvendelse af prosulfocarb er derfor umiddelbart før kartoflerne spirer frem.

I forsøg med udsprøjtning efter kartoflernes fremspiring er der observeret forbigående bladdeforitet, uden det dog har medført reduceret udbytte eller skade på knoldene.

I Tyskland og Sverige anbefales prosulfocarb dog indtil videre kun før fremspiring af kartoflerne.

Efterfølgende afgrøde

Prosulfocarbs korte persistens i jord giver nogle åbenlyse fordele for valg af efterfølgende afgrøde eller ved omsåning m.m.

Efter anvendelse af prosulfocarb i vintersæd og kartofler er der ingen restriktioner m.h.t. afgrødevalg.

Efter høst af en afgrøde behandlet med prosulfocarb er der ingen indskrænkninger i afgrødevalget.

Ved omsåning/udvintring af vintersæd behandlet med prosulfocarb kan der ligeledes frit vælges afgrøde.

Konklusion

Prosulfocarb (Boxer) er et nyt herbicid til bekæmpelse af ukrudt i vintersæd om efteråret, samt til bekæmpelse af ukrudt i kartofler før fremspiring.

Prosulfocarb har særdeles god effekt mod enårig rapgræs (*Poa annua*), vindaks (*Apera spica-venti*) og en række tokimbladede ukrudtsarter, deriblandt burre-snerre (*Galium aparine*).

I modsætning til andre thiocarbamater har prosulfocarb (Boxer) et lavt damptryk, og skal derfor ikke nedhaves. Prosulfocarbs herbicidvirkning finder sted i meristemet i ukrudtsplanternes kimstængler eller blade. Den biokemiske aktivitet betår formodentlig i blokering af lipidsyntesen.

Prosulfocarb er et veldokumenteret produkt med en lav giftighed overfor fugle, bier og regnorme. Restkoncentrationsindholdet i vintersæd og kartofler er meget lavt (<0,01 mg/kg). Prosulfocarb bindes stærkt til jorden og nedbrydes hurtigt (T_{1/2}: 13-35 dage).

Produktet er særdeles skånsomt mod afgrøden, og på grund af kort persistens er der ingen

restriktioner på valg af efterfølgende afgrøde.

Litteratur

1. Biologisk vardeprovning av ograsmedel, R5-2422, Sveriges Landbrugsuniversitet 1990, Uppsala.
2. *Glasgow, J.L. et al.* 1987. SC 0574 - a new selective herbicide for use in winter cereals. BCPC - Weeds p.27-35
3. *ICI Agro.* 1990: Interne rapporter.
4. *ICI Agro.* 1991: Interne rapporter.
5. *Jensen P.E. & Rydahl, P.* 1991. Afprøvning, Statens Planteavlsvforsøg.
6. *Jensen P.E., Rydahl, P., Hansen M.S.* 1992. Afprøvning, Statens Planteavlsvforsøg.
7. *Mathews, P.R., Hindersmann U. & Beraud, J.M.* 1987. Control of Galium aparine and other major weeds of winter cereals with pre- and postemergence SC 0574. BCPC - Weeds p. 429-437.

Touchdown^R - et nyt totalherbicid til bekæmpelse af bl.a. kvik (*Elymus repens*) før høst og i stubmarker

*Touchdown^R - a new non-selective foliar herbicide for control of couch (*Elymus repens*) pre-harvest and in stubbles*

Freddy Kjæng Pedersen

ICI Agro

Islands Brygge 41

2300 København S

Summary

*Glyphosat-trimesium (sulfosat) is a new salt for total weed control of annual as well as perennial weeds - especially couch (*Elymus repens*) with a broad area of use within agriculture, horticulture and forestry.*

It is a systemic acting compound, which inhibits the synthesis of aromatic amino acids in the plants.

It has a positive toxicological and ecotoxicological profile and has in field trials and other experiments proved to be as good as or better than the standard products.

Indledning

Touchdown er et nyt totalherbicid til bekæmpelse af bl.a. kvik (*Elymus repens*) før høst og i stub. Det indeholder saltet glyphosat-trimesium, som også er kendt under trivialnavnet sulfosat.

Dette nye vandopløselige salt har en bredspektret og systemisk virkning som bladherbicid mod de fleste en- og flerårige planter.

Glyphosate-trimesium (sulfosat) og den specielle formulering af Touchdown sikrer en hurtig optagelse i planterne. Under optimale forhold vil der ske en diffusion ind i planten fra blade og stængler i løbet af 3 - 6 timer, hvorefter glyphosat transporteres med saftstrømmen (primært via sivæv) til over- og underjordiske vækstpunkter. Her vil der under optimale forhold ske en akkumulering indenfor 4 - 6 dage, med fuld virkning efter 10 - 14 dage. Glyphosat blokerer for dannelse af 3 aromatiske aminosyrer (tryptofan, tyrosin, phenylalamin), som er essentielle for planternes proteinsyntese. Den hurtige optagelse i planterne betyder, at regn 4 timer efter sprøjtning under optimale forhold ikke vil påvirke resultatet.

Touchdown er for nylig blevet godkendt af Miljøstyrelsen med følgende godkendte

anvendelsesområder:

Til nedvisning i:

- korn, raps og ærter.

Til ukrudtsbekæmpelse:

- før høst af korn, ærter og raps,
- i stubmarker og til omlægning af græsmarker,
- efter såning, men før fremspiring af visse afgrøder,
- under frugttræer,
- i havebrugs-, planteskole- og skovkulturer,
- på udyrkede arealer,
- selektivt med specielt udstyr.

Doseringen varierer alt efter ukrudtsart og dennes udvikling fra 1.25 l/ha til 8 l/ha, og den udbringes i 80 - 200 ltr. vand/ha med normalt sprøjteudstyr, mens vandmængderne kan reduceres til 50 - 100 l/ha i luftassisteret sprøjte (Hardi Twin).

Udover i Danmark er Touchdown registreret i en lang række lande i Europa, bl.a. i Sverige, Norge, Frankrig og Spanien. Praktiske erfaringer fra visse af disse lande samt undersøgelser udført af ICI og en række uafhængige institutioner og universiteter har vist forskelle mellem det nye salt glyphosat-trimesium (sulfosat), det markedsførte standardprodukt glyphosat-isopropylamin, samt produkter af disse.

Disse forskelle har specielt drejet sig om optagelseshastighed, regnfasthed og virkning i hårdt vand.

Materialer og metoder

Efter en gennemgang af midlets og stoffets fysisk-kemiske egenskaber, anvendelse og dosering samt toksikologi/økotoxikologi vil der i summarisk form blive redegjort for midlets og stoffets biologiske egenskaber, ofte belyst i forhold til standardproduktet glyphosat-isopropylamin.

Der vil blive anvendt markforsøg, klimakammerforsøg og semi-field forsøg fra ind- og udland som grundlag. Endvidere vil der i visse tilfælde blive refereret til praktiske erfaringer konstateret ved markedsføring af Touchdown forskellige steder i Europa.

Økotoxikologi

Glyphosat-trimesium (sulfosat) nedbrydes hurtigt og fuldstændigt til ammoniak, kuldioxid og svovlforbindelser både under aerobe og anaerobe forhold. Halveringstiden for glyphosat-ionen varierer fra 3 - 62 dage, og for trimesiumionen fra 1 - 15 dage.

Glyphosat-trimesium (sulfosat) har en meget ringe mobilitet i jord på grund af molekylet og dets metabolitters binding til jordens ler- og humusfraktion. Dette - sammenholdt med den hurtige nedbrydning - gør det ikke sandsynligt, at stoffet vil blive udvasket til grundvandet.

Glyphosat-trimesium (sulfosat) udviser lav giftighed overfor terrestiske organismer, såsom fugle, regnorme samt nyttedyr, som f.eks. edderkopper, bier og løbebiller, mens det har en lav giftighed overfor fisk og en moderat giftighed overfor dafnier og alger.

Anvendelsesområder og anbefalede doseringer

Der er nedenfor skematisk gjort rede for de godkendte anvendelsesområder samt de anbefalede doseringer (se tabel 1).

Tabel 1.

| Anvendelsesområde | Anbefalede doseringer | |
|---|-----------------------|-----------------------|
| | l/ha | g al/ha ¹⁾ |
| Før såning/plantering af ny afgrøde | 2,5 | 825 |
| Bortsprøjtning af udvintret vintersæd | 1,25 | 415 |
| Før høst af korn | 1,75-2,5 | 575-825 |
| Før høst af ærter | 1,75-3,0 | 575-990 |
| Før høst af raps | 3,0 | 990 |
| Stubmarker | 2,5 | 825 |
| Stubmarker efter frøgræs | 2,5-4,0 | 825-1320 |
| Omlægning af græs/afslutning af brak | 2,5-4,0 | 825-1320 |
| Ved direkte såning | 1,5-2,5 | 495-825 |
| Efter såning og før fremspiring af gulerod og løg | 2,0 | 660 |
| Skovkulturer | 1,5-6,0 | 495-1980 |
| Frugttræer | 1,5-6,0 | 495-1980 |
| Utilplantede/udyrkede arealer | 4,0-8,0 | 1320-2640 |
| Selektiv bekæmpelse af stort ukrudt i alle afgrøder med specielt udstyr (Weed Wiping) | 50% opløsning | - |
| Stødbehandling af fældede træer i skove | 20% opløsning | - |
| Stødskud på industriarealer | 20% opløsning | - |

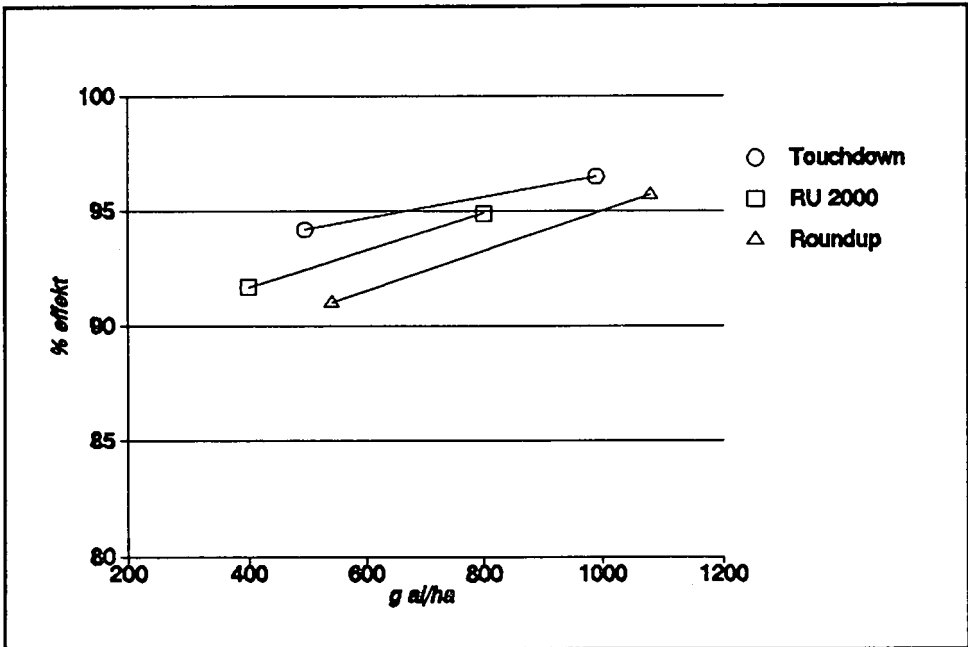
¹⁾ glyphosat

Biologiske egenskaber

Kvikbekæmpelse

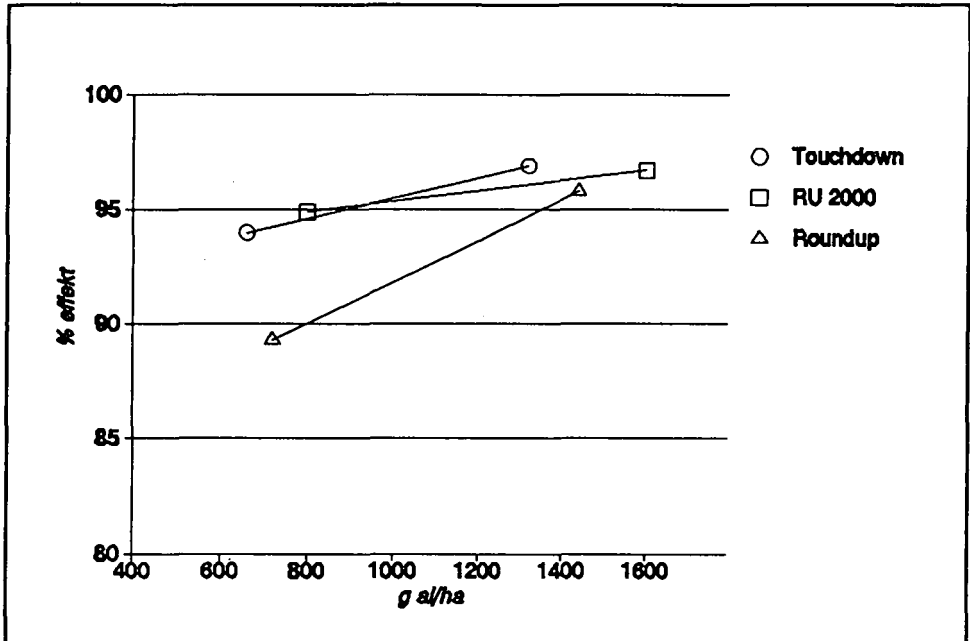
De to vigtigste anvendelsesområder for Touchdown er kvikbekæmpelse før høst af korn og i stubmarker.

Undersøgelser udført i Danmark og Sverige viser, at Touchdown er lige så godt eller bedre end standardmidlet Roundup, samt at Touchdown giver samme effekt som Roundup 2000 i ækvivalente doser (se figur 1 og 2). Der arbejdes p.t. på en anerkendelse af 2.5 liter Touchdown pr. ha.



Figur 1. Effekt ved bekæmpelse af kvik (*Elymus repens*) før høst med Touchdown, Roundup 2000 (+Teamup) og Roundup.
The effect in Elymus repens before harvest with Touchdown, Roundup 2000 (+ Teamup) and Roundup.

Figur 2. Effekt ved bekæmpelse af kvik (*Elymus repens*) i stub med Touchdown, Roundup 2000 (+ Teamup) og Roundup.
The effect in Elymus repens in stubble with Touchdown, Roundup 2000 (+ Teamup) and Roundup.



Optagelseshastighed

Tidlige undersøgelser på ICI Agrochemicals forsøgscenter i Richmond, USA, tydede på, at glyphosat-trimesium blev hurtigere optaget i f.eks. kvik (*Elymus repens*) end glyphosat-isopropylamin. Dette er blevet undersøgt i væksthushorsøg med sublethale doser, hvor man klippede planterne ned 24 - 48 timer efter sprøjtning for at se på genvækst (tabel 2).

Tabel 2. Effekt på genvækst af kvik (*Elymus repens*) i væksthushorsøg, blade og stængler fjernet efter 1-2 døgn.

| | Glyphosat-TMS/IPA | |
|---|-------------------|---------|
| | 12,5 g/ha | 60 g/ha |
| Antal forsøg | 6 | 3 |
| Glyphosat-trimesium bedst ⁾ | 3 | 2 |
| Glyphosat-trimesium lig med ⁾ | 3 | 1 |
| Glyphosat-isopropylamin bedst | 0 | 0 |

⁾ Glyphosat-trimesium 10% bedre effekt end glyphosat-isopropylamin.

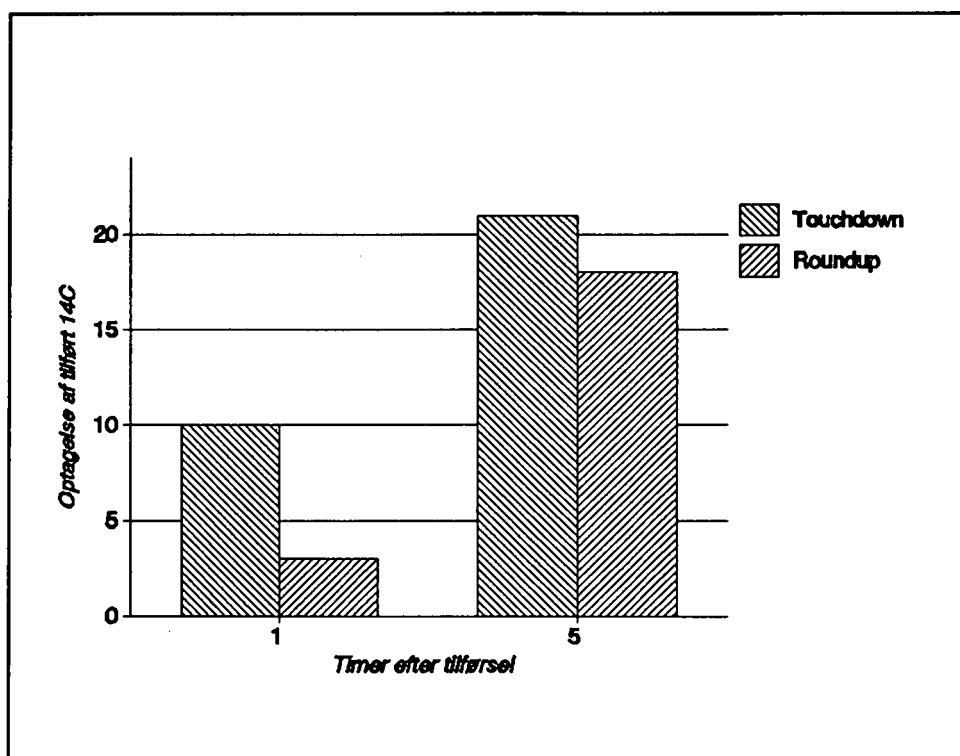
⁾ Mindre end 10% forskel i effekt mellem de 2 herbicider.

I undersøgelser på Afdeling for Ukrudtsbekæmpelse i Flakkebjerg i 1991, hvor effekten og regnfastheden af forskellige glyphosat-formuleringer i byg blev afprøvet i regnsimulator, konkluderes det bl.a., at Touchdown har signifikant bedre regnfasthed i forhold til Roundup^R 2000 og Roundup^R ved samtlige afprøvede regnintensiteter, hvilket indikerer, at denne formulering enten penetrerer planterne hurtigere, eller klæber sig bedre til overfladen.

ICI Agrochemicals forsøgsstation, Jealott's Hill, i England har udført et forsøg med radioaktiv mærkning (¹⁴C) af glyphosat-anionen i de kommercielle formuleringer Touchdown og Roundup på 5 forskellige plantearter, bl.a. kvik. Formuleringerne blev udsprøjtet med 500 g salt/ha i 200 l/ha. Forsøget viste, at Touchdown^R blev optaget hurtigere end Roundup^R, specielt 1 time efter udsprøjtning (se figur 3).

Figur 3. Optagelse af ¹⁴C-mærket Touchdown og Roundup efter 1 hhv. 5 timer. Gennemsnit for 5 plantearter.

Uptake of ¹⁴C-mærket Touchdown and Roundup respectively after 1 and 5 hours. Average for 5 plant species.



Regnfasthed

Som allerede nævnt foreligger der en undersøgelse fra Afdeling for Ukrudtsbekæmpelse i Flakkebjerg 1991 i byg (*Hordeum vulgare*), hvor Touchdown havde en signifikant bedre regnfasthed både i forhold til Roundup såvel som Roundup 2000.

Et tilsvarende forsøg blev udført på Afdeling for Ukrudtsbekæmpelse i Flakkebjerg i 1991

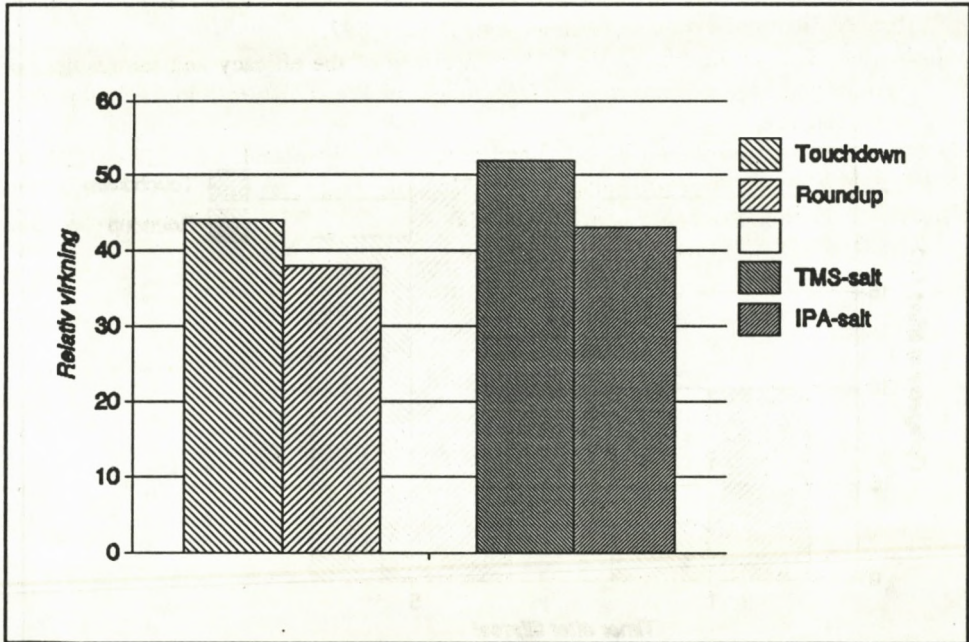
i kvik (*Elymus repens*), hvor det var lidt sværere at drage tydelige konklusioner bl.a. på grund af den større naturlige variation i plantematerialet. Her var der tendens til, at Touchdown og Roundup havde en lidt ringere regnfasthed i forhold til Roundup 2000.

Hårdt og jernholdigt vand

På Afdeling for Ukrudtsbekæmpelse i Flakkebjerg er der i 1992 udført forsøg med indflydelse af calcium og jern på effekten af glyphosat-trimesium og glyphosat-isopropylamin samt de formulerede produkter Touchdown og Roundup. Som det ses af figur 4 nedenfor, har calcium reduceret effekten af Touchdown og glyphosat-trimesium (sulfosat) mindre end de tilsvarende isopropylamin-produkter. Der er tale om signifikante forskelle, men for alle behandlinger gælder, at effekt-reduktionen er markant.

Figur 4. Relativ virkning af Touchdown, Roundup, glyphosat-trimesium og glyphosat-isopropylamin ved en hårdhed i vandet på 500 ppm CaCO_3 .

Relative effect of Touchdown, Roundup, glyphosate-trimesium and glyphosate isopropylamine at a hardness in the water on 500 ppm CaCO_3 .



For så vidt angår indflydelsen af jern er der ikke fundet signifikante forskelle hverken mellem salte eller formulerede produkter. Det formodes, at jern-ionerne indgår i en kompleksbinding med glyphosat, som således inaktiveres, indtil der er overskud af glyphosat i den givne dosering.

Konklusion

Glyphosat-trimesium (sulfosat) er et nyt salt til totalbekæmpelse af en- og flerårige ukrudtsarter, heriblandt specielt kvik (*Elymus repens*), med et bredt anvendelsesområde i landbrug, gartneri, frugtavl, skovbrug m.v.

Midlet virker systemisk og blokerer dannelsen af aromatiske aminosyrer i planterne. Det har en positiv toksikologisk og økotoksikologisk profil, og har i forsøg med kvikbekæmpelse vist sig at være lige så godt eller bedre end standardprodukterne. Endvidere har det vist forskelle fra standardprodukterne i forbindelse med optagelseshastighed, regnfasthed samt ved anvendelse i hårdt vand.

Litteratur

1. *Anonym*. 1992, Jealott's Hill Research Station. Studies comparising uptake of radiolabelled PMG in commercial formulations of Touchdown (YF 7712 A) and Roundup.
2. *Jensen, P.E. & Rydahl, P.* 1990. Resultater fra afprøvning af herbicider og vækstregulering.
3. *Kudsk, P. & Mathiassen, S.K.* 1991. A comparison of efficacy and rainfastness of YF 7712 A, Roundup and Roundup 2000 with and without various adjuvants. Department of Weed Control, Flakkebjerg, DK-4200 Slagelse.
4. *Kudsk, P. & Mathiassen, S.K.* 1992. Resultater fra forsøg 763/92: Indflydelse af calcium og jern på effekten af glyphosat formuleret som isopropylamin og trimethylsulfonium-salte. (Testplante: Byg).
5. *Leetch, M.S. & Sherman, M.E.* A new non-selective systemic herbicide. ICI Americas Inc. Agricultural Products, Wilmington, D.E. 19897.
6. *Mathiassen, S.K. & Kudsk, P.* 1991. A comparison of the efficacy and rainfastness of various glyphosate formulations. Department of Weed Control, Flakkebjerg, DK-4200 Slagelse.
7. Oversigt over landsforsøgene - 1991. Landsudvalget for Planteavl, side 227 og 228.
8. *Starling, A.J. & Sutton, P.B.* January, 1992. Internal Technical Brief - Sulphosate.
9. *Tunbark, A. & Stenlund J.* 1993. Erfarenheter av Avans 330. 33 i.a. Svenska Växtskyddskonferensen, Uppsala.

Gallant - bekæmpelse af enårig rapgræs (*Poa annua*)

*Gallant - control of annual meadow-grass (*Poa annua*)*

Anders Mondrup

DowElanco Danmark A/S

Sorgenfrivej 15

2800 Lyngby

Danmark

Summary

Gallant is a new registered graminicide on the Danish market.

*The product has a good effect on a broad spectrum of grasses including *Poa annua*.*

*The mode of action for haloxyfop is an inhibition of the fatty acid biosynthesis, and the selectivity in broad-leaved crops and *Festuca rubra* has to be seen as a resistance to the actual enzyme.*

*The effect of haloxyfop on *Poa annua*, compared to other graminicides, is probably a matter of different speed in the metabolism of the active in the plant.*

*Haloxyfop shows both pre-emergence and post-emergence effects on *Poa annua*. The pre-emergence effect is under field conditions approximately 1 week pr. 125 gai/ha of haloxyfop.*

*Important for good control of *Poa annua* as post-emergence treatment is good vegetative growth.*

*In broad leaf crops haloxyfop shows good effects on *Poa annua* at a dose rate of 188 to 250 gai/ha. In *Festuca rubra* the best effects on *Poa annua* is observed by an autumn treatment.*

Indledning

Gallant* er et nyregistreret græsherbicid i Danmark. Produktet blev registreret 1992, efter at have været under udvikling og i forsøg i en årrække i forskellige afgrøder.

Produktet er registreret og markedsført i en stor del af EF området og i Østeuropa.

Gallant er selektiv i de fleste tokimbladede kulturarter og har god effekt på en lang række af en- og flerårige græsser.

* Varemærke - DowElanco

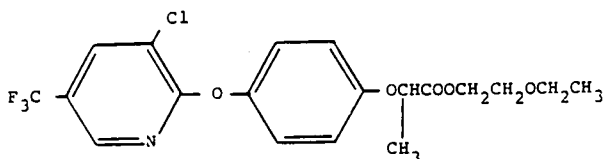
I det følgende vil produktet Gallant blive præsenteret med hovedvægt lagt på bekæmpelse af enårig rapgræs.

Gallant

Aktivstoffet:

Kemisk navn: ethoxyethyl2-(4-((3-chloro-5-(trifluoromethyl)-2-pyridinyl)oxy)phenoxy)propanoate
Navn: haloxyfop-ethoxyethyl

Strukturformel:



Emperisk formel: C₁₉H₁₉F₃ClNO₅
Molekylvægt: 433.8
Fysisk form: hvidt, vokset, krystallinsk fast stof
Smeltepunkt: 58-61°C
Damptryk: < 10 -8 mm Hg ved 25°C

Produktet:

Formulering: emulsion koncentrat
Aktivindhold: 125 g/l haloxyfop-ethoxyethyl (formuleret som ester)
Farve: gul-orange
Lugt: mild aromatisk
Massefylde: 0.968
Kogepunkt: 160°C

Toxikologi:

Gallant er overfor varmbloodige pattedyr af lav giftighed. Overfor fugle og dafnier samt overfor bier er Gallant lavgiftigt. Produktet er giftigt for fisk. Nedenstående viser toksikologiske data for Gallant:

| | |
|---------------------------|---------------------|
| Akut oral LD 50 (rotte) | 3053-4126 mg/kg |
| Akut dermal LD 50 (rotte) | > 2000 mg/kg |
| Øje | moderat irriterende |
| Hud | ikke irriterende |

Beskrivelse af produktet

Gallant er selektiv i de fleste tokimbladede landbrugskulturer. Der er lavet forsøg med 1.0 kg virksomt stof/ha i sukkerroer og raps, uden at der er fundet nogen form for kulturskader. Gallant er ligeledes selektiv i en lang række pryd- og skovkulturarter, ligesom produktet er selektivt i rød svingel.

Gallant virker primært som bladmiddel, men har også i nogen grad en jordvirkning. Haloxyfop-ethoxyethyl esteren bliver umiddelbart efter optagelsen i planten hydrolyseret til den frie syre, haloxyfop, og det er på denne form aktivstoffet transporteres i planten. Virkningsmekanismen er en hæmning af celledelingen i vækstpunkterne i både blad- og rodmasse. Specifikt er der tale om en hæmning af fedtsyresyntesen. Grunden til selektivitet hos de tokimbladede arter er, at haloxyfop ikke er i stand til at blokere det aktuelle enzym. Det er den samme mekanisme, der gør rød svingel resistent overfor produktet. At haloxyfop har effekt overfor enårig rapgræs, modsat visse andre graminicider, skal dog snarere forklares med forskelle i nedbrydningshastighederne i planten.

Efter behandlingen vil væksten stoppe efter få dage, efter 1-2 uger vil der ske en farveændring og efter 3-5 uger vil man have den fulde virkning i form af nedvisning af ukrudtet. Før man kan se farveændringen, vil man kunne konstatere virkningen af Gallant ved, at det sidst dannede blad er nemt at rive af.

Gallant bekæmper indenfor sit normale doseringsområde (100-250 g v.s./ha) en lang række en- og flerårige græsser, som f.eks.:

- agerrævehale (*Alopecurus myosuroides*)
- alm. kvik (*Elymus repens*)
- alm. rapgræs (*Poa trivialis*)
- draphavre (*Avena elatior*)
- engrapgræs (*Poa pratensis*)
- enårig rapgræs (*Poa annua*)
- flyvehavre (*Avena fatua*)
- gold hejre (*Bromus sterilis*)
- hundegræs (*Dactylis glomerata*)
- mosebunke (*Deschampsia caespitosa*)
- rajgræs (*Lolium ss*)
- vindaks (*Apera spica-venti*)
- byg (*Hordeum*)
- hvede (*Tritium*)
- havre (*Avena*)
- rug (*Secale*)

Gallant udmærker sig især i forhold til sammenlignede græsherbicider ved effekten på enårig rapgræs.

Følgende doseringer er anbefalet for Gallant under danske forhold (g v.s. = gram virksomt stof):

| Arter | Dosering | Bemærkninger |
|------------------------------------|-------------------|--|
| Spildkorn og enårig græsser | 100-125 g v.s./ha | Bedst effekt på 2-3 bladstadiet. |
| Enårig rapgræs | 125-250 g v.s./ha | Lavest på tidligt stadie og ved god vækst. |
| Kvik, rajgræs og flerårige græsser | 188-250 g v.s./ha | Udsprøjtning på 3-6 bladstadiet. |

Gallant er regnfast efter en time, og der skal ikke tilsættes spredeklæbemidler eller olier til blandingen.

En vigtig faktor for effekten af Gallant er, at ukrudtet er i aktiv vækst på sprøjetidspunktet, det vil sige, at det ikke er stresset af udefra kommende faktorer som tørke, kulde m.m.. Det er mindre vigtigt, hvilken størrelse græsserne har, så lang tid de er i aktiv vegetativ vækst. Sammenlignende effekter mod kvik viser, at man får samme langtidseffekt ved at behandle på kvikkens 4-6 bladstadie, som ved at dele behandlingen i to.

Enårig rapgræs

Enårig rapgræs findes stort set overalt i Danmark og kan være et problem i et stort antal afgrøder.

Den er karakteriseret som en tuedannende lav plante, der blomstrer hele året. Planten er den næsthøypigst forekommende ukrudtsart i Danmark efter fuglegræs. Den lever enten som sommer enårig eller som overvintrende enårig.

Enårig rapgræs er specielt tabsgivende i en række frøafgrøder, da dens frø er vanskelige at fræse.

Man skal være opmærksom på, at enårig rapgræs relativt hurtigt danner tuer, sætter småaks og dermed er i sit reproduktive stadie. Det er vigtigt, at behandlingstidspunktet lægges, når den enårige rapgræs er i aktiv vegetativ vækst før dens reproduktive stadie.

Gallant til bekæmpelse af enårig rapgræs

Der er lavet adskillige forsøg til belysning af effekten af Gallant overfor enårig rapgræs.

Som det ses af tabel 1, kan der opnås en god effekt af Gallant også som jordmiddel. Der skal dog gøres opmærksom på, at disse forsøg er lavet i væksthuse, og at resultaterne ikke helt kan oversættes til markforhold. I praksis kan man regne med en jordeftekt af Gallant på 1 uge pr. 125 g virksomt stof/ha.

Tabel 1. Effekter af haloxyfop på enårig rapgræs udført som væksthuseforsøg før fremspiring sammenlignet med efter fremspiring. Før fremspiring er behandlet 5 dage efter såning og efter fremspiring er behandlet på 1-2 bladstadiet. Effektskala: 0=ingen effekt - 10=100% effekt. eb=efter behandling (g v.s. = gram virksomt stof).

Pre-emergence and post-emergence activity of haloxyfop on Poa annua in greenhouse trials. Pre-emergence is treated 5 days after sowing, and post-emergence at the 1-2 leaf stage. Effect scale: 0=no effect - 10=100% effect.

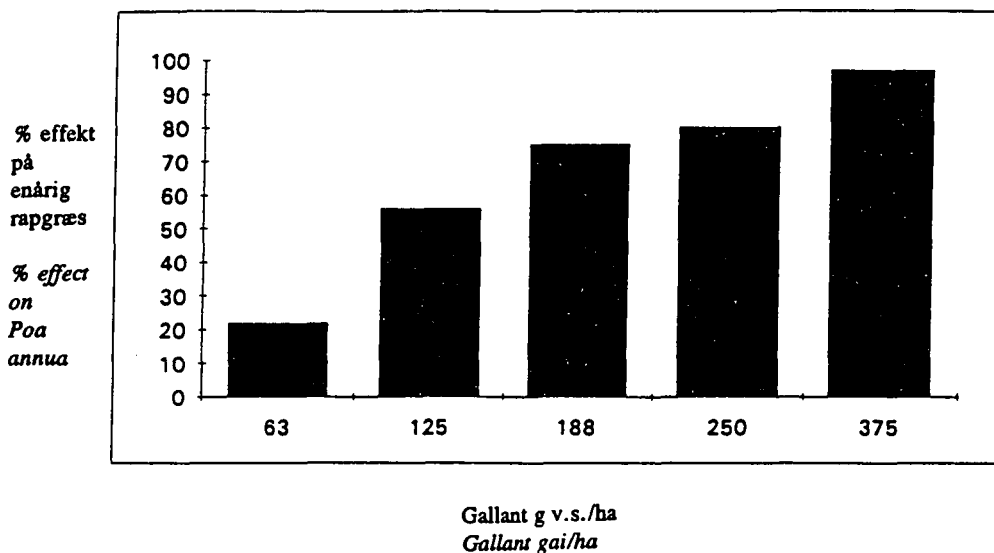
DAT=days after treatment (gai = gram active ingredient).

| Behandling <i>Treatment</i> | Dosering <i>Doserate</i> | Effekt på enårig rapgræs <i>Effect on Poa annua</i> | | |
|-------------------------------------|-----------------------------|--|---------------------------|---------------------------|
| | g v.s./ha <i>gai/ha</i> | 15 dg eb <i>15 DAT</i> | 30 dg eb <i>30 DAT</i> | 50 dg eb <i>50 DAT</i> |
| Før fremspiring <i>Pre-em</i> | | | | |
| Gallant | 250 | 9.2 | 9.5 | 9.2 |
| Gallant | 312.5 | 9.5 | 9.5 | 9.5 |
| Gallant | 375 | 9.5 | 9.7 | 9.7 |
| Efter fremspiring <i>Post-em</i> | | | | |
| Gallant | 187.5 | 7 | 8.7 | |
| Gallant | 250 | 7.2 | 9 | |
| Gallant | 312.5 | 7.5 | 9.2 | |

Kilde: DowElanco R&D, 1984

I bredbladede afgrøder kan man normalt komme til at bekæmpe enårig rapgræs i et relativt tidligt stadie. Der er i vore nabolande lavet en del forsøg, og i figur 1 er vist resultater af disse behandlet på stadie Zadoks 11-30.

Som det ses, skal der mindst en aktivstofmængde på 188-250 g v.s./ha til for at sikre en tilfredsstillende effekt.



Figur 1. Effekter af Gallant i bredbladede afgrøder mod enårig rapgræs. Gennemsnit af 19 forsøg fra England, Tyskland og Sverige (DowElanco).
Effects of Gallant in broad leaved crops against Poa annua. Average of 10 trials from England, Germany and Sweden (DowElanco).

Planteværnscentret, Flakkebjerg har lavet forsøg med bekæmpelse af enårig rapgræs i vinterraps, og resultaterne ses i tabel 2.

Tabel 2. Danske resultater for bekæmpelse af enårig rapgræs i vinterraps som en efterårsbehandling (1985-91). Kilde: Planteværnscentret, Flakkebjerg (g v.s. = gram virksomt stof).
Control of Poa annua in winter oil seed rape as autumn treatment (1985-91). Source: Research Center for Plant Protection, Flakkebjerg, Denmark (gai = gram active ingredient).

| | Gallant g v.s./ha (gai/ha) | % effekt enårig rapgræs % effect Poa annua (antal forsøg) (number of trials) |
|---------|----------------------------|---|
| Gallant | 31 g v.s./ha (gai/ha) | 0 (1) |
| Gallant | 63 g v.s./ha (gai/ha) | 94 (1) |
| Gallant | 125 g v.s./ha (gai/ha) | 96 (3) |

I de to forsøg fra 1985 viste behandlingen med Gallant (125 g v.s./ha) et merudbytte på henholdsvis 60 og 529 kg/ha.

I en flerårig afgrøde som rød svingel er der god mulighed for, at enårig rapgræs kan etablere sig, og det er derfor vigtigt at komme tidligt i gang med en bekæmpelse. I tabel 3 ses resultater af forsøg udført af DowElanco med forskellige variationer af behandlingstidspunkter og split- contra enkeltbehandlinger. Den bedste effekt er opnået med efterårsbehandling, derefter split efterår/forår, split forår/forår og enkeltbehandling forår.

Tabel 3. Gallant anvendes i rød svingel til bekæmpelse af enårig rapgræs. Gennemsnit af 3 forsøg, 1988-90. Effektivurderinger foretaget ultimo maj. Kilde: DowElanco Danmark A/S.

Gallant used in Festuca rubra for control of Poa annua. Average of 3 trials, 1988-90. Assessment made ultimo May. Source: DowElanco Denmark.

| Led | Produkt | Dosering g v.s./ha | Tidspunkt | Effekt % Enårig rapgræs |
|-----|------------|-----------------------|-------------|----------------------------|
| 1 | Ubehandlet | | | 0 |
| 2 | Gallant | 125 | medio sept. | 95,8 |
| | Gallant | 125 | medio apr. | |
| 3 | Gallant | 188 | medio sept. | 98,5 |
| | Gallant | 188 | medio apr. | |
| 4 | Gallant | 250 | medio sept. | 100 |
| | Gallant | 250 | medio apr. | |
| 5 | Gallant | 125 | primo apr. | 91,3 |
| | Gallant | 125 | ultimo apr. | |
| 6 | Gallant | 188 | primo apr. | 94,8 |
| | Gallant | 188 | ultimo apr. | |
| 7 | Gallant | 125 | medio apr. | 74,2 |
| 8 | Gallant | 250 | medio apr. | 87,9 |
| 9 | Gallant | 375 | medio apr. | 96,4 |
| 10 | Gallant | 250 | medio sept. | 99,5 |

Konklusion

Erfaringer fra forsøg og praksis viser, at Gallant bør anvendes som et bladmiddel, når der er tale om landbrugsafgrøder. Der kan opnås gode resultater med midlet som jordmiddel, men det vil normalt kræve højere doseringer.

Ved anvendelse efter fremspiring er den vigtigste faktor for at opnå en god effekt, at enårig rapgræs er i god vækst, og at der anvendes en sprøjteteknik, der giver en god afsætning på de små ukrudtsplanter. Der kan opnås en sikker effekt på enårig rapgræs i bredbladede landbrugsafgrøder, samtidig med at Gallant udviser en høj grad af selektivitet.

Ligeledes er Gallant selektiv overfor en lang række pryddplanter samt planteskole- og skovkulturer.

I rød svingel bør behandlingen foretages om efteråret, da man her får den bedste effekt på den enårige rapgræs. Behandlingen kan også foretages om foråret, men bør da foretages så tidligt som muligt (primo april). Hvis man ønsker kvikeffekt ved forårsbehandling, bør denne behandling lægges i sidste halvdel af april måned.

Fusilade & Gallant - blanding med andre herbicider og additiver

Efficacy of fluazifop-p-butyl and haloxyfop-ethoxyethyl in mixture with broadleaf herbicides and adjuvants

Per Kudsk & Solvejg K. Mathiassen

Planteværnscentret

Afdeling for Ukrudtsbekæmpelse

Flakkebjerg

4200 Slagelse

Summary

The influence of broadleaf herbicides on the performance of the graminicides fluazifop-p-butyl and haloxyfop-ethoxyethyl was examined in pot experiments. Phenmedipham + desmedipham + ethofumesate + metamitron reduced the activity of both graminicides against Elymus repens irrespectively of addition of a mineral oil adjuvant. Similarly, MCPA + mecoprop + clopyralid antagonized the performance of both graminicides against barley (Hordeum vulgare). Two-way combinations with each of the active ingredients in the broadleaf herbicide revealed the following ranking regarding the level of antagonism: MCPA > mecoprop > clopyralid. Addition of a nonionic surfactant significantly improved the activity of haloxyfop-ethoxyethyl against Poa annua whereas both a vegetable and a mineral oil adjuvant had no significant influence on haloxyfop-ethoxyethyl performance.

Indledning

Fluazifop-butyl (fra 1992 også fluazifop-p-butyl) har i flere år været anvendt til bekæmpelse af græsukrudt i tokimbladede afgrøder. I 1992 blev haloxyfop-ethoxyethyl, der kemisk er nært beslægtet med fluazifop-butyl, markedsført til bekæmpelse af græsukrudt i bederoer, vinterraps, rød svingel og ikke-spiselige afgrøder. Da tidspunktet for bekæmpelse af græsukrudt ofte er sammenfaldende med tidspunktet for bekæmpelse af tokimbladet ukrudt, er der stor interesse for at udsprøjte de to græsherbicide i blanding med herbicide mod tokimbladet ukrudt.

Formålet med de beskrevne forsøg var at undersøge effekten af fluazifop-p-butyl og haloxyfop-ethoxyethyl i blanding med forskellige herbicide mod tokimbladet ukrudt dels for at underbygge tidligere erfaringer med fluazifop-p-butyl, der har vist en reduceret effekt i blanding med roeherbicide (1), og dels for at undersøge, om der er nogen forskel på roeherbicidernes indflydelse på de to græsherbicide. Endvidere blev det undersøgt, om det er muligt at forøge effekten af haloxyfop-ethoxyethyl ved tilsætning af additiver.

Materialer og metoder

Forsøgene blev udført som udendørs pottforsøg med alm. kvik (*Elymus repens*), vår- og vinterbyg (Alexis og Ermo) samt enårig rapgræs (*Poa annua*) som testplanter.

Kvikplanterne blev etableret i marts 1992 i 2 l potter ved at udplante 3 forspirede udløberstykker. Planterne var placeret i væksthuse indtil midten af juli, hvor kvikken blev klippet ned, og potterne flyttet udendørs. Sprøjtningen blev gennemført, da kvikken havde 2-3 blade. Frø af vår- og vinterbyg samt enårig rapgræs blev sået i 8 l kar og placeret udendørs. Sprøjtningerne blev gennemført på 3-4 bladstadiet. Der blev i alle forsøg anvendt en Hardi 4110-14 dyse og ca. 150 l vand/ha. Alle planterne blev dyrket i jordblanding bestående af markjord, sand og sphagnum og tilsat alle nødvendige næringsstoffer.

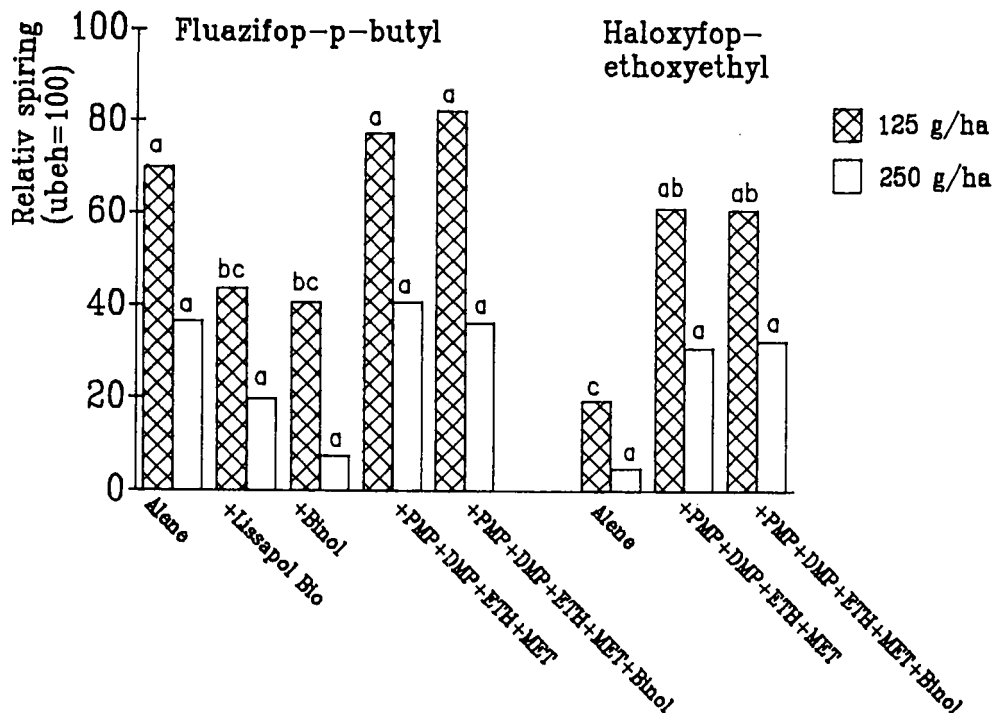
I kvikforsøget blev effekten af 4 doseringer af de to græsherbicider undersøgt. Græsherbiciderne blev udsprøjtet alene og i blanding med 62 g/ha phenmedipham + 16 g/ha desmedipham + 128 g/ha ethofumesat + 700 g/ha metamitron (1 l/ha Betanal Progress + 1 kg/ha Goltix) med og uden tilsætning af 1 l/ha Binol. Endvidere blev fluazifop-p-butyl afprøvet i blanding med henholdsvis 0.1% Lissapol Bio og 1 l/ha Binol. Planterne blev høstet ca. 6 uger efter sprøjtningen. Udløberne blev vasket rene for jord og opdelt i stykker med en knop på hver. Fra hver potte blev 100 tilfældigt udvalgte udløberstykker placeret på fugtigt fibertex i plastikbakker, der blev placeret i et mørkt rum ved ca. 14°C. Antallet af spirede udløberstykker blev optalt ugentligt i de efterfølgende 5 uger. Resultaterne er angivet som relative tal (ubehandlet = 100). Forsøget er opgjort ved hjælp af en variansanalyse.

Effekten overfor spildkorn af 5 doseringer af fluazifop-p-butyl (vår- og vinterbyg) og haloxyfop-ethoxyethyl (vinterbyg) blev undersøgt ved udsprøjtning alene og i blanding med 600 g/ha MCPA + 1200 g/ha mechlorprop + 64.5 g/ha clopyralid (3 l/ha Herbalon 620). Endvidere blev de tre aktivstoffers indflydelse på effekten af græsherbiciderne undersøgt enkeltvis. Forsøgene blev høstet 3-4 uger efter sprøjtningen, hvor der blev målt henholdsvis frisk- og tørvægt (vårbyg) og friskvægt (vinterbyg). I forsøget med enårig rapgræs blev en række additivs indflydelse på effekten af 5 doseringer af haloxyfop-ethoxyethyl undersøgt. Forsøget blev høstet ca. 7 uger efter sprøjtningen, hvor der blev bestemt friskvægt. Forsøgene er opgjort ved hjælp af en non-lineær regressionsanalyse, og resultaterne er angivet som relative styrker (R) (2). Den inverse værdi af den relative styrke ($V = 1/R$) er den faktor, man skal gange doseringen med for at opnå samme effekt som med standardbehandlingen ($R = 1.0$).

Resultater og diskussion

Blanding med roeherbicider

I figur 1 er vist resultaterne fra kvikforsøget. Der er kun medtaget de to højeste doseringer, 125 og 250 g/ha, da effekten af de to laveste doseringer for de fleste behandlinger vedkommende ikke var signifikant forskellige fra ubehandlet.



Figur 1. Effekt af fluazifop-p-butyl og haloxyfop-ethoxyethyl overfor alm. kvik ved udsprøjtning alene og i blanding med roeherbicider. Søjler med samme bogstav indenfor hver dosering er ikke signifikant forskellige ifølge en Duncan analyse. (PMP=phenmedipham, DMP=desmedipham, ETH=ethofumesat og MET=metamitron).

Effect of fluazifop-p-butyl and haloxyfop-ethoxyethyl applied alone and in mixture with broadleaf herbicides used in sugar-beets on node viability of Elymus repens. Within each dose columns marked with the same letter are not significantly different according to Duncan multiple range test.

Ved udsprøjtning alene anvendes fluazifop-p-butyl i blanding med Lissapol Bio, hvorimod der ikke anbefales tilsætning af additiver i blanding med roeherbicider. Det betyder, at i praksis er det sammenligningen imellem fluazifop-p-butyl plus Lissapol Bio og tankblandingen uden Binol, der er mest interessant. Som det fremgår af figur 1, var effekten af begge græshebicerer signifikant lavere i tankblanding med roeherbicererne ved den lave dosering. Ved den højeste dosering blev der fundet samme tendens, men forskellene i effekt var ikke signifikante. Endvidere kan det ses, at tilsætning af Binol til tankblandingen ingen indflydelse har haft på effekten af græshebicererne, samt at tilsætning af både Lissapol Bio og Binol signifikant har forøget effekten af 125 g/ha fluazifop-p-butyl.

Den korrekte sammenligning, når man ønsker at undersøge herbicid A's indflydelse på effekten af herbicid B, er imidlertid at sammenligne med den tilsvarende behandling uden herbicid A. Det betyder, at effekten af tankblandingen uden Binol bør sammenlignes med græsherbicidet alene, mens effekten af tankblandingen plus Binol, bør sammenlignes med græsherbicidet plus Binol. Uden tilsætning af Binol er der ikke fundet nedsat effekt i blanding med roeherbiciderne, hvorimod der med tilsætning af Binol er fundet en signifikant lavere effekt af tankblandingen. En mulig forklaring på denne forskel er, at roeherbiciderne udover at reducere effekten af fluazifop-p-butyl også fremmer effekten ved at virke som additiv, hvilket dog kun er af betydning, hvis der ikke er tilsat Binol til sprøjtevæsken. Da der ikke anbefales tilsætning af additiver til haloxyfop-ethoxyethyl, er denne kombination ikke afprøvet. I forhold til haloxyfop-ethoxyethyl er der fundet en reduceret effekt med tankblandingen, hvad enten der var tilsat Binol eller ikke, hvilket kunne indikere, at der ikke er en tilsvarende additivvirkning af roeherbiciderne på effekten af haloxyfop-ethoxyethyl.

Den reducerede effekt af fluazifop-p-butyl i blanding med roeherbiciderne er i overensstemmelse med resultaterne fra en tidligere publiceret undersøgelse med phenmedipham + metamitron (1) samt fra upublicerede undersøgelser med phenmedipham + metamitron, phenmedipham + ethofumesat + metamitron samt metribuzin. Endvidere er der i udenlandske forsøg med desmedipham fundet en tilsvarende reduktion af effekten af både fluazifop-butyl og haloxyfop-ethoxyethyl (3).

Sammenfattende kan det konkluderes, at tankblanding med herbicider mod tokimbladet ukrudt har reduceret effekten af både fluazifop-p-butyl og haloxyfop-ethoxyethyl. I bederoer anbefales fluazifop-p-butyl anvendt som en split-behandling. Normalt er det kun aktuelt at tankblende ved den første sprøjtning, og der må derfor forventes en mindre reduktion i effekten under praktiske forhold end observeret i vores forsøg. Såfremt den anden sprøjtning undlades, hvilket ofte er tilfældet i marker med en mindre bestand af kvik, kan der imidlertid forventes en reduceret effekt. Haloxyfop-ethoxyethyl anbefales ikke som en split-behandling, og det må derfor anbefales at udbringe dette græsherbicid alene.

Blanding med hormonmidler

I tabel 1 er vist resultaterne af 2 forsøg, hvor effekten af græsherbiciderne i blanding med MCPA + mechlorprop + clopyralid blev undersøgt. I begge forsøg blev der fundet en signifikant lavere effekt af tankblandingen end af græsherbiciderne alene. Der er imidlertid nogen forskel på reduktionen i effekten af fluazifop-p-butyl imellem de to forsøg.

I vinterbygforsøget, hvor begge græsherbicider var med, blev der fundet en større reduktion i effekten af haloxyfop-ethoxyethyl end af fluazifop-p-butyl. Som ovenfor nævnt, anbefales der tilsætning af Lissapol Bio ved anvendelse af fluazifop-p-butyl alene, mens additivtilsætning ikke anbefales ved udsprøjtning af tankblandingen. Det betyder, at set fra et praktisk synspunkt er det mere relevant at sammenligne effekten af tankblandingen med effekten af fluazifop-p-butyl plus Lissapol Bio. Sættes den relative styrke af fluazifop-p-butyl plus Lissapol Bio til 1, fås en relativ styrke af tankblandingen på 0.29, dvs. signifikant lavere end

den tilsvarende relative styrke af tankblandingen med haloxyfop-ethoxyethyl. I praksis kan man derfor forvente en større effektreduktion ved tankblanding med fluazifop-p-butyl end med haloxyfop-ethoxyethyl, fordi man foruden en reduktion forårsaget af hormonmidlerne også får en reduceret effekt på grund af det manglende additiv.

Foruden at afprøve blandingen med MCPA + mechlorprop + clopyralid blev de tre aktivstoffer også afprøvet enkeltvis i de samme doseringer som i blandingsproduktet, for at undersøge hvilke af de tre aktivstoffer, der reducerede effekten af græsherbiciderne mest. I alle tilfælde reducerede MCPA effekten mere end mechlorprop, der igen reducerede effekten mere end clopyralid. Mens MCPA og mechlorprop i alle tilfælde reducerede effekten signifikant, var dette kun tilfældet med clopyralid i vårbygforsøget. At MCPA var den komponent, der reducerede effekten mest, understreges også af, at MCPA reducerede effekten lige så meget som MCPA + mechlorprop + clopyralid i 2 tilfælde og mere i et tilfælde (fluazifop-p-butyl i vinterbygforsøget).

Tabel 1. Relative styrker af fluazifop-p-butyl og haloxyfop-ethoxyethyl i blanding med MCPA + mechlorprop + clopyralid samt de enkelte aktivstoffer alene.
Relative potencies of fluazifop-p-butyl and haloxyfop-ethoxyethyl in mixture with MCPA + mecoprop + clopyralid and each of the active ingredients alone.

Testplante: Vårbyg

Test plant: Spring barley

| Behandling | Rel. styrke | 95 % konfidens-interval |
|---|---------------------|---------------------------------|
| <i>Treatment</i> | <i>Rel. potency</i> | <i>95 % confidence interval</i> |
| Fluazifop-p-butyl alene | 1.00 | |
| +0.05 % Lissapol Bio | 2.09 | 1.92 - 2.27 |
| +600 g/ha MCPA + 1200 g/ha mechlorprop + 64.5 g/ha clopyralid | 0.63 | 0.58 - 0.68 |
| +600 g/ha MCPA | 0.63 | 0.58 - 0.68 |
| +1200 g/ha mechlorprop | 0.70 | 0.65 - 0.75 |
| +64.5 g/ha clopyralid | 0.83 | 0.77 - 0.88 |

Test for lack of fit: $F_{5,59}=0.22$

Testplante: Vinterbyg
Test plant: Winter barley

| Behandling | Rel. styrke | 95% konfidensinterval |
|--|--------------|-------------------------|
| Treatment | Rel. potency | 95% confidence interval |
| Fluazifop-p-butyl alene | 1.00 | |
| +0.1% Lissapol Bio | 2.89 | 2.55 - 3.24 |
| +600 g/ha MCPA + 1200 g/ha mechlorprop + 64.5 g/ha clopyralid | 0.84 | 0.74 - 0.94 |
| +600 g/ha MCPA | 0.70 | 0.62 - 0.78 |
| +1200 g/ha mechlorprop | 0.81 | 0.71 - 0.90 |
| +64.5 g/ha clopyralid | 0.91 | 0.80 - 1.01 |

Test for lack of fit: $F_{3,82}=1.49$

| | | |
|--|------|-------------|
| Haloxyfop-ethoxyethyl alene | 1.00 | |
| +600 g/ha MCPA + 1200 g/ha mechlorprop + 64.5 g/ha clopyralid | 0.60 | 0.55 - 0.65 |
| +600 g/ha MCPA | 0.58 | 0.53 - 0.63 |
| +1200 g/ha mechlorprop | 0.86 | 0.78 - 0.93 |
| +64.5 g/ha clopyralid | 1.04 | 0.95 - 1.13 |

Test for lack of fit: $F_{4,54}=2.51$

Resultaterne af disse forsøg er i overensstemmelse med erfaringerne med tankblandinger af hormonmidler og andre selektive græs herbicider tilhørende samme kemiske gruppe som fluazifop-p-butyl og haloxyfop-ethoxyethyl (3,4). Årsagen til denne antagonisme er ikke kendt. Disse græs herbiciders primære virkemekanisme er en blokering af fedtsyresyntesen. Imidlertid virker de også som anti-auxiner. Man ved ikke, hvor meget denne anti-auxin effekt bidrager til totaleffekten, men ved tankblanding med hormonmidler, der virker som kunstige auxiner, kan det forventes, at anti-auxin effekten elimineres, og at herbicideffekten derved reduceres (5). Både fluazifop-p-butyl og haloxyfop-ethoxyethyl er estre, der skal hydrolyseres til de frie syrer for at være aktive. Undersøgelser med et andet græs herbicid, diclofop-methyl, har vist, at MCPA blokerede denne hydrolyse, og at dette var en medvirkende årsag til den reducerede effekt i tankblanding med MCPA (6).

Additiver til haloxyfop-ethoxyethyl

I tabel 2 er vist resultaterne fra et forsøg, hvor forskellige additivs indflydelse på effekten af haloxyfop-ethoxyethyl overfor enårig rapgræs er undersøgt. De to olieadditiver Binol og Schering Olie forøgede ikke effekten signifikant, hvorimod Lissapol Bio og Silwet-L77 begge havde en signifikant indflydelse på effekten. Et tilsvarende forsøg med vinterbyg viste ligeledes en bedre effekt af Lissapol Bio og Silwet-L77 end af de to olieadditiver. Disse forsøg tyder på, at det er muligt at forøge effekten af haloxyfop-ethoxyethyl ved tilsætning af additiver. Forsøgene blev udført sent på efteråret under kølige forhold. Der skal derfor gennemføres flere forsøg, før det er muligt at drage endelige konklusioner vedrørende anvendelsen af additiver til haloxyfop-ethoxyethyl.

Tabel 2. Relative styrker af haloxyfop-ethoxyethyl alene og i blanding med additiver overfor enårig rapgræs.

Relative potencies of haloxyfop-ethoxyethyl against Poa annua applied alone and in mixture with various adjuvants.

| Behandling <i>Treatment</i> | Relativ styrke <i>Rel. potency</i> | 95 % konfidensinterval <i>95 % confidence interval</i> |
|--------------------------------|---------------------------------------|---|
| Haloxyfop-ethoxyethyl alene | 1.00 | |
| +1% Binol | 1.02 | 0.75 - 1.28 |
| +0.33% Schering Olie | 1.32 | 0.98 - 1.66 |
| +0.1% Lissapol Bio | 1.60 | 1.18 - 2.03 |
| +0.5% Silwet-L77 | 1.50 | 1.10 - 1.89 |

Test for lack of fit: $F_{5,79} = 1.38$

Konklusion

Forsøg med fluazifop-p-butyl og haloxyfop-ethoxyethyl i tankblanding med herbicider mod tokimbladet ukrudt viste, at såvel phenmedipham + desmedipham + ethofumesat + metamitron som MCPA + mechlorprop + clopyralid reducerede effekten af græsherbiciderne. Den nedsatte effekt af fluazifop-p-butyl i blanding med MCPA + mechlorprop + clopyralid skyldtes både hormonmidlerne, samt at der ikke tilsættes Lissapol Bio til tankblandingen. Tankblandinger med de enkelte hormonmidler viste følgende rækkefølge med hensyn til de enkelte aktivstoffers reducerende effekt: MCPA > mechlorprop > clopyralid. Olieadditiver havde ingen signifikant indflydelse på effekten af haloxyfop-ethoxyethyl overfor enårig rapgræs, mens Lissapol Bio og Silwet-L77 begge forøgede effekten.

Litteratur

1. *Mathiassen, S.K. & P. Kudsk.* 1989. Effekt af fluazifop-p-butyl i forbindelse med roeherbicer. 6. Danske Planteværnskonference-Ukrudt, 178-184.
2. *Kudsk, P. & J.C. Streibig.* 1992. Formulations and adjuvants. I "Herbicide Bioassays" (editors: J.C. Streibig & P. Kudsk), CRC Press, Boca Raton, Florida, 99-116.
3. *Nalewaja, J.D., S.D. Miller & A.G. Dexter.* 1982. Postemergence grass and broadleaf herbicide combinations. Proceedings North Central Weed Control Conference, vol 37, 77-80.
4. *O'Sullivan, P.A., H.A. Friesen & W.H. Vanden Born.* 1977. Influence of herbicides for broad-leaved weeds and adjuvants with diclofop-methyl on wild oat control. Canadian Journal of plant Science, 57, 117-125.
5. *Cobb, A.H. & P. Barnwell.* 1989. Anti-auxin activity of graminicides. Brighton Crop Protection Conference-Weeds-1989, 183-190.
6. *Todd, B.G. & E.H. Stobbe.* 1980. The basis of antagonistic effect of 2,4-D on diclofop-methyl toxicity to wild oat (*Avena fatua* L). Weed Science, 28, 371-377.

Herbicidblandingers virkning

Joint action of herbicide mixtures

Jens C. Streibig

Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole,
Institut for Jordbrugsvidenskab
Thorvaldsensvej 40, 1871 Frederiksberg C.

Per Kudsk

Planteværnscentret
Afdeling for Ukrudtsbekæmpelse
Flakkebjerg, 4200 Slagelse

Summary

Herbicides are often applied in mixtures which can show either additive, antagonistic or synergistic action. These effects can be described by dose-response curves and reference models which mathematically describe the expected effect of a mixture. This paper gives examples of mixtures acting additively and synergistically. If we can mathematically describe the joint action of mixtures we can use this knowledge in expert systems.

Indledning

Ukrudtsfloraen består normalt af arter med forskellig følsomhed over for herbicider, og blandinger bruges derfor ofte til at udvide det artsspektrum, som kan bekæmpes. Yderligere er der interesse for at sænke forbruget af herbicider ved at benytte blandinger, der virker kraftigere på ukrudtet, end hvis herbiciderne bliver brugt hver for sig; dette kaldes ofte synergisme. Problemet med herbicidresistente biotyper af tidligere følsomme ukrudtsarter har også intensiveret interessen for herbicidblandinger (Green & Streibig, 1993; Streibig, 1992).

Den klassiske måde at vurdere blandinger på er at sammenligne én eller to doseringer af herbiciderne hver for sig med én eller to blandinger. Sådanne forsøg er gode til at give svar på 'her-og-nu-problemer'. Antallet af mulige blandinger af herbicider er imidlertid uendelig stort, og derfor må man prøve på at arbejde med forsøgsplaner, som giver mere generelle svar for at finde nogle 'lovmæssigheder' i blandingers virkning.

Denne artikel beskæftiger sig med måling af blandingers virkning, så man ikke kun får svar på, hvorledes herbicid A og B virker i én given dosering og ét blandingsforhold, men også for at kunne forudsige virkningen af andre blandinger inden for de herbicidgrupper, A og B tilhører. Hvis vi kan generalisere, kan den erhvervede viden benyttes til at opstille regler for, hvilke blandinger vi med fordel kan bruge (Streibig, 1987). Herefter kan denne viden

lagres i databaser for siden hen at vurdere blandinger til bekæmpelse af et konkret ukrudtsproblem. Vi skal med andre ord kunne give et kvalificeret svar på spørgsmålet: "Hvis jeg blander herbicid A og B, kan jeg så forvente en bedre eller dårligere virkning, end hvis jeg bruger herbiciderne hver for sig?" uden at skulle lave mange og kostbare forsøg.

Problemstilling

På trods sin enkelhed kan det stillede spørgsmål ikke besvares ved at afprøve herbiciderne i klassiske sprøjteforsøg. For det første må man definere virkningen af A og B udsprøjet hver for sig og sammenligne den med virkning af blandinger; og for at yde blandingerne retfærdighed må de sammenlignes på samme virkningsniveau som for de enkelte herbicider brugt enkeltvis.

I princippet kan måling af blandingers virkning sammenlignes med veksling af penge i forskellige valutaer. Valutakurser bruger man til at veksle fra en valuta til en anden uden at købekraften — i det mindste i teorien — ændres. For \$1,00 i USA kan man i teorien købe det samme som for 7,00 kr. i Danmark. Hvis vi har en blanding af \$100 og 700 kr. og ønsker at bruge dem i USA har vi \$200, og hvis vi ønsker at bruge dem i Danmark har vi 1400 kr.

Blanding af herbicider kan anskues på samme måde. Hvis virkningen af 1 kg MCPA i praksis svarer til virkningen af 4 g chlorsulfuron er vekselkursen mellem de to midler $1000/4 = 250$. Vi skal bruge 250 gange mere MCPA for at få samme virkning som med 4 g chlorsulfuron. Der kan imidlertid være grunde til, at vi nogle gange vælger MCPA og andre gange chlorsulfuron for at få en tilfredsstillende virkning. Der vil ofte være forskelle i ukrudtsfloraens sammensætning og andre praktiske eller økonomiske grunde til, at man benytter det ene herbicid frem for det andet eller måske bruger dem i blandinger.

Nogle gange kan det måske være en fordel at blande to midler for at få en bredere effekt eller håbe på, at blandingen virker bedre end de to midler hver for sig. Hvis vi forudsætter at 4 g chlorsulfuron eller 1 kg MCPA giver 90% bekæmpelse, når de udsprøjtes hver for sig, så vil 2 g chlorsulfuron ($0,002 \cdot 250 = 0,5$ kg MCPA) og 0,5 kg MCPA ($0,5 \cdot 1 = 0,5$) også give 90% bekæmpelse, hvis vekselkursen, eller, som vi foretrækker at kalde den her, den *relative styrke*, svarer til deres indbyrdes biologiske værdi.

Modeller

Vores arbejdshypotese er, at midlerne ikke ændrer deres virkning i planten, når de blandes. Det kan matematisk udtrykkes som

$$\frac{z_a}{Z_a} + \frac{z_b}{Z_b} = 1 \quad (1)$$

hvor z_a og z_b er mængden eller dosen af herbicid A og B i en blanding, som giver den samme

virkning som Z_a af A og Z_b af B brugt hver for sig (Hewlett & Plackett, 1979). Den relative styrke (biologiske vekselkurs) mellem A og B er:

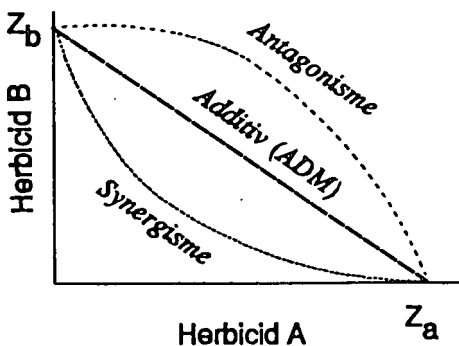
$$r = \frac{Z_a}{Z_b} \quad (2)$$

Ved at kombinere ligning (1) og (2) fås:

$$z_a + r z_b = Z_a = r Z_b \quad (3)$$

Vi kan med andre ord bruge den relative styrke mellem herbicid A og B til at beregne en hvilken som helst kombination af herbicid A og B, som har samme virkning som enten herbicid A eller B doseret enkeltvis. Ligning (3) brugte vi implicit til eksemplet med veksling af valuta og blandingen af MCPA og chlorsulfuron, hvor $z_a=0,5$ kg MCPA, $z_b=0,002$ kg chlorsulfuron, $r=250$ og $Z_a=1$ kg MCPA.

Ligning (3) beskriver en ret linie, som viser alle blandinger af herbicid A og B med ens virkning (figur 1). Additivitet svarer til ligning (3) og kaldes ofte ADM (Additiv Doserings Model) for at pointere, at det drejer sig om additivitet af doser og ikke af effekter. Hvis virkningen af blandinger afviger fra den rette line kan vi have 1): Antagonisme = herbiciderne virker dårligere i blandinger end hver for sig eller 2): Synergisme = herbiciderne virker kraftigere i blanding end hver for sig. Der er, som nævnt af Morse (1978), desværre en del rod i terminologien, specielt når det drejer sig om synergisme, som ofte i litteraturen benævnes potentiering.



Figur 1. Forskellige muligheder for blandingers virkning.
Graphic definition of herbicide joint action.

Hvis blandingerne afviger fra ADM får vi enten en dårligere virkning end forventet (antagonisme) eller en kraftigere virkning en forventet (synergisme)(figur 1). Den bedste og mest entydige måde at definere blandingers virkning på, er at benytte den grafiske metode i figur 1. Synergisme og antagonisme kan også beskrives matematisk (Vølund, 1992):

$$z = z_a^{\eta_1} (z_a + r z_b)^{1-\eta_1} + (r z_b)^{\eta_2} (z_a + r z_b)^{1-\eta_2} \quad (4)$$

η_1 og η_2 er eksponenter, og z_a og z_b er doseringen af A og B, som indgår i blandingerne. Hvis blandingen udelukkende består af herbicid A eller B, bliver z lig med Z_a eller Z_b . Hvis η_1 og η_2 er lig med 1.00, er $z = z_a + r z_b$, hvilket svarer til ADM og dermed til ligning (3).

Materialer og metoder

10 frø af Gul Sennep blev sået i 2 l's pletter med en jord-sphagnum blanding (2:1 w/w) og placeret i væksthuse. Efter fremspiring blev antallet af planter reduceret til 4 pr. plette. Da planterne havde ca. 2-2,5 løvblade, blev de sprøjtet (Hardi 4110-14, væskemængde 190 l ha⁻¹) med de respektive herbicider og doseringer. Planterne blev høstet 21 dage efter sprøjtning. Forsøget var et fuldstændigt randomiseret forsøg med 3 gentagelser pr. behandling, dog blev ubehandlet gentaget 9 gange.

Forsøget omfattede ialt 7 doseringskurver for MCPA som dimethylaminsalt og butoxyethyl-ester samt 7 doseringskurver for mechlorprop-p som kaliumsalt og bisester. Hver doseringskurve bestod af 6 doseringer med en fortyndingsfaktor på 2 mellem doseringer (tabel 1).

Tabel 1. Blandingsforhold og maksimal dosering for de enkelte doseringskurver. *Mixtures and maximum dose rates.*

| Herbicide | Maksimal dosering g vs. ha ⁻¹ |
|--------------------|---|
| 100% MCPA | 128 |
| 100% Mechlorprop-p | 128 |
| 80% MCPA | 160 |
| 67% MCPA | 192 |
| 50% MCPA | 128 |
| 33% MCPA | 192 |
| 20% MCPA | 160 |

En ikke-lineær logistisk regressionsmodel blev brugt til at beskrive friskvægt potte⁻¹ (U) som funktion af dosering (z) (Streibig *et al.*, 1993), hvor D er den øvre grænse for friskvægt potte⁻¹ og svarer til friskvægten af usprøjtet Gul Sennep, og C er den nedre grænse for friskvægt ved meget store doseringer. b er hældningen af kurven omkring ED_{50} , som svarer

Rettelseblad.

Vedhæftede etikette bedes indsat på side 197 til erstatning for ligning nr. 7.

$$z_{ij} = (pz_j)^{\eta_1} (pz_j + (1-p_i)r_2z_j)^{1-\eta_1} + ((1-p_i)r_2z_j)^{\eta_2} (pz_j + (1-p_i)r_2z_j)^{1-\eta_2} \quad (7)$$

Tidsskr. Planteavl Specialserie (1993). S-2236, 193-201.

10

$$U_{ij} = C + \frac{D-C}{1 + \exp [b (\log (r_i z_j) - \log (ED_{50_i}))]} + e_{ij} \quad (5)$$

til den dosering, som halverer friskvægten mellem den øvre og nedre grænse. ij angiver den j 'te dosering for det i 'te herbicid. r_i angiver den relative styrke for mechlorprop-p ($i=2$) og de fem blandinger ($i=3, 4, 5, 6$ og 7). For standardherbicidet MCPA er $r_1=1,00$. e_{ij} er den tilfældige variation, som forudsættes at være normalfordelt og med konstant varians. Alle 7 doseringskurver, som kan beskrives med model (5), havde samme øvre og nedre grænse samt samme hældning omkring ED_{50} , dvs. doseringskurverne var parallelle. Det eneste der adskiller kurverne er således den relative styrke r_i , som er et mål for parallelforskydningen af de 6 kurver i forhold til kurven for MCPA.

Hvis hypotesen om, at herbiciderne kan blandes i et hvilket som helst forhold, uden at de påvirker hinandens virkning, det vil sige de følger ADM, kan $r_i z_i$ i model (5) substitueres med ligning (3) til:

$$U_{ij} = C + \frac{D-C}{1 + \exp [b (\log (z_j (p_1 + r_2 (1-p_1))) - \log (ED_{50_1}))]} + e_{ij} \quad (6)$$

p_1 er den relative mængde af MCPA i blandingen (tabel 1). For ren MCPA er $p_1=1$ og for ren mechlorprop-p er $p_2=0$. (Streibig, 1992).

Hvis der er antagonisme eller synergisme, kan $r_i z_i$ i model (5) substitueres med

$$z_{ij} = (p_i z_j)^{\eta_1} (p_i z_j + (1-p_i) r_2 z_j)^{1-\eta_1} + ((1-p_i) r_2 z_j)^{\eta_2} (p_i z_j + (1-p_i) r_2 z_j)^{1-\eta_2} \quad (7)$$

hvor i, j og p har den samme betydning som i model (6), der kan omskrives til:

$$U_{ij} = C + \frac{D-C}{1 + \exp [b (\log (z_{ij}) - \log (ED_{50_1}))]} + e_{ij} \quad (8)$$

For at stabilisere variansen blev både højre og venstre side af modellerne (5, 6 og 8) transformeret med eksponenten 0,25 (Streibig, 1992). Alle regressioner blev kontrolleret grafisk og testet mod en almindelig variansanalyse for at sikre, at residualerne e_{ij} var tilfældigt fordelt omkring regressionskurven.

Resultater og diskussion

Tabel 2 viser resultatet af regressionsanalyser med model (5), som kun forudsætter parallelle kurver og model (6), der forudsætter, at blandinger af salte af MCPA og mechlorprop-p følger ADM. Model (6) var lige så god til at beskrive data som model (5) og vi kan derfor

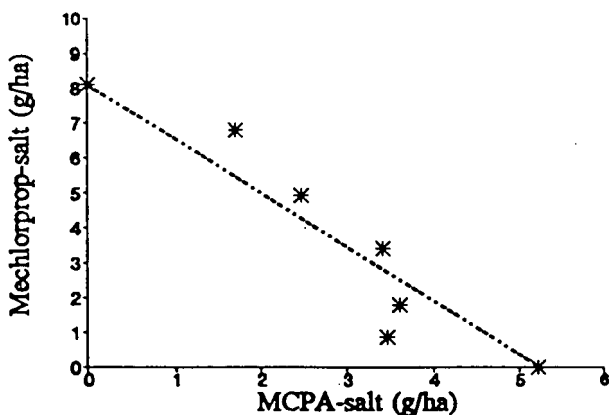
konkludere, at blandingerne følger ADM (figur 2). Med andre ord vi kan blande de to herbicider i et hvilket som helst forhold, uden at de påvirker hinandens virkning i planten.

Tabel 2. Resumé af regressionsanalyse for blandinger af salte af MCPA og mechlorprop-p. *Summary of regression analyses of salt formulations of MCPA and mecoprop-p mixtures.*

| Herbicide | Parameter | Parallele kurver | | Parallele kurver og ADM | |
|--------------------|---------------------------------|------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| | | Estimat | 95% konfidens- interval | Estimat | 95% konfidens- interval |
| 100% MCPA | D g potte ⁻¹ | 56,39 | 50,03–62,74 | 56,28 | 49,76–62,80 |
| | C g potte ⁻¹ | 5,377 | 2,658–8,097 | 5,546 | 3,894–7,198 |
| | b | 1,047 | 0,834–1,260 | 1,068 | 8,842–1,294 |
| | ED_{50} g ha ⁻¹ | 5,222 | 3,313–7,130 | 4,814 | 3,368–6,260 |
| 100% Mechlorprop-p | r_2 | 0,644 | 0,417–0,872 | 0,534 | 0,354–0,715 |
| 80% MCPA | r_3 | 1,206 | 0,761–1,650 | | |
| 67% MCPA | r_4 | 0,965 | 0,638–1,293 | | |
| 50% MCPA | r_5 | 0,764 | 0,493–1,035 | | |
| 33% MCPA | r_6 | 0,704 | 0,458–0,952 | | |
| 20% MCPA | r_7 | 0,614 | 0,386–0,842 | | |

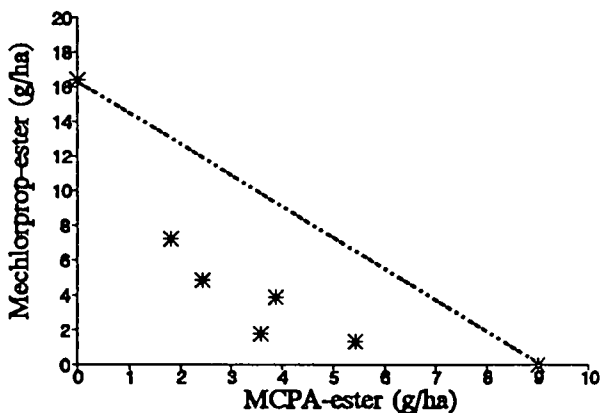
Tabel 3 viser resultatet af regressionsanalyser med model (5), som kun forudsætter parallelle kurver og model (8), der kan beskrive blandinger af estre af MCPA og mechlorprop-p, som virker synergistisk (figur 3). Model (8) var lige så god til at beskrive data som model (5). Da η_1 og η_2 var mindre end 1,00 i tabel 3, virker blandinger af esterformuleringer af MCPA og mechlorprop-p bedre end ved at bruge herbiciderne enkeltvis (figur 3). Vi kan derfor nedsætte doseringen af en blanding af esterformuleringerne uden at miste effekt.

Det skal understreges, at der kun er tale om et enkelt forsøg og der kan derfor ikke drages generelle konklusioner vedrørende blandinger af hormonmidler. Resultaterne skal først og fremmest illustrere, at vi kan beskrive både additiv virkning og synergisme af blandinger med matematiske modeller. Vi er derfor i stand til at bruge resultaterne i databaser f.eks. "PC-Planteværn".



Figur 2. Blandinger af salte af MCPA og mechlorprop-p på ED_{50} -niveau. Hypotesen om additiv virkning (ADM) passer.

Isobole for salt formulations of MCPA and mecoprop-p at ED_{50} . The mixtures follow ADM.



Figur 3. Blandinger af estre af MCPA og mechlorprop-p på ED_{50} -niveau. Blandingerne virker synergistisk.

Isobole for ester formulations of MCPA and mecoprop-p at ED_{50} . The mixtures show synergism.

Tabel 3. Resumé af regressionsanalyse for blandinger af estre af MCPA og mechlorprop-p.
Summary of regression analyses of ester formulations of MCPA and mecoprop-p mixtures.

| Herbicide | Parameter | Parallele kurver | | Parallele kurver og model (8) | |
|--------------------|---------------------------------|------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | | Estimat | 95% konfidens- interval | Estimat | 95% konfidens- interval |
| 100% MCPA | D g potte ⁻¹ | 57,31 | 50,35–64,27 | 57,48 | 50,45–64,50 |
| | C g potte ⁻¹ | 1,857 | 0,027–3,687 | 1,675 | -0,328–3,678 |
| | b | 0,958 | 0,766–1,149 | 0,946 | 0,752–1,140 |
| | ED_{50} g ha ⁻¹ | 8,996 | 5,611–12,38 | 8,959 | 5,579–12,34 |
| 100% Mechlorprop-p | r_2 | 0,548 | 0,237–0,739 | 0,545 | 0,355–0,735 |
| 80% MCPA | r_3 | 1,326 | 0,878–1,772 | | |
| 67% MCPA | r_4 | 1,677 | 1,093–2,261 | | |
| 50% MCPA | r_5 | 1,160 | 0,768–1,552 | | |
| 33% MCPA | r_6 | 1,237 | 0,815–1,660 | | |
| 20% MCPA | r_7 | 0,996 | 0,661–1,332 | | |
| | η_1 | | | 0,331 | -0,209–0,874 |
| | η_2 | | | 0,222 | -0,120–0,564 |

Sammendrag

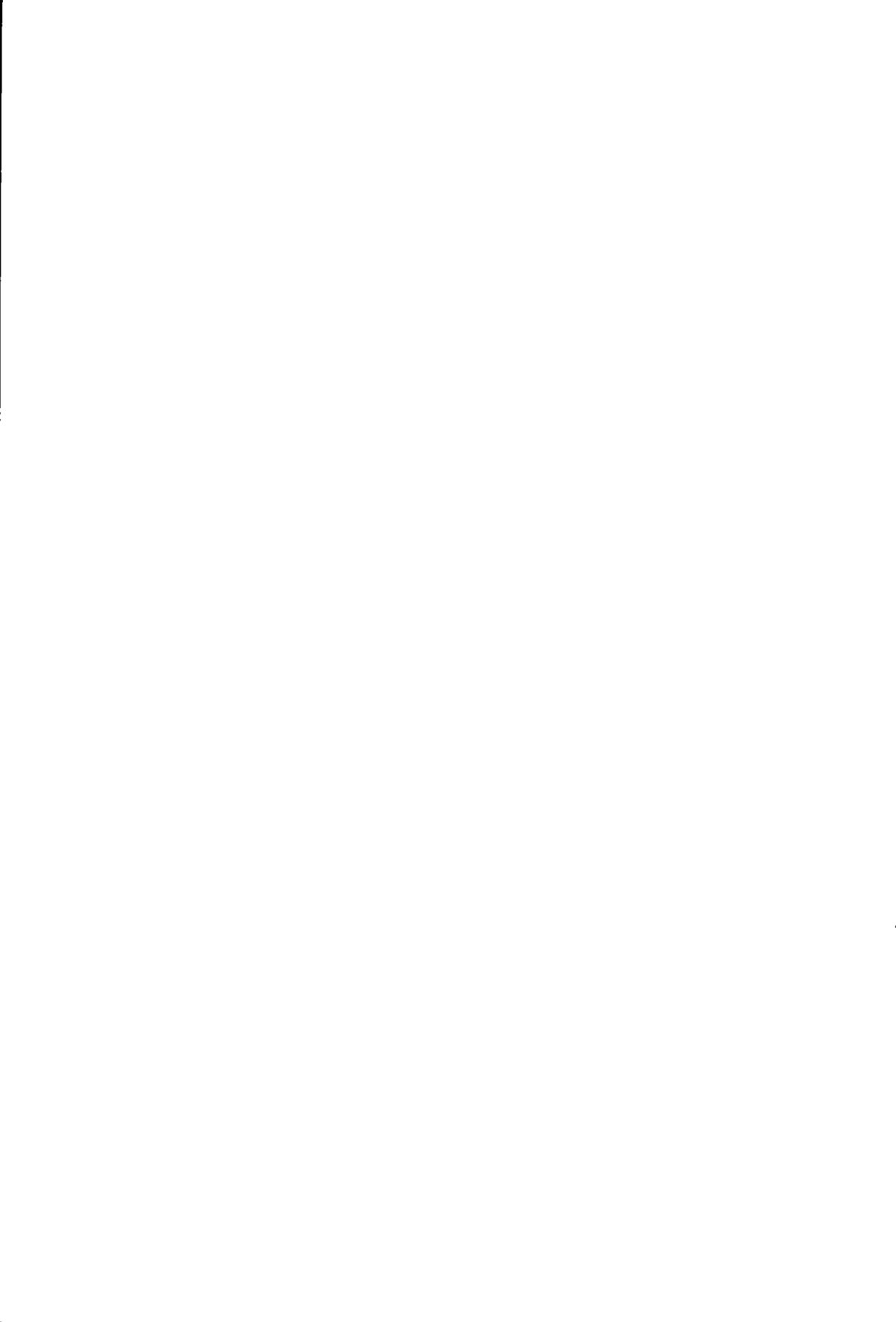
Herbicide udsprøjtes ofte i blandinger. Effekten af herbicidblandinger kan enten være additiv, antagonistisk eller synergistisk. Disse effekter kan beskrives grafisk og matematisk med doseringskurver og referencemodeller, som beskriver den forventede effekt af blandinger. Artiklen giver eksempler på blandinger, der virker additivt og synergistisk. Hvis vi kan beskrive blandingers virkning matematisk, kan vi anvende denne viden i databaser.

Erkendtlighed

Projektet "Optimering af sammensætning og dosering af herbicidblandinger" er finansielt støttet af Landbrugsministeriets program "Bæredygtigt Jordbrug".

Litteratur

1. Green, J.M. & J.C. Streibig. 1993. Herbicide mixtures. I: Herbicide Bioassays. (J.C. Streibig & P. Kudsk eds.) CRC Press, Inc., Boca Raton. pp. 117-135.
2. Hewlett, P.S., & R.L. Plackett. 1979. An Introduction to the Interpretation of Quantal Responses in Biology. Edward Arnold, London.
3. Morse, P.M. 1978. Some comments on the assessment of joint action in herbicide mixtures. Weed Science 26, 58-71.
4. Streibig J.C., M. Rudemo & J.E. Jensen. 1993. Dose-response curves and statistical models. I: Herbicide Bioassays. (J.C. Streibig & P. Kudsk eds.) CRC Press, Inc., Boca Raton. pp. 29-56.
5. Streibig, J.C. 1987. Joint action of root-absorbed mixtures of auxin herbicides in *Sinapis alba* L. and barley (*Hordeum vulgare* L.). Weed Research 27, 337-347.
6. Streibig, J.C. 1992. Quantitative Assessment of Herbicide Phytotoxicity with Dilution Assay. Department of Agricultural Sciences, Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen.
7. Velund, A. 1992. Dose response surface bioassay, XVIth IBC. Abstract.



Fluorescensmåling af herbiciders virkning på planter *Assessment of herbicide effects using chlorophyll fluorescence*

Henrik Østergaard Nielsen, Niels Kristian Pedersen, Jens Erik Jensen,
Christian Andreasen & Jens C. Streibig.
Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole,
Institut for Jordbrugsvidenskab,
Thorvaldsensvej 40,
1871 Frederiksberg C.

Summary

*Chlorophyll fluorescence has been used to describe herbicide dose-response curves for an atrazine resistant and a susceptible biotype of Black nightshade (*Solanum nigrum*) treated with atrazine, bentazone, methabenzthiazuron and phenmedipham. Correlations between fluorescence, measured at various times after treatment, and dry matter varied between 0.42–0.86 when data could be described by a logistic model. The cross-resistance ratios for methabenzthiazuron at ED_{50} for fluorescence and dry matter were 3.5 and 9.6, respectively.*

Indledning

I grønne planters fotosyntese indgår blandt andet to proteinkomplekser, kaldet fotosystem I (PSI) og fotosystem II (PSII), som ændrer lysenergi fra solen til kemisk energi i planten. PSII fjerner elektroner fra vand og overfører elektronerne via transportmolekyler (plastoquinonmolekyler) til PSI. En stor gruppe herbicider binder sig til et af disse elektrontransportmolekyler og hæmmer derved elektrontransporten fra PSII til PSI (Arntzen *et al.*, 1982). Disse herbicider kaldes for fotosystem II hæmmere (PSII-hæmmere).

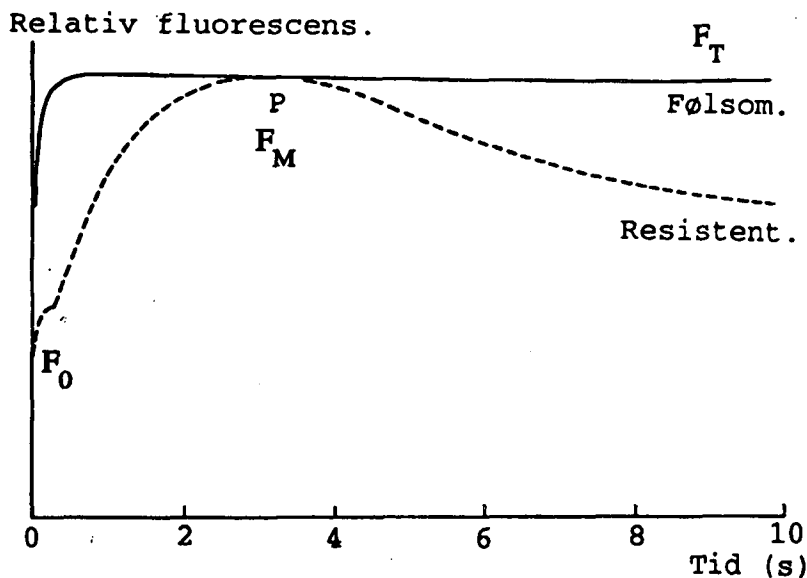
I 1968 blev der første gang fundet *s*-triazin resistens overfor PSII-hæmmere hos Alm. Brandbæger (*Senecio vulgaris*) i USA (Ryan, 1970). Siden er denne form for resistens fundet i mange lande inklusiv Danmark (Larsen, 1986). I højere planter er kun en enkel mutation nødvendig for at ændre herbicidbindingsstedet og derved gøre planten resistent. Hvis planten er resistent over for et *s*-triazin herbicid, er den ofte også noget resistent over for andre PSII-hæmmere med samme virkningssted som *s*-triaziner (Cobb, 1992). Dette fænomen kaldes positiv krydsresistens.

Under normale fysiologiske temperaturforhold tabes 15% af solenergien, opfanget i fotosyntesen, som varme eller fluorescens (Papageorgiou, 1975). I et fluorescensemissionsspektrum ses to bånd ved 685 nm og 745 nm, som repræsenterer emissionen fra PSII og PSI (Baker & Bradbury, 1981). I denne artikel er fluorescens målt ved 685 nm.

Plantens fotosynteseeffektivitet afspejles af fluorescensresponsen over tiden, når bladet udsættes for et kort lysglimt efter at have været anbragt en tid i mørke. Kurven, der fremkommer ved en sådan lysinduktion, betegnes som Kautsky-kurven (Bolhar-Nordenkampf *et al.*, 1989). De vigtigste faser på kurven betegnes med bogstaverne O,P,T (Papageorgiou 1975) (fig.1). Startfluorescens (F_0) svarer til baggrundsfluorescensen. Under lysglimt stiger fluorescensen fra F_0 til toppen af kurven (P) (Baker & Bradbury, 1981). Fluorescensen i toppunktet (P) afspejler den maksimale fluorescens (F_M). Stigningen i fluorescens (F_0-F_M) kaldes den variable fluorescens (F_V) (Öquist & Wass, 1988b). Efter toppen (P) falder fluorescensen langsomt til et stabilt niveau (F_T) (Papageorgiou, 1975).

For at eliminere tilfældige variationer mellem målinger, er det en fordel at anvende størrelsen F_V/F_M (Baker & Bradbury, 1981). Der er fundet en meget høj korrelation mellem hæmning af fotosyntesen og et fald i F_V/F_M (Björkman & Demming, 1987), som i vores fluorescensundersøgelser er brugt som respons.

Når elektrontransporten fra PSII blokeres, vil den chlorofylabsorberede lysenergi blive emitteret som fluorescens. Derfor vil fluorescensmålinger på planter, behandlet med PSII-hæmmere kunne afsløre, hvilke biotyper der er følsomme, og hvilke der er resistente (Truelove & Hensley, 1982). Figur 1 viser et typisk fluorescensforløb for en resistent og en følsom biotype efter en herbicidbehandling.



Figur 1. Fluorescens-induktionskurver for en følsom og en resistent Sort Natskygge (*S. nigrum*), efter behandling med PSII-hæmmeren atraton (Efter Van Oorschot & Straathof, 1988).

Fluorescence induction curves for resistant and susceptible biotypes of Solanum nigrum treated with the PSII inhibitor atraton.

Formålet med vores forsøg er at undersøge, om den hurtige fluorescensmetode kan bruges til kvantitativt at bestemme planters resistens overfor PSII-hæmmere. Dette gøres ved at sammenligne fluorescens målt på forskellige tidspunkter efter herbicidbehandling med biomasse af en atrazinresistent og en atrazinfølsom biotype af Sort Natskygge (*Solanum nigrum*), efter behandling med atrazin, bentazon, methabenzthiazuron eller phenmedipham.

Materialer og metoder

De to anvendte biotyper af Sort Natskygge (*Solanum nigrum*) var en atrazinfølsom (S) type fra Højbakkegårds frøsamling samt en atrazinresistent (R) type fra en majsmark på Tuse Næs ved Holbæk.

Frøene blev sået i 5-liters potter med ca. 1/3 sand og 2/3 sphagnum (ca. 50 frø i hver potte) og anbragt i væksthus (fuld randomisering indenfor 3 blokke). Der var ialt 192 potter i forsøget (2 biotyper, 8 doseringer, 4 herbicider, 3 blokke).

Dagtemperaturen var i forsøgsperioden mellem 17°C og 33°C og nattemperaturen mellem 11°C og 17°C. Planterne var fremspiret på 5. dagen efter såning. Potterne blev 7-9 dage efter såning udyndet til 20 planter i hver potte. Da thripsangreb var et problem, blev planterne gentagne gange behandlet med insekticider. To dage efter sidste behandling kunne vi konstatere gule til lysegrønne kloroser på bladene, som formodentlig skyldes de gentagne insekticidbehandlinger. Dagen før herbicidbehandlingen blev potterne udyndet til 18 planter pr. potte for at gøre plantematerialet mere ensartet.

Ved sprøjtning med de fire herbicider 16 dage efter såning varierede planternes udviklings-trin fra kimbladstadiet til 4-løvbladstadiet. Planterne var meget uensartede og virkede stressede (efter insekticidbehandlingen). Det var ikke muligt at se forskel på de to biotypers udvikling, og der var derfor heller ikke nogen grund til at sprøjte de to biotyper på forskellige tidspunkter. Doseringsområde og fortyndingsfaktor for de enkelte midler er vist i tabel 1 (se Streibig *et al.*, 1993).

Doseringsrækkerne med atrazin var tilsat penetreringsolie (Shell 11E) i en koncentration, som svarer til en dosering på 3 l ha⁻¹. Herbicidsprøjtningen blev udført i Højbakkegårds sprøjtekabine med Hardi-fladsprededyser 4110-16. Trykket var 4 bar og væskemængden 235 l ha⁻¹.

Der blev målt fluorescens ialt 6 gange (2, 22, 46, 90, 162 og 258 timer efter herbicidbehandling) for at bestemme et optimalt måletidspunkt for fluorescens, der kan sammenlignes med tørvægt ved høst. Fluorescensmålingerne blev udført med et "PSM Mark II Plant Stress Meter" fra Biomonitor S.C.I. AB i Sverige (Öquist & Wass, 1988a; 1988b). Det fluorescens-inducerende lysglimt (fotonydelsen) fra fluorometeret var 200 $\mu\text{mol fotoner m}^{-2} \text{s}^{-1}$. F_0 og F_M blev målt, og F_V samt F_V/F_M blev beregnet indenfor en måletid på to sekunder efter lysglimtet (Öquist & Wass, 1988a). Kuvetter blev anbragt på intakte blade en time før måling. Herved bliver området under kuvetten mørketilpasset, så den lysafhængige

metabolisme ikke slører det reelle billede af herbicidforårsaget fluorescens (Krause & Weiss, 1984). Lyslederkablet tilkoblede kuvetten på en sådan måde, at der ikke trængte lys ned til det mørketilpassede område. Målingen blev foretaget på oversiden af bladet.

Det er bedst, at temperaturen holdes konstant under hele forsøget, da fotosyntesen og baggrundsfluorescensen forventes at være temperaturafhængig (Havaux, 1989). Det var imidlertid ikke muligt i væksthuset. Temperaturen varierede for de forskellige måleserier mellem 14°C og 27°C.

Tørvægt af planterne blev bestemt 21 dage efter sprøjtning. På det tidspunkt var planterne i tidligt knopstadium og den følsomme biotypes kontrolplanter var ca. 35 cm høje, mens den resistente biotypes kontrolplanter var ca. 30 cm. Der var en farveforskel mellem de to biotyper, idet den følsomme var mere mørkegrøn end den resistente biotype.

Tabel 1. Doseringsområde og fortyndingsfaktor for 4 PSII-hæmmende herbicider for følsom (S) og resistent (R) Sort Natskygge (*S. nigrum*). 8 doseringer i hver doseringsrække i kg virksomt stof ha⁻¹ (v.st. ha⁻¹).

Dose range and dilution factor for 4 PSII-inhibiting herbicides for susceptible (S) and resistant (R) biotypes of S. nigrum. 8 Doses for each herbicide and biotype are in kg active ingredient ha⁻¹.

| Biotype | Resistent (R) | | | |
|-------------------|---------------|----------|--------------------|--------------|
| Herbicide | Atrazin | Bentazon | Methabenzthiazuron | Phenmedipham |
| Fortyndingsfaktor | 2,000 | 1,667 | 1,667 | 1,667 |
| Dosis min. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Dosis max. | 19,200 | 0,173 | 4,900 | 1,600 |
| Biotype | Følsom (S) | | | |
| Herbicide | Atrazin | Bentazon | Methabenzthiazuron | Phenmedipham |
| Fortyndingsfaktor | 1,538 | 1,667 | 1,667 | 1,667 |
| Dosis min. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Dosis max. | 0,318 | 0,288 | 1,764 | 0,960 |

En ikke-lineær logistisk regressionsmodel, blev brugt til at beskrive fluorescens eller tørvægt (*U*) som funktion af dosering (*z*) (Streibig *et al.*, 1993).

Parametrene *D* og *C* svarer til øvre og nedre grænse for *U* ved henholdsvis meget små og meget høje doseringer. Parameteren *ED*₅₀ svarer til den dosering, som reducerer *U* 50%

$$U = C + \frac{D-C}{1+\exp [b(\log (ED_{50})-\log (z))]} \quad (9)$$

mellem den øvre og nedre grænse. ED_{50} -værdier for fluorescens blev sammenlignet med de korresponderende værdier for tørvægt. Som kontrol af, hvor godt den ikke-lineære model (1) beskriver variationen i data, er der brugt et *lack of fit* test, hvor den ikke-lineære model er testet mod en almindelig variansanalyse (Streibig *et al.*, 1993).

Resultater

ED_{50} -værdier, som kunne estimeres for tørvægt og fluorescens, er angivet i tabel 2 og 3. Model (1) beskrev samtlige tørvægtsdata tilfredsstillende med undtagelse af den atrazinbehandlede, resistente biotype. Nogle korrelationer mellem fluorescens og tørvægt er vist i tabel 4. I visse tilfælde blev der fundet højere korrelationer mellem fluorescens og tørvægt for data, som ikke kunne beskrives med model (1).

Tabel 2. ED_{50} -værdier (kg v. st. ha^{-1}) for den atrazinresistente biotype. Konfidensintervaller (95%) og tidspunkt for fluorescensmåling er anført i parentes. * = model (1) kan ikke beskrive data.

*ED₅₀-values (kg ai. ha⁻¹) for fluorescence and dry matter for the atrazine resistant biotype. Confidence intervals (95%) and time of measurement of fluorescence are in parentheses. * = model (1) does not describe data.*

| Herbicide | Atrazin | Bentazon | Methabenzthiazuron | Phenmedipham |
|----------------|---------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Tørvægt | * | 0,030 (0,018-0,041) | 0,325 (0,217-0,432) | 0,059 (0,029-0,090) |
| Fluores. (2) | * | * | * | * |
| Fluores. (22) | * | * | * | * |
| Fluores. (46) | * | * | * | * |
| Fluores. (90) | * | * | * | * |
| Fluores. (162) | * | * | 1,229 (0,972-1,486) | 0,324 (0,211-0,437) |
| Fluores. (258) | * | * | 0,697 (0,386-1,009) | 0,294 (0,179-0,409) |

Tabel 3. ED_{50} -værdier for den atrazinfølsomme biotype. Symboler svarer til tabel 1.
 ED_{50} -values for the atrazine susceptible biotype. Symbols as in Tabel 1.

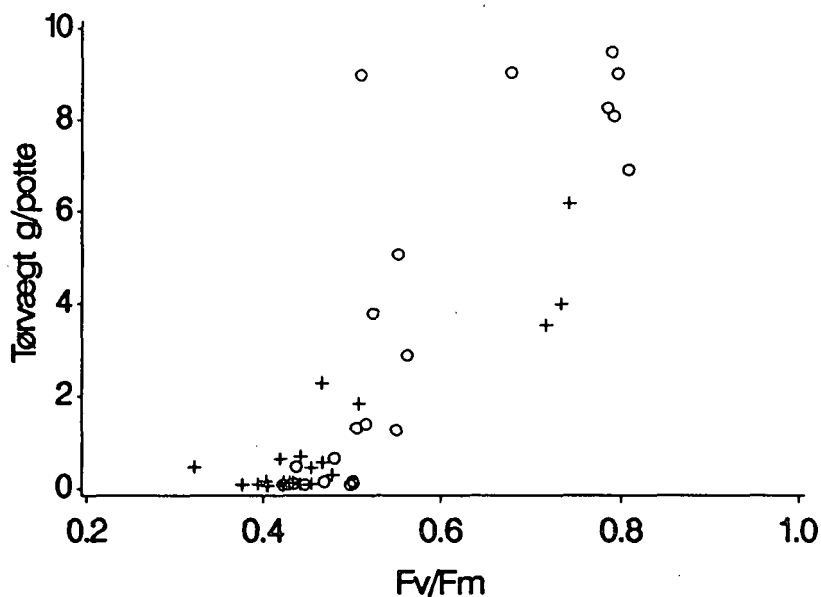
| Herbicide | Atrazin | Bentazon | Methabenzthiazuron | Phenmedipham |
|----------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Tørvægt | 0,046 (0,037-0,054) | 0,060 (0,044-0,078) | 0,034 (0,006-0,062) | 0,053 (0,037-0,068) |
| Fluores. (2) | * | * | * | * |
| Fluores. (22) | 0,046 (0,023-0,069) | 0,079 (0,018-0,139) | * | * |
| Fluores. (46) | * | 0,121 (0,083-0,160) | * | * |
| Fluores. (90) | * | * | * | * |
| Fluores. (162) | 0,084 (0,051-0,116) | * | 0,351 (0,125-0,488) | * |
| Fluores. (258) | * | * | 0,326 (0,200-0,451) | * |

Figur 2 viser sammenhæng mellem F_V/F_M og tørvægt for den følsomme biotype efter atrazinbehandling og den resistente biotype efter phenmediphambehandling.

Tabel 4. Korrelationer mellem tørvægt og fluorescens (F_V/F_M). Korrelationer med fluorescensdata, som ikke kunne beskrives med model (1), er med fed skrift. TAB=timer efter behandling. * =korrelationer signifikant forskellige fra nul.
*Korrelations between dry matter and fluorescence (F_V/F_M). Correlations with fluorescence that were not described by model (1) are in bold. TAB= hours after treatment. * =correlations significantly different from zero.*

| Biotype | Resistent (Resistant) | | | |
|-----------|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | Atrazin | Bentazon | Methabenzthiazuron | Phenmedipham |
| Korr. TAB | 0,40* 2 | 0,12 2 | 0,34 2 | 0,82* 2 |
| Korr. TAB | 0,50* 22 | 0,42* 22 | 0,38 22 | 0,91* 22 |
| Korr. TAB | 0,38 46 | 0,76* 46 | 0,45* 46 | 0,86* 46 |
| Korr. TAB | 0,31 90 | 0,51* 90 | 0,54* 90 | 0,86* 90 |
| Korr. TAB | 0,50* 162 | 0,49* 162 | 0,70* 162 | 0,42* 162 |
| Korr. TAB | | 0,43* 258 | 0,66* 258 | 0,44* 258 |

| Biotype | Følsom (<i>Susceptible</i>) | | | |
|-----------|-------------------------------|--------------|--------------------|--------------|
| | Atrazin | Bentazon | Methabenzthiazuron | Phenmedipham |
| Korr. TAB | 0,70* 2 | 0,47* 2 | 0,78* 2 | 0,88* 2 |
| Korr. TAB | 0,86* 22 | 0,69* 22 | 0,51* 22 | 0,93* 22 |
| Korr. TAB | 0,89* 46 | 0,74* 46 | 0,70* 46 | 0,90* 46 |
| Korr. TAB | 0,87* 90 | 0,77* 90 | 0,69* 90 | 0,90* 90 |
| Korr. TAB | 0,73* 162 | 0,54* 162 | 0,57* 162 | 0,53* 162 |
| Korr. TAB | | 0,64* 258 | 0,46* 258 | 0,33 258 |



Figur 2. Sammenhæng mellem tørvægt og fluorescens målt 22 timer efter atrazinbehandling for den følsomme biotype (○) og phenmediphambehandling for den resistente biotype (+).

Relationship between dry matter and fluorescence measured 22 hours following atrazine spraying for the susceptible biotype (○) and phenmedipham spraying for the resistant biotype (+).

Diskussion

Generelt var ED_{50} højere for fluorescens end for tørvægt (tabel 2). Der kan ikke umiddelbart gives en fornuftig forklaring på dette.

Korrelationerne for rådata mellem tørvægt og fluorescens varierede mellem 0,42 og 0,86, når data kunne beskrives med den logistiske model (1). Højere korrelationer er i visse tilfælde fundet for rådata, hvor fluorescensdata ikke kunne beskrives med model (1) pga. for stor variation. Denne store tilfældige variation kan skyldes de tidligere nævnte thripsangreb og insekticidbehandlinger. Desuden må man regne med en relativ høj naturlig genetisk variation i det indsamlede frø. Disse tilfældige variationer kan man måske tage højde for ved at bruge flere gentagelser (flere fluorescensmålinger). En anden usikkerhed ved korrelationerne er, at forholdsvis lave doseringer hæmmer planten, men slår den ikke ihjel. På et tidspunkt vil disse doseringer bevirke en høj fluorescens, men efterhånden som planten overvinder virkningen af små doser, falder fluorescensen igen. Dette forløb vil kun i ringe grad afspejle sig i tørvægten.

Det mest optimale tidspunkt for måling af fluorescens med methabenzthiazuron var 162 timer efter behandling for begge biotyper, hvis vi forudsætter, at data skal kunne beskrives med model (1) (tabel 2 og 3), samt korrelere så godt som muligt med tørvægt (tabel 4). Atrazins virkning målt bedst 22 timer efter sprøjtning hos den følsomme biotype, mens bentazons virkning har været optimal 46 timer efter sprøjtning af den følsomme biotype. Phenmediphams effekt var optimal 258 timer efter sprøjtning for den resistente biotype.

De krydsresistensfaktorer, som er angivet i det følgende, er udregnet på grundlag af ED_{50} -værdier for tørvægt og fluorescens. En krydsresistensfaktor for atrazin kunne ikke beregnes nøjagtigt, da der ikke var nogen ED_{50} -værdi for den atrazinresistente biotype. Dog kan vi ud fra vores datamateriale se, at for ED_{50} skal der bruges mere end 30 kg atrazin. Derfor kan vi fastslå, at R/S-faktoren for atrazin er større end 652 (30 kg/0,046 kg). Krydsresistensfaktoren for bentazon var 0,5 (0,030 kg/0,060 kg) udregnet efter tørvægt. Van Oorschot (1991) har samlet oplysninger fra andre forskere om triazinresistente og -følsomme biotyper af bl.a. Hvidmelet Gåsefod (*Chenopodium album*) og *Amaranthus hybridus* og disse biotypers krydsresistens. Der blev fundet R/S-faktorer på 0,3–0,4 for *C. album* og 0,5–0,7 for *A. hybridus* behandlet med bentazon. Krydsresistensfaktoren for methabenzthiazuron er udregnet til 3,5 (1,229 kg/0,351 kg) for fluorescens og 9,6 (0,325 kg/0,034 kg) for tørvægt. De Prado *et al.* (1989) fandt en krydsresistensfaktor for methabenzthiazuron på 10,5 bestemt ved en anden metode (Hill-reaktionsmålinger) hos Hvidmelet Gåsefod (*C. album*). Mathiassen og Kudsk (1991) fandt for biomasse en R/S-faktor på 3,24 til 3,51 for to biotyper af Hvidmelet Gåsefod (*C. album*), behandlet med methabenzthiazuron. For phenmedipham er krydsresistensfaktoren 1,1 (0,059 kg/0,053 kg) udregnet efter tørvægt. Mathiassen og Kudsk (1991) fandt ved biomassebestemmelser en R/S-faktor på 1,75 for en biotype af *C. album* behandlet med phenmedipham.

Konklusion

Fluorometermetoden er anvendelig til at bestemme dosis-respons-kurver, hvis man er opmærksom på, hvornår herbicidet virker optimalt på planterne. Det er endvidere vigtigt, at planterne ikke er midlertidigt påvirket af stress, som ofte har større indvirkning på måling af fluorescens end på den endelige biomassebestemmelse.

Fluorescensbestemmelser på planter er også blevet anvendt på andre herbicidgrupper. Eksempelvis har Judy *et al.* (1990) fundet øget fluorescens fra bygplanter (*Hordeum vulgare*), behandlet med aminosyrehæmmeren imazaquin. Her er der uden tvivl tale om en sekundær virkning af herbicidet. Dette indikerer, at metoden ikke er begrænset til bestemmelse af fotosyntesehæmmeres virkning. Det er endvidere kendt, at andre stressfaktorer, såsom ekstreme temperaturer og tørke, har indflydelse på planternes fluorescensniveau (Lundegårdh, 1992).

Vi kan i vores forsøg se, at der er et optimalt fluorescenstidspunkt, som afhænger af, hvilket herbicid man anvender. Færre sekundære stressfaktorer for planterne og flere fluorescensmålinger over tiden vil bevirke en bedre sammenhæng mellem fluorescens og biomasse. Vi fandt forskel på atrazinfølsomme og atrazinresistente biotyper, hvad angår optimalt tidspunkt for måling af fluorescens, men der vil højst sandsynligt også være artsforskelle at tage højde for. Hvis metoden er meget følsom med hensyn til tilfældige variationer, skal der ekstra store foranstaltninger til for at eliminere disse variationer og arbejdsindsatsen vil ved måling af fluorescens hurtigt kunne overstige arbejdsindsatsen ved biomassebestemmelsen. Dog er fluorometermetoden non-destruktiv og har især sin berettigelse, hvis formålet er at måle herbiciders virkning over en tidsperiode på samme plante, såfremt temperaturen er konstant ved alle målinger. Da fluorometeret er bærbart, kan metoden endvidere anvendes til hurtig måling af fotosystem II hæmmende herbiciders virkning i marken. Virkningen kan måles længe før herbicidets synlige effekt kan konstateres, og metoden er med held blevet anvendt til test for herbicidresistens i marken (Van Oorschot & Van Leeuwen, 1992).

Sammendrag

Fluorescens er blevet brugt til at beskrive doseringskurver for en atrazinresistent og -følsom biotype af Sort Natskygge (*Solanum nigrum* L.). Planterne er blevet sprøjtet med atrazin, bentazon, methabenzthiazuron og phenmedipham. Korrelationer mellem fluorescens, der blev målt flere gange efter sprøjtning, og tørstof af planterne varierede mellem 0,42-0,86 for data, som kunne beskrives med en logistisk regressionsmodel. Krydsresistens for methabenzthiazuron på ED_{50} -niveau for fluorescens og tørstof var 3,5 og 9,7. For bentazon var krydsresistensfaktoren 0,5 for tørvægt.

Erkendtlighed

Vi vil gerne takke Statens Jordbrugs- og Veterinærvidenskabelige Forskningsråd og Ib Henriksens Fond for finansiel støtte.

Litteratur

1. Arnúzen C.J., K. Pfister & K. Steinback. 1982. The mechanism of chloroplast triazine resistance: Alterations in the site of herbicide action. In: Herbicide resistance in plants (H.M. LeBaron & J. Gressel J. eds.). John Wiley & Sons, New York. pp. 185-214.
2. Baker N.R. & M. Bradbury. 1981. Possible applications of chlorophyll fluorescence techniques for studying photosynthesis *in vivo*. In: Plants and the daylight spectrum (H. Smith ed.). Academic Press, London. pp. 355-373.

3. Björkman O. & B. Demming. 1987. Photon yield of O₂ evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77K among vascular plants of diverse origins. *Planta*, 170: 489-504.
4. Bolhar-Nordenkamp H.R., S.P. Long, N.R. Baker, G. Öquist, U. Schreiber & E.G. Lechner. 1989. Technical report: Chlorophyll fluorescence as a probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: A review of current instrumentation. *Functional Ecology*, 3: 497-514.
5. Cobb A. 1992. *Herbicides and plant physiology*. Chapman & Hall, London. pp. 41-51.
6. DePrado R., C. Dominguez & M. Tena. 1989. Characterization of triazine-resistant biotypes of Common lambsquarters (*Chenopodium album*), Hairy fleabane (*Coryza bonaerensis*) and Yellow foxtail (*Setaria glauca*) found in Spain. *Weed Science*, 37: 1-4.
7. Havaux M. 1989. Comparison of atrazine-resistant and -susceptible biotypes of *Senecio vulgaris* L.: Effects of high and low temperatures on the *in vivo* photosynthetic electron transfer in intact leaves. *Journal of Experimental Botany*, 40, 849-854.
8. Judy B.M., W.R. Lower, M.W. Thomas, G.F. Krause & A. Astaw. 1990. The chlorophyll fluorescence assay as a rapid indicator of herbicide toxicity. *Proceedings of the 43rd annual meeting of the Southern Weed Science Society*. pp. 358-365.
9. Krause G.H. & E. Weiss. 1984. Chlorophyll fluorescence as a tool in Plant Physiology. II. Interpretation of fluorescence signals. *Photosynthesis Research*, 5: 139-157.
10. Larsen J.K. 1986. Atrazinresistens hos Alm. Brandbæger (*Senecio vulgaris*). 3. Danske Planteværnskonference. pp. 343-348.
11. Lundegårdh B. 1992. Consequences of resistance against photosynthetic inhibitors in *Monoraphidium pusillum* L. Department of Crop Production Science (Swedish University of Agricultural Science. Uppsala.) 14: 17-37.
12. Mathiassen S.K. & P. Kudsk. 1991. The response of atrazine-resistant and susceptible biotypes of *Chenopodium album* to other herbicides assessed by a parallel-line assay. The 43rd International Symposium on Crop Protection Gent, Belgium. pp 695-699.
13. Papageorgiou G. 1975. Chlorophyll fluorescence: An intrinsic probe of photosynthesis. In: *Bioenergetics of photosynthesis*. (Govindjee ed.) Academic Press, New York. pp. 319-371.
14. Ryan G.F. 1970. Resistance of Common groundsel to Simazine and Atrazine. *Weed Science*, 18: 614.
15. Streibig J.C., M. Rudemo & J.E. Jensen. 1993. Dose-response curves and statistical models. In: *Herbicide Bioassays*. (J.C. Streibig and P. Kudsk eds.) CRC Press, Inc., Boca Raton. pp 29-56.
16. Truelove B. & J.R. Hensley. 1982. Methods for testing of herbicide resistance. (1982). In *herbicide resistance in plants* (LeBaron H.M. & Gressel J. eds.). J. Wiley & Sons, New York. pp 117-129.
17. Van Oorschot J.L.P. & H.J.M. Straathof. 1988. On the occurrence and distribution of chloroplastic resistance of weeds to triazines in the Netherlands. *Annales de l'Association Nationale pour la protection des plantes*, 3 (2/1): 267-275.

18. *Van Oorschot J.L.P.* 1991. Chloroplastic resistance of weeds to triazines in Europe. In: *Herbicide resistance in weeds and crops.* (J.C. Caseley, G.W. Cussans & R.K. Atkin eds.). Butterworth-Heinemann Ltd. pp 87-101.
19. *Van Oorschot, J.L.P. & P.H. Van Leeuwen.* 1992. Use of fluorescence induction to diagnose resistance of *Alopecurus myosuroides* Huds. (black-grass) to chlortoluron. *Weed Research*, 32, 473-482.
20. *Öquist G. & R. Wass.* 1988a. Biomonitor Manual (Plant Stress Meter) Mark 2. (Biomonitor AB. Box 6534. S-90612 Umeå. SWEDEN).
21. *Öquist G. & R. Wass.* 1988b. A portable microprocessor operated instrument for measuring chlorophyll fluorescence kinetics in stress physiology. *Physiologia Plantarum*, 73: 211-217.



Faktorkorrigerede doseringer af jordherbicider

Factor-adjusted doses of soil-applied herbicides

Hanne Juul Pedersen & Per Kudsk

Planteværnscentret

Afdeling for Ukrudtsbekæmpelse

Flakkebjerg

4200 Slagelse

Arne Helweg

Planteværnscentret

Afdeling for Pesticidanalyser og Økotoksikologi

Flakkebjerg

4200 Slagelse

Summary

On different soil types different doses of soil applied herbicides are required to obtain the same level of weed control. Different adsorption capacity of the soils are believed to be responsible for this effect. To examine the potential of factor-adjusting the dose of soil-applied herbicides according to soil type, preliminary pot experiments were conducted in the greenhouse with propyzamide, carbetamide, and isoxaben on different soil types. The relative dose requirement of the soil types was estimated and related to the adsorption capacity of the soils. This confirmed the influence of soil adsorption capacity on herbicide efficacy. The relative dose requirement of isoxaben and propyzamide depended strongly on soil type, whereas carbetamide was less strongly adsorbed. Additional experiments including more soil types will be conducted in the greenhouse, to establish a relationship between dose requirement and soil type. Finally field trials will be carried out to verify the results.

Indledning

Den anbefalede dosering af bladherbicider kan ofte reduceres uden nogen betydende nedgang i bekæmpelseeffekt og udbytte. De afgørende faktorer er spektret af ukrudtsarter, ukrudtets udviklingstrin, de klimatiske betingelser på sprøjtetidspunktet og afgrødens konkurrenceevne overfor ukrudtet. Disse faktorer er i de senere år blevet kvantificeret, således at den anbefalede dosering af mange bladherbicider kan korrigeres efter de aktuelle forhold i marken på sprøjtetidspunktet. Herved opnås et nedsat forbrug af kemikalier til gavn for landmandens

økonomi og for miljøet.

Effekten af jordherbicer påvirkes ligeledes af ovennævnte faktorer, samt desuden af jordtypen. Årsagen er jordkolloidernes evne til at adsorbere herbicer og dermed reducere den plantetilgængelige mængde i jordvæsken. Forskellige jorde kræver derfor forskellige doseringer for at opnå den samme bekæmpelseeffekt. Med det formål at undersøge mulighederne for at faktorkorrigere doseringen af jordherbicer i relation til jordtypen har Afdeling for Ukrudtsbekæmpelse indledt et projekt til belysning af sammenhænge mellem jordtype, adsorption og effekt af jordherbicer. Dette indlæg omhandler principperne bag projektet og præsenterer nogle foreløbige resultater.

Adsorption

Adsorption af herbicer i jord er et komplekst fænomen, men kendskab hertil er nødvendigt, hvis samspillet mellem jordtype og effekt af jordherbicer skal forstås og udnyttes. Den herbicidmængde, der adsorberes i jord, afhænger hovedsagelig af følgende faktorer:

1. Herbicidets egenskaber
2. Jordens indhold af organisk materiale og ler
3. Jordens pH værdi
4. Jordens fugtighedsforhold

ad.1 Herbicer klassificeres ofte efter indhold og struktur af de funktionelle grupper, men i adsorptionsmæssig sammenhæng kan inddelingen yderligere foretages med hensyn til herbicidets elektriske ladning i jordvæsken. De fleste herbicer, der forekommer som anioner, frastødes af jordens negative kolloidoverflade, og hovedparten af den udsprøjtede mængde vil være opløst i jordvæsken. Modsat tiltrækkes positivt ladede herbicer af jordkolloiderne, og store mængder herbicid adsorberes. Neutrale herbicer bindes ved hjælp af hydrogenbindinger, van der Waal'ske kræfter, ligandbytning o.lign. (Stevenson, 1972). Disse bindingstyper er komplekse og svære at kvantificere. De forbindes ofte med jordens indhold af organisk materiale, og deres betydning for adsorption af herbicer er stor.

ad.2 Organisk materiale anses for den vigtigste jordbundsfaktor med hensyn til adsorption af herbicer. Jordens organiske materiale kan opdeles i en fraktion af endnu uomsatte planterester samt en velomsat fraktion, benævnt humus. Humus består af heterogene højmolekylære forbindelser med et stort indhold af funktionelle grupper, der afgør de adsorptive egenskaber (tabel 1).

Tabel 1. De vigtigste funktionelle grupper på humus.
The important functional groups in soil humus.

| Functional group | Structural formula |
|------------------|---|
| Carboxyl | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ -\text{C}- \text{OH} \end{array}$ |
| Carbonyl | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ -\text{C}- \end{array}$ |
| Amino | $-\text{NH}_2$ |
| Imidazole | Aromatic ring NH |
| Phenolic OH | Aromatic ring OH |
| Alcoholic OH | $-\text{OH}$ |
| Sulhydryl | $-\text{SH}$ |

Jordens lerfraktion domineres ofte af de negativt ladede lerminerale: illite, smectite og kaolinit (Petersen, 1989). Deres adsorptionsevne er forskellig på grund af forskellig kationadsorptionskapacitet og specifik overflade (tabel 2).

Tabel 2. Forskellige jordkolloiders egenskaber (Aslyng, 1976).
Characteristics of different soil colloids.

| Kolloider | Kationkapacitet m.e. kg ⁻¹ | Gennemsnitlig overflade, m ² kg ⁻¹ |
|----------------|--|--|
| Humus | 1500-2000 | |
| Kaolinit | 50-150 | 20*10 ³ |
| Illit | 200-400 | 100*10 ³ |
| Montmorillonit | 800-1200 | 800*10 ³ |

Lerminerale og humuspartikler er ofte bundet til hinanden enten direkte eller med f.eks. jern- og aluminiumhydroxider som bindeled (Greenland, 1971). Herved kompliceres adsorptionsforholdene.

ad.3 Jordens pH-værdi bestemmer ladningen på et herbicid med syre/base egenskaber, og ladningen på humusforbindelsernes funktionelle grupper. Eksempelvis kan en pH-værdi på 3 betyde, at humusforbindelserne er uladede, idet alle syregrupperne er udissocierede, mens en pH-værdi på 7 kan medføre, at 85% af syregrupperne har fraspaltet deres proton, og humusen er derfor overvejende negativt ladet (Stevenson, 1972). Lermineraleernes overfladeladning er derimod næsten pH-uafhængig.

ad.4 En meget tør jord adsorberer næsten den udsprøjtede herbicidmængde 100%, og hastigheden af desorption ved nedbør afhænger bl.a. af herbicidets affinitet overfor jordkolloiderne og dets vandopløselighed (Moyer, 1987).

Jords evne til at adsorbere et herbicid kan bestemmes ved laboratorieforsøg, og betegnes som jordens K_d -værdi. Jo større K_d -værdi, jo større adsorption af herbicidet. Ved at relatere forskellige jordtypers K_d -værdier til jordtypernes doseringsbehov, bestemt ved potteforsøg i væksthuse, er det muligt at undersøge sammenhængen mellem adsorption og effekt af jordherbicider.

Materialer og metoder

Potteforsøg i væksthuse med propyzamid (Kerb F), carbetamid (Carbetamex 70 WP) og isoxaben (Flexidor) blev udført på forskellige jordtyper (tabel 3). Kvartssand blev anvendt som referencejord på grund af dets negligerbare adsorptionsevne, mens de øvrige jordtyper var markjorde, udtaget forskellige steder i landet.

Tabel 3. Jordtypenes indhold af organisk materiale og ler samt pH-værdier.

The organic matter content, clay content, and pH of soil types used in the study.

| Jordtype | % organisk materiale | % ler | pH |
|-------------|----------------------|-------|-----|
| Kvartssand | 0 | 0,6 | 6,6 |
| Flakkebjerg | 1,1 | 12,4 | 7,2 |
| Roskilde | 2,7 | 11,3 | 6,5 |
| Borris | 2,8 | 5,1 | 6,3 |
| Jyndeved | 3,9 | 4,4 | 6,6 |
| Ribe marsk | 13,8 | 42,9 | 5,1 |
| Ringsted | 29,2 | 17,6 | 6,8 |

Jordene blev soldet gennem et 5 mm sold, tørret ved 25°C og derefter iblandet en doseringsrække af de forskellige herbicider. Herbiciderne blev tilsat i en væskemængde svarende til 40% af jordenes markkapacitet. Efter grundig sammenblanding og et døgn hvile (i lukkede plastik poser) blev jordene afvejet i pletter (7x7x7 cm) og tilsat med henholdsvis vårbyg (*Hordeum vulgare L.*) som testplante for propyzamid og carbetamid, og vårraps (*Brassica napus L.*) som testplante for isoxaben. Potterne med propyzamid og carbetamid blev anbragt i klimakamre, hvor lufttemperatur, fugtighed og lysindstråling fulgte en døgnrytme svarende til "novembervej", og med daglig opvanding til 80% af jordenes markkapacitet. Temperaturen oversteg ikke 10°C af hensyn til risiko for fordampning og nedbrydning af henholdsvis propyzamid og carbetamid. Potterne med isoxaben blev anbragt på et computerstyret vandebord i væksthuse, og daglig opvandet til markkapacitet. Efter 3-4 ugers vækst blev planterne høstet, deres frisk- og tørvægt registreret, og data analyseret ved hjælp af en "parallel-linie assay teknik" (Kudsk, 1988; Streibig, 1988).

Jordtypernes adsorptionskapacitet (K_d -værdierne) blev bestemt for de 3 herbicider, i henhold til "OECD test guidelines for testing of chemicals 106 Adsorption/Desorption (1981)".

Herbicidkoncentrationen i jordvæsken ved et givet bekæmpelsesniveau kan herefter beregnes for hver jordtype ved hjælp af følgende ligninger (Green & Obien, 1969):

$$K_d = C_s/C_o \quad (1)$$

K_d : Adsorptionskoefficient mellem jord og vand

$$Q = C_s \times m + C_o \times m \times W_o \quad (2)$$

C_s : ng herbicid adsorberet/g jord

C_o : ng herbicid/ml jord væske

Q : ng herbicid tilført ved ED₅₀

$$C_o = (Q/m)/K_d + W_o \quad (3)$$

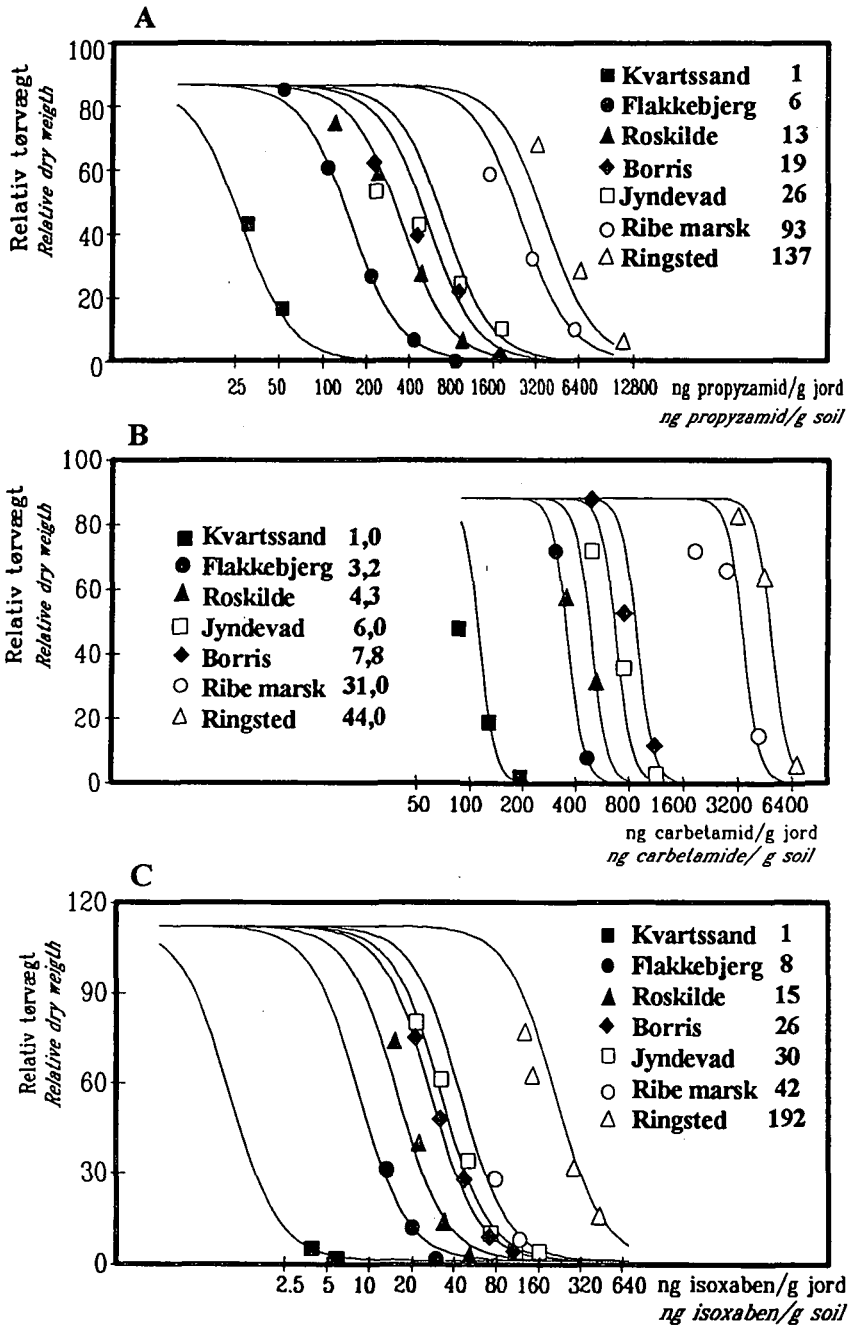
m : masse (g) af tør jord

W_o : tilgængeligt vand indhold (ml/g tør jord)

Hvis de beregnede herbicidkoncentrationer er identiske på de forskellige jordtyper, er jordenes forskellige adsorptionskapacitet årsag til forskellene i doseringsbehov. Dermed afhænger en jords doseringsbehov af de jordbundsparametre, der afgør adsorptionen.

Resultater og diskussion

Dosis-response kurverne for de 3 herbicider er vist i figur 1. Betydningen af jordtype er illustreret ved kurvernes horisontale forskydning og kvantificeret ved jordenes relative doseringsbehov. Jo længere en dosis-response kurve er forskudt mod højre i forhold til kurven for kvartssand, jo større er jordens doseringsbehov. Det ses i figur 1a, at doseringen af propyzamid skal være dobbelt så stor på Roskildejorden i forhold til Flakkebjerg for at opnå samme effekt, mens Jyndeved kræver dobbelt så høj en dosering som Roskilde, det vil sige



Figur 1. Jordtypernes doseringskurver og relative doseringsbehov af propryzamid (a), carbetamid (b) og isoxaben (c).
The dose-response curves and the relative dose requirement of propryzamide (a), carbetamide (b) and isoxaben (c).

4 gange så meget som Flakkebjerg. Det samme billede tegner sig i figur 1c for isoxaben, hvorimod figur 1b viser, at den nødvendige dosering af carbetamid er mindre afhængig af jordtypen. De relative doseringsbehov for de 3 midler er meget høje for Ribe marsk og Ringsted. F.eks. er det nødvendigt at tilføre 192 gange så høj en dosering af isoxaben på Ringstedjorden i forhold til kvartssand.

I tabel 4 er resultaterne fra K_d -værdibestemmelserne i laboratoriet sammenstillet med jordenes relative doseringsbehov. Det fremgår tydeligt for hver enkelt herbicid, at jo højere K_d -værdi det vil sige jo større adsorption af herbicidet, jo højere er det relative doseringsbehov.

Tabel 4. Jordtypernes K_d -værdier og relative doseringsbehov.
 K_d -values and relative dose requirement on different soil types.

| Jordtype | Propyzamid | | Carbetamid | | Isoxaben | |
|-------------|------------|-------------------------|------------|-------------------------|----------|------------------------|
| | K_d | relativt doseringsbehov | K_d | relativt doseringsbehov | K_d | relativ doseringsbehov |
| Kvartssand | 0,04 | 1 | 0,1 | 1 | 0,1 | 1 |
| Flakkebjerg | 1,4 | 6 | 0,6 | 3,2 | 3,4 | 8 |
| Roskilde | 3,6 | 13 | 0,8 | 4,3 | 8,4 | 15 |
| Borris | 4,9 | 19 | 1,1 | 7,8 | 11,0 | 26 |
| Jynde vad | 5,6 | 26 | 1,1 | 6,0 | 11,0 | 30 |
| Ribe marsk | 48,0 | 93 | 4,8 | 31,0 | 90,0 | 42 |
| Ringsted | 72,0 | 137 | 7,9 | 44,0 | 170,0 | 192 |

Jordenes K_d -værdier er størst for isoxaben, ca. halvt så store for propyzamid og væsentlig lavere for carbetamid. Disse forskelle i adsorption kan ikke umiddelbart forklares ud fra de 3 herbiciders egenskaber. Sandsynligvis forekommer de alle som neutrale molekyler i jordvæsken og påvirkes af de samme bindingstyper, men små forskelle i herbicidernes sammensætning og molekylekonfiguration kan f.eks. være afgørende for, om der er "plads nok" til adsorption på kolloiderne.

Herbicidkoncentrationen i jordvæsken for de pågældende jordtyper kan ved hjælp af ligning (3) beregnes ved f.eks. et bekæmpelsesniveau på 50% (tabel 5).

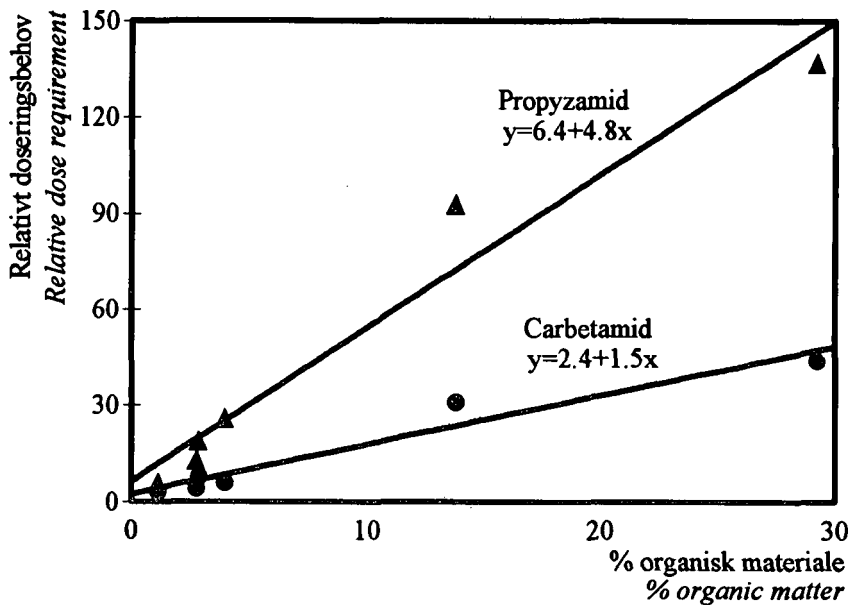
Tabel 5. Herbicidmængder (Q/m)(ng/g jord) tilført de forskellige jordtyper ved ED₅₀, samt beregnede værdier af koncentrationen i jordvæsken (C_e)(ng/ml).
Concentration of herbicide (Q/m ng/g soil) in the soil and the estimated herbicide concentration in the soil solution (C_e)(ng/ml) at ED₅₀.

| Jordtype | Propyzamid | | Carbetamid | | Isoxaben | |
|-------------|------------|----------------|------------|----------------|----------|----------------|
| | Q/m | C _e | Q/m | C _e | Q/m | C _e |
| Kvartssand | 27 | 129 | 113 | 369 | 1,1 | 3,0 |
| Flakkebjerg | 154 | 99 | 362 | 501 | 8,5 | 2,4 |
| Roskilde | 351 | 93 | 486 | 489 | 16,0 | 1,8 |
| Borris | 531 | 105 | 881 | 703 | 27,0 | 2,4 |
| Jyndeved | 702 | 121 | 678 | 533 | 32,0 | 2,8 |
| Ribe marsk | 2511 | 52 | 3503 | 698 | 44,0 | 0,5 |
| Ringsted | 3699 | 51 | 4972 | 600 | 204,0 | 1,2 |

Det ses, at den beregnede koncentration i jordvæsken (C_e) varierer med ca. en faktor 2 for henholdsvis propyzamid og carbetamid og med en faktor 6 for isoxaben. Sammenlignet med de store forskelle i tilført herbicidmængde på jordene (Q/m), kan koncentrationerne i jordvæsken betragtes som tilnærmelsesvis identiske. Heraf kan konkluderes, at jordenes adsorptionsevne er årsag til forskellene i doseringsbehov, og dermed at de jordbundsparametre, der afgør adsorptionen, bestemmer jordenes doseringsbehov.

Indholdet af organisk materiale betragtes som den vigtigste faktor i relation til adsorption af nonioniske herbicider, men sammenlignes de relative doseringsbehov med jordenes indhold af organisk materiale, fremgår det, at andre faktorer også spiller en rolle. F.eks. indeholder Roskilde og Borris tilnærmelsesvis lige store mængder organisk stof, men jordene har alligevel forskellige K_d-værdier og doseringsbehov. Forklaringen kan f.eks. være forskelle i jordtypernes humussammensætning på grund af forskelle i udgangsmateriale, nedbrydningsmetode og -tid. Måske kan årsagen også være jordenes forskellige indhold af lerkolloider, evt. lermineralsammensætningen, og forskellige bindinger til humuspartiklerne. Jordenes pH-værdier er næsten identiske og kan derfor ikke forklare forskellene, ligesom fugtighedsforholdene var optimale for hver jordtype ved alle forsøgene.

De fundne relative doseringsbehov for propyzamid og carbetamid er vist i figur 2 som funktion af jordenes indhold af organisk materiale. Begge herbicider anbefales til bekæmpelse af spildkorn i raps, og forståeligt nok frarådes anvendelse af propyzamid på jorde med mere end 5% humus og anvendelse af carbetamid på jorde med mere end 10% humus. Liniernes hældningskoefficient antyder, hvor meget herbiciddoseringen skal forøges, når jordens indhold af organisk materiale stiger med 1%.



Figur 2. Det relative doseringsbehov er vist som funktion af jordens indhold af organisk materiale. Korrelationskoefficienterne er 0.98 og 0.97 for henholdsvis propyzamid og carbetamid.

The correlation between the relative dose requirement and the organic matter content of the soil types is shown. Correlation coefficient for propyzamide is 0.98, and 0.97 for carbetamide.

Yderligere væksthushorsøg med flere forskellige og relevante jordtyper skal udføres, før sammenhængen mellem jordtype og doseringsbehov er tilstrækkelig belyst. Herefter skal resultaterne afprøves under markforhold, således at mulighederne for at faktorkorrigere doseringen af jordherbiciderne efter jordtypen kan vurderes.

Sammendrag

Jords adsorptionsevne betyder, at forskellige jorde kræver forskellige doseringer af jordherbicider for at opnå den samme bekæmpelseseffekt. Derfor undersøges mulighederne for at faktorkorrigere doseringen af jordherbicider i forhold til jordtypen. Væksthushorsøg med propyzamid, carbetamid og isoxaben blev udført på forskellige jordtyper, og jordenes relative doseringsbehov blev bestemt, mens jordenes adsorptionskapacitet (K_d -værdierne) blev fundet ved laboratoriemålinger. De relative doseringsbehov blev relateret til jordenes K_d -værdier, hvorved adsorptionens betydning for herbicideffekten blev bekræftet. Propyzamid og isoxaben blev adsorberet i store mængder på nogle jordtyper, og den nødvendige dosering var meget afhængige af jordtypen, mens carbetamid blev adsorberet i langt mindre mængder. Efter udførelse af yderligere væksthushorsøg med flere jordtyper vil jordenes doseringsbehov

blive relateret til de jordbundsfaktorer, der afgør adsorptionen. Herefter vil vi forsøge at opstille modeller, der beskriver sammenhænge mellem herbicideffekt og jordtype, og derefter skal resultaterne afprøves under markforhold.

Litteratur

1. *Aslyng H.C.* 1976. Forelæsninger over klima, jord og planter. DSR Forlag, KVL.
2. *Green R.E. & Obien S.R.* 1969. Herbicide equilibrium in soils in relation to soil water and content. *Weed Science* 17, 197-201.
3. *Greenland D.J.* 1971. Interactions between humic and fulvic acids and clays. *Soil Science* 3, 1, 34-41.
4. *Kudsk P.* 1988. The influence of volume rates on the activity of glyphosate and difenzoquat assessed by a parallel-line assay technique. *Pesticide Science* 24, 21-29.
5. *Moyer J.R.* 1987. Effect of soil moisture on the efficacy and selectivity of soil-applied herbicides. *Review Weed Science* 3, 19-34.
6. *Petersen L.* 1990. Grundtræk af jordbundslæren. DSR Forlag, KVL.
7. *Sposito G.* 1989. The chemistry of soils. Oxford University Press. New York, Oxford.
8. *Stevenson F.J.* 1972. Organic matter reactions involving herbicides in soil. *Journal of environmental Quality* 1, 4, 333-343.
9. *Streibig J.C.* 1988. Herbicide Bioassay. *Weed Research* 28, 479-484.

Basta - indflydelse af klima og additiver

Glufosinate - impact of climatic conditions and adjuvants

Solvejg Kopp Mathiassen & Per Kudsk

Planteværnscentret

Afdeling for Ukrudtsbekæmpelse

Flakkebjerg

4200 Slagelse

Summary

The influence of various adjuvants on the activity and rainfastness of glufosinate was examined in pot experiments on different plant species. The activity was increased when applied in mixture with 2% ammonium sulphate or 0.5% Genapol LRO while the influence of 0.5% Frigate varied between plant species. The rainfastness was poor and in most cases rain 24 hours after application reduced the efficacy. Maximum rainfastness was obtained in mixture with 2% ammonium sulphate yet a rainfree period of 8 to 24 hours was necessary to avoid loss of efficacy.

The influence of environment on glufosinate activity was examined in climatic simulators at 6 climates with natural cycling temperature and humidity. Increasing temperature and humidity improved the performance. The results indicated that humidity affected activity more than temperature.

Indledning

I 1992 blev glufosinat (handelsnavn Basta) godkendt til ukrudtsbekæmpelse under frugtræer, på udyrkede arealer og før afgrødens fremspiring i en række afgrøder samt til nedvisning af rødkløver, ærter, vinterraps og kartofler. Glufosinat er et ikke-selektivt herbicid, som virker ved at hæmme enzymet glutamin syntase, hvilket resulterer i en ophobning af giftige mængder ammonium i plantecellerne (Köcher, 1983). Glufosinat er primært et kontaktherbicid, men i visse plantearter sker der en begrænset transport. Bladoptagelsen er meget langsom (Götz et al., 1983).

Tidligere undersøgelser har vist, at effekten af glufosinat forøges i blanding med visse additiver, men additivernes indflydelse varierer på forskellige plantearter (Langelüddeke et al., 1988). Desuden er det tidligere vist, at effekten påvirkes af en række klimatiske forhold som f.eks. temperatur (Donn, 1982), lysintensitet (Köcher, 1983), luftfugtighed og regn efter sprøjtning (Langelüddeke et al., 1988). Formålet med vores forsøg var, at undersøge hvor stor indflydelse forskellige typer af additiver havde på effekten og regnfastheden af glufosinat på en række plantearter, som er aktuelle under danske forhold samt at undersøge klimaets betydning ved 'naturlige' døgnvariationer. Artiklen beskæftiger sig primært med anvendelse

af glufosinat til ukrudtsbekæmpelse.

Materialer og metode

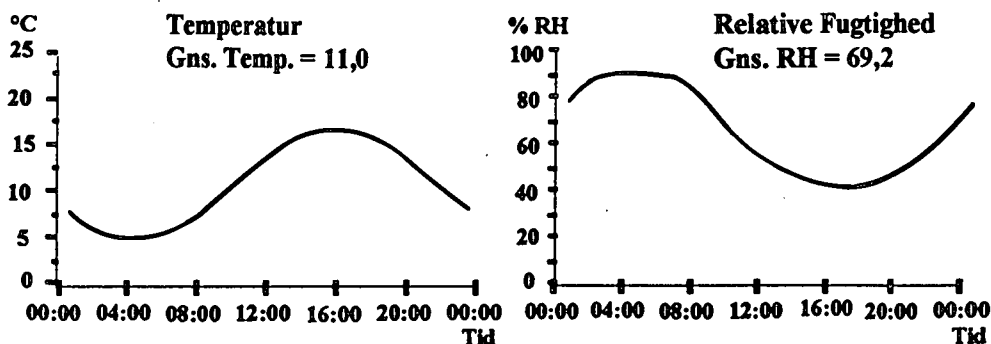
Planterne blev dyrket i en jord:sphagnum blanding (2:1 w/w) tilsat alle nødvendige makro- og mikronæringsstoffer. Planterne til klimaforsøget blev dyrket udendørs i 2 l potter, mens planterne til alle andre forsøg blev dyrket i 8 l kar i væksthushuset. Planterne blev vandet fra bunden ved hjælp af et automatisk vandingsystem.

Sprøjtningerne blev udført, når planterne havde 4-6 blade. Der blev anvendt Hardi 4110-16 dyser med undtagelse af klimaforsøget, hvor udsprøjtning blev udført med 4110-24 dyser. Ved sprøjtningerne varierede trykket mellem 250 og 300 kPa og hastigheden mellem 4.5-5.0 km/t, således at den anvendte væskemængde med 4110-16 dyser var 180-220 l/ha og med 4110-24 dyserne 395 l/ha.

Glufosinat blev anvendt som handelsproduktet Basta (indeholdende 200 g v.s./l). De afprøvede additiver omfattede 0.5% Genapol LRO (=Isoblette), 0.5% Frigate, 1% Actipron og 2% ammoniumsulfat. Genapol er et anionisk og Frigate et kationisk spredemiddel. Actipron er en mineralsk olie som indeholder 98% olie og 2% emulgator. I alle forsøg blev der anvendt 4-6 doseringer af glufosinat, og der blev udført 3 gentagelser pr. behandling.

Regnbehandlingerne blev udført i en regnsimulator. Med forskelligt interval til sprøjtningen blev der givet 3 mm regn ved en intensitet på 9 mm/t.

Temperatur og luftfugtighedens indflydelse på effekten af glufosinat med og uden additiver blev undersøgt i klimasimulatorer ved 6 forskellige klimaer med 'naturlige' døgnsvingninger (se figur 1). Lysintensiteten var $420 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$ i 12 timer daglig og med skumringsperioder på 2 timer mellem dag og nat. Planterne blev anbragt i klimasimulatorerne 2 dage før sprøjtning og flyttet udendørs igen 7 dage efter sprøjtning.



Figur 1. Daglig variation i temperatur og luftfugtighed ved klima 5.
Diurnal cycling of temperature and humidity at climate 5.

Planterne blev høstet 3-4 uger efter sprøjtning. Frisk- og tørvægt blev målt.

Forsøgene er opgjort ved hjælp af en non-lineær regressionsanalyse, og det er antaget, at doseringskurverne for de forskellige behandlinger indenfor den enkelte art er parallelle. Resultaterne er angivet som relative styrker (Kudsk & Streibig, 1993). Den inverse værdi af den relative styrke ($=1/R$) er den faktor, man skal gange doseringen med for at opnå samme effekt som med standardbehandlingen ($R=1$).

Resultater og diskussion

Effekt af additiver

Effekten af glufosinat i blanding med forskellige additiver blev undersøgt i en række forsøg, hvor ialt 5 arter var repræsenteret. Den relative styrke af glufosinat alene blev sat til 1. I enkelte forsøg var glufosinat kun medtaget i blanding med additiver, og her blev den relative styrke i blanding med 2% ammoniumsulfat sat til 1. De beregnede relative styrker i blanding med forskellige additiver fremgår af tabel 1. Udfra disse er ED_{50} -værdier for blandingerne beregnet for ét forsøg pr. art, og disse er vist i figur 2.

Tabel 1. Relative styrker og 95% konfidensinterval af glufosinat med og uden med additiver.

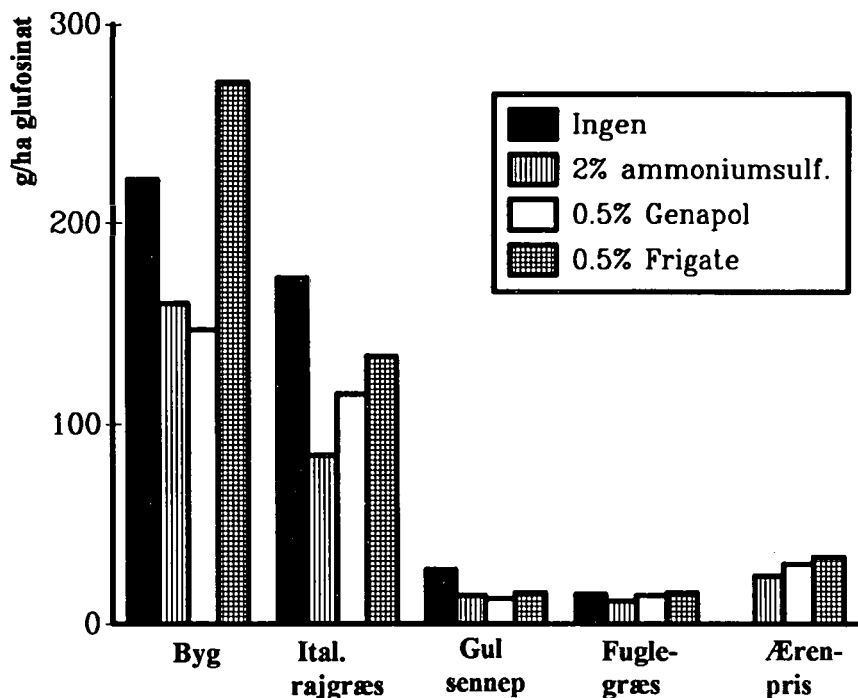
Relative potencies and 95% confidence interval of glufosinate with and without adjuvants.

| Plantart [*] | Uden additiv | +2% ammonium sulfat | +0.5% Genapol | +0.5% Frigate | +1% Actipron |
|--------------------------|--------------|---------------------|---------------|---------------|--------------|
| Gul sennep ^a | 1.00 | 1.90±0.20 | 2.14±0.22 | 1.76±0.19 | - |
| Gul sennep ^b | 1.00 | 1.94±0.51 | 2.14±0.56 | 2.29±0.61 | 1.22±0.33 |
| Gul sennep ^c | - | 1.00 | 1.11±0.14 | 1.83±0.24 | 0.42±0.06 |
| Fuglegræs ^a | 1.00 | 1.28±0.33 | 1.03±0.26 | 0.94±0.24 | - |
| Ærenpris ^d | - | 1.00 | 0.80±0.14 | 0.72±0.14 | - |
| Ital.rajgr. ^a | 1.00 | 2.05±0.25 | 1.50±0.18 | 1.29±0.16 | - |
| Byg ^a | 1.00 | 1.39±0.17 | 1.51±0.19 | 0.82±0.10 | - |
| Byg ^c | 1.00 | 1.42±0.20 | - | - | - |
| Byg ^f | - | 1.00 | 0.78±0.09 | 0.66±0.09 | - |

^{*} arter med samme bogstav blev sprøjtet samme dag.
species with identical lettering were sprayed at the same day.

Som det fremgår af figur 2 er fuglegræs (*Stellaria media* L), gul sennep (*Sinapis alba* L) og storkronet ærenpris (*Veronica persica* Poir) væsentlig mere følsomme overfor glufosinat end

ital. rajgræs (*Lolium multiflorum* L) og byg, og effekten af additivtilsætning varierer imellem arterne. Tilsætning af additiver påvirkede således ikke effekten overfor fuglegræs, hvorimod ammoniumsulfat og Genapol forbedrede effekten overfor alle de øvrige arter. Frigate forøgede effekten af glufosinat på gul sennep og ital. rajgræs, men reducerede effekten på byg. Actipron påvirkede ikke effekten af glufosinat på gul sennep.



Figur 2. Estimerede ED₅₀-værdier for glufosinat med og uden additiver på forskellige plantearter.

Estimated ED₅₀ values of glufosinate with and without adjuvants on different plant species.

Langelüddeke et al.(1989) fandt, at koncentrationen af additiv var af stor betydning for effekten af glufosinat. Anvendelse af lave doseringer medfører en lav koncentration i sprøjtevæsken af de additiver, som findes i handelsproduktet. Man kunne derfor forvente, at effekten af additivtilsætning var størst på arter med lave ED₅₀-værdier. Denne sammenhæng fremgår dog ikke af vores resultater.

Forskellene imellem de målte effekter på samme art i forskellige forsøg kan skyldes, at additivernes indflydelse på optagelsen påvirkes af de klimatiske forhold, hvorunder forsøgene er udført. Generelt tyder forsøgene dog på, at ammoniumsulfat og Genapol er de bedst egnede additiver til glufosinat, og de relative styrker viser, at det ved tilsætning af disse additiver er muligt at reducere doseringen med 30-50% uden tab af effekt.

Regnfasthed

Regnfastheden af glufosinat med og uden additiver blev undersøgt på byg, gul sennep og ærenpris. Indenfor hver art blev den relative styrke af glufosinat alene eller i blanding med ammoniumsulfat uden regn sat til 1. Ved at analysere resultaterne af regnfasthedsforsøg ved hjælp af et 'parallel-line assay' er det muligt at skelne mellem, om tilsætning af additiver medfører en generel effektforøgelse eller en øget regnfasthed.

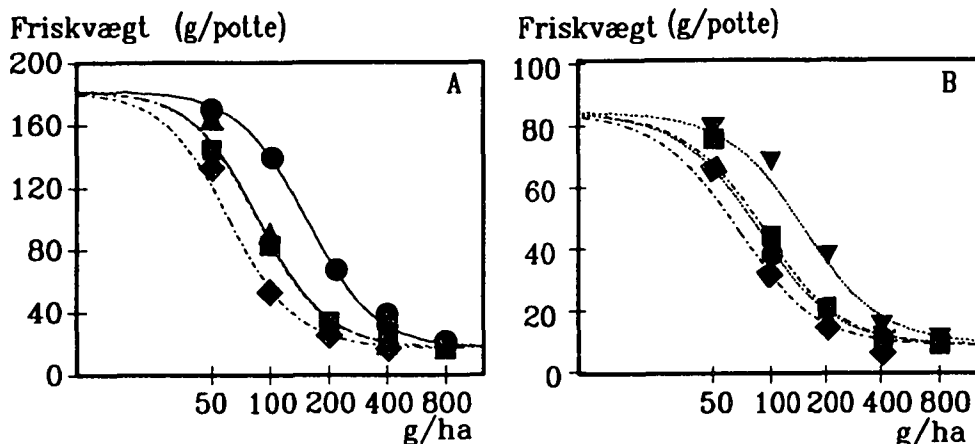
På byg blev regnfastheden undersøgt i to forsøg (tabel 2). I forsøg I blev regnfastheden af glufosinat alene og i blanding med 2% ammoniumsulfat sammenlignet. I figur 3a er de estimerede doseringskurver uden regn og med regn 24 timer efter udsprøjtning vist. Tilsætning af ammoniumsulfat medførte, at doseringskurven blev forskudt til venstre, dvs. aktiviteten af glufosinat blev forøget. Samtidig blev afstanden mellem doseringskurverne 'uden regn' og 'regn efter 24 timer' reduceret, hvilket viser, at også regnfastheden blev forbedret. Den effekt, som blev opnået ved regnbehandling efter 24 timer i blanding med ammoniumsulfat, var lig med effekten af glufosinat alene uden regn (sammenfaldende doseringskurver).

I forsøg II blev regnfastheden af glufosinat i blanding med 2% ammoniumsulfat, 0.5% Genapol og 0.5% Frigate undersøgt. Den relative styrke af glufosinat i blanding med ammoniumsulfat uden regn blev sat til 1. Figur 3b viser doseringskurverne med ammoniumsulfat og Genapol uden regn og med regn 24 timer efter sprøjtning. Tilsætning af ammoniumsulfat medførte såvel den bedste effekt som regnfasthed.

Tabel 2. Regnfasthed på byg af glufosinat med og uden additiver.

Rainfastness on barley of glufosinate with and without adjuvants.

| Forsøg | Additiv | Regnbehandling, antal timer efter sprøjtning: | | | |
|--------|--|---|-----------|-----------|-----------|
| | | Uden regn | 4 | 8 | 24 |
| I | Ingen 2% amm.sulf. | 1.00 | 0.47±0.07 | 0.50±0.08 | 0.57±0.08 |
| | | 1.42±0.20 | 0.84±0.12 | 0.85±0.12 | 1.01±0.14 |
| II | 2% amm.sulf. 0.5% Genapol 0.5% Frigate | 1.00 | 0.52±0.07 | 0.62±0.09 | 0.73±0.09 |
| | | 0.78±0.09 | 0.24±0.02 | 0.28±0.03 | 0.44±0.06 |
| | | 0.66±0.09 | 0.22±0.04 | 0.24±0.03 | 0.36±0.05 |



Figur 3. A) Effekt overfor byg af glufosinat alene og i blanding med 2% ammoniumsulfat uden regn og med regn 24 timer efter sprøjtning.
 B) Effekt overfor byg af glufosinat i blanding med henholdsvis 2% ammoniumsulfat og 0.5% Genapol uden regn og med regn 24 timer efter sprøjtning.
 - additiv : ▲—▲ - regn; ▲.....▲ + regn
 + 2% ammoniumsulfat : ◆.....◆ - regn; ■.....■ + regn
 + 0.5% Genapol : ●.....● - regn; ●——● + regn
 A) Rainfastness 24 hours after application of glufosinate with and without 2% ammonium sulphate
 B) Rainfastness 24 hours after application of glufosinate with 2% ammonium sulphate and 0.5% Genapol

På gul sennep blev regnfastheden af glufosinat alene og i blanding med ammoniumsulfat, Genapol, Frigate og Actipron undersøgt. I blanding med Actipron blev der ikke opnået fuld regnfasthed 24 timer efter sprøjtning. Sammenligning af doseringskurverne med og uden regn i blanding med de 3 øvrige additiver viste, at ammoniumsulfat og Frigate forøgede regnfastheden mere end Genapol (resultater ikke vist).

I tabel 3 er resultaterne af et regnfasthedsforsøg på ærenpris vist. Glufosinat blev udsprøjtet i blanding med ammoniumsulfat, Genapol og Frigate, og planterne blev behandlet med regn henholdsvis 4 og 8 timer efter sprøjtning. Den bedste regnfasthed blev fundet i blanding med ammoniumsulfat, hvor fuld regnfasthed blev opnået 8 timer efter sprøjtning.

Regnfastheden af et herbicid afhænger af opløseligheden i vand og optagelseshastigheden. Den ringe regnfasthed af glufosinat er ikke overraskende, eftersom herbicidet er letopløselig i vand og optages meget langsomt. Resultaterne af vores undersøgelser viser, at det er muligt at forbedre regnfastheden af glufosinat ved tilsætning af additiver, hvilket kan skyldes en øget optagelseshastighed eller en større klæbeevne til bladet. Selv ved tilsætning af additiver

var regnfastheden af glufosinat dog ringe, idet den nødvendige tørvejrperiode var 8 timer på ærenpris og 24 timer på byg. I praksis må det derfor tilrådes kun at anvende glufosinat under stabile vejrforhold uden udsigt til regn.

Tabel 3. Forskellige additivs indflydelse på regnfastheden af glufosinat på ærenpris.
The influence of adjuvants on rainfastness of glufosinate on Veronica persica.

| | Regnbehandling, antal timer efter sprøjtning: | | |
|--------------------|---|-----------|-----------|
| | Ingen regn | 4 | 8 |
| 2% ammonium-sulfat | 1.00 | 0.70±0.14 | 0.86±0.17 |
| 0.5% Genapol | 0.80 | 0.40±0.08 | 0.42±0.05 |
| 0.5% Frigate | 0.72 | 0.44±0.09 | 0.46±0.09 |

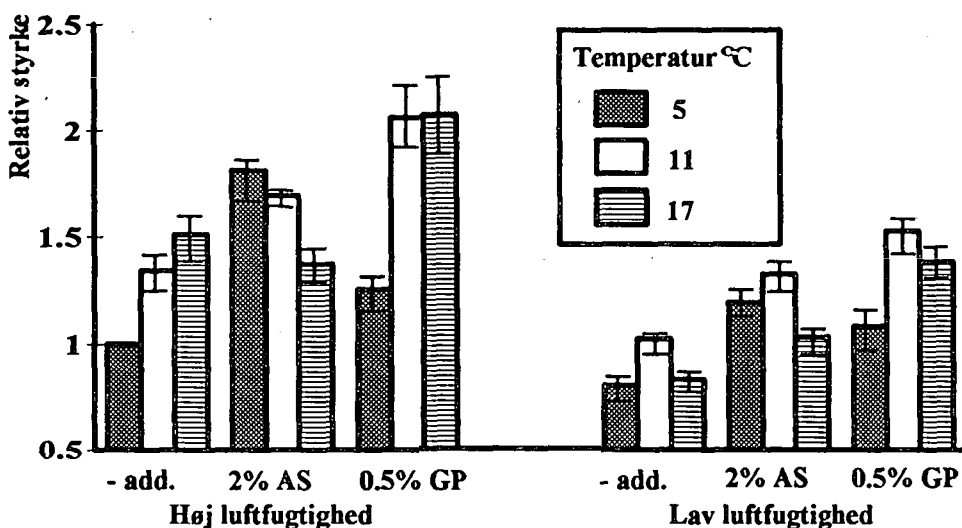
Klimaets betydning

Effekten af glufosinat alene og i blanding med ammoniumsulfat og Genapol blev undersøgt ved 6 klimaer med naturlige døgnvariationer i temperatur og luftfugtighed. Minimum, maximum og gennemsnitsværdier for temperatur, luftfugtighed og mætningsdeficit ved de anvendte klimaer er vist i tabel 4. Da der kun var 3 klimasimulatorer til rådighed, blev forsøget opdelt, således at klima 1-3 indgik i første halvdel af forsøget, mens klima 4-6 blev gennemført 9 dage senere. De anvendte planter blev sået med 9 dages interval, således at planterne i de to forsøgsdele var på samme udviklingstrin ved sprøjtning.

Tabel 3. Anvendte klimaparametre i klimasimulatorforsøg.
Climatic regimes.

| Klima | Temperatur (°C) | | | Relativ luftfugt. (%) | | | Mætningsdef. (Pa) | | |
|-------|-----------------|------|------|-----------------------|------|------|-------------------|------|------|
| | Min. | Max. | Gns. | Min. | Max. | Gns. | Min. | Max. | Gns. |
| 1 | 4 | 6 | 5 | 87 | 95 | 92 | 41 | 121 | 71 |
| 2 | 9 | 13 | 11 | 80 | 95 | 89.2 | 57 | 299 | 149 |
| 3 | 14 | 20 | 17 | 75 | 100 | 87.5 | 0 | 584 | 265 |
| 4 | 0 | 10 | 5 | 50 | 95 | 71 | 30 | 613 | 296 |
| 5 | 5 | 17 | 11 | 45 | 95 | 69.2 | 43 | 1065 | 487 |
| 6 | 9 | 25 | 17 | 40 | 95 | 68.1 | 57 | 1900 | 802 |

Friskvægtsresultaterne blev omregnet til relative tal for at kunne sammenligne effekten ved de 6 klimaer, og den relative styrke af glufosinat ved klima 1 blev sat til 1. I figur 4 er de beregnede relative styrker for alle behandlinger vist.



Figur 4. Relative styrker af glufosinat med og uden additiver ved 6 klimaforhold. AS=ammoniumsulfat, GP=Genapol.

Relative potencies of glufosinate with and without adjuvants at 6 climatic regimes.

I overensstemmelse med tidligere undersøgelser (Langelüddeke et al., 1988) viser resultaterne, at luftfugtigheden har en stor betydning for effekten af glufosinat. Effekten var således signifikant højere ved høj luftfugtighed end ved lav luftfugtighed, uanset temperatur og additiv. Sammenlignes de relative styrker ved de 3 temperaturer ses, at også temperaturen har betydning for effekten. Ved høj luftfugtighed er der med glufosinat alene og i blanding med Genapol opnået en forøget effekt med stigende temperatur. Den største effekt er under disse gunstige virkningsforhold opnået i blanding med Genapol.

Ved lav luftfugtighed er der ligeledes sket en effektforøgelse, når temperaturen øges fra 5° til 11°C, hvorimod effekten reduceres ved en yderligere temperaturstigning til 17°C. Dette kan skyldes, at den stigende temperatur medfører et stærkt forøget mætningsdeficit (se tabel 3), hvilket begrænser aktiviteten af glufosinat mere, end temperaturforøgelsen fremmer den. Resultaterne ved lav luftfugtighed viser, at i forhold til glufosinat alene medfører blanding med Genapol en større effektforøgelse, når temperaturen øges fra 5° til 11°C og samtidig et mindre fald i aktivitet ved yderligere forøgelse af temperaturen til 17°C. Da luftfugtigheden må antages at være den begrænsende faktor for aktiviteten, viser dette, at Genapol til en vis grad reducerer luftfugtighedens indflydelse på effekten. Additiver er i øvrigt ofte i stand til at reducere luftfugtighedens indflydelse, hvorimod de ikke i samme grad kan kompensere for lav temperatur (Kudsk og Kristensen, 1992).

I blanding med ammoniumsulfat blev effekten reduceret, når temperaturen steg fra 11° til 17°C, uanset luftfugtigheden. Vi er ikke i stand til at forklare den reducerede aktivitet ved høj luftfugtighed, men resultaterne ved lav luftfugtighed tyder på, at ammoniumsulfat ikke

i samme grad som Genapol er i stand til at kompensere for lav luftfugtighed.

Resultaterne i figur 4 viser forskelle i forholdet mellem de laveste og højeste relative styrker i størrelsesordenen 1.8-1.9. Dette betyder, at indenfor de valgte klimatiske forhold skal doseringen forøges 1.8-1.9 gange for at opnå den samme effekt under ugunstige virkningsbetingelser som under optimale forhold. Ud fra tidligere undersøgelser (Langelüddeke et al., 1988) var det forventet at finde større forskelle i aktiviteten ved de anvendte klimaforhold. Resultaterne afspejler muligvis, at klimaets påvirkning af effekten mindskes, når forsøgene udføres med naturlige døgnvariationer for klimaparameterne. Herved opstår de store forskelle i temperatur og luftfugtighed nemlig kun nogle få timer om dagen, mens de konstant er tilstede ved traditionelle klimakammerforsøg.

I praksis anbefales det i en række tilfælde at anvende glufosinat i blanding med 1% Isoblette. Denne anbefaling er ifølge de udførte forsøg fornuftig, idet såvel aktiviteten som følsomheden overfor klimaforholdene, herunder specielt lav luftfugtighed, reduceres. Forsøgene viser dog også, at hvad angår aktivitet og regnfasthed er tilsætning af 2% ammoniumsulfat et lige så godt eller bedre alternativ, ligesom Frigate har haft god effekt på de tokimbladede arter. Derimod er ammoniumsulfat i mindre grad end Genapol i stand til at kompensere for ugunstige klimaforhold.

Sammendrag

Forskellige additivers indflydelse på effekt og regnfasthed af glufosinat blev undersøgt på en række plantearter i pottforsøg. Effekten blev generelt forøget ved tilsætning af 2% ammoniumsulfat eller 0.5% Genapol LRO til sprøjtevæsken. Derimod varierede Frigate's indflydelse på effekten imellem plantearterne. Regnfastheden af glufosinat alene var ringe, og blev forøget mest ved tilsætning af ammoniumsulfat. Selv ved tilsætning af ammoniumsulfat var 8-24 timers tørvejrd nødvendigt for opnåelse af fuld regnfasthed.

Klimaets indflydelse på effekten af glufosinat alene og i blanding med ammoniumsulfat og Genapol LRO blev undersøgt i klimasimulatorer ved 6 klimaer. Der blev fundet en forøget effekt af glufosinat alene og i blanding med Genapol LRO ved stigende temperatur og luftfugtighed, dog synes luftfugtigheden af større betydning for effekten end temperaturen. Genapol var i højere grad end ammoniumsulfat i stand til at kompensere for lav luftfugtighed.

Litteratur

1. *Donn, G.* 1982. Der Einfluss von Klimafaktoren auf die Herbizide Wirkung von ammonium-(3-amino-3-carboxy-propyl)-methylphosphinat (glufosinate). Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent, 47/1, 105-110
2. *Götz, W., E. Dorn, E. Ebert, K.-H. Leist & H. Köcher.* 1983. Hoe 39866, a new nonselective herbicide. Asian Pacific Weed Science Society, 9th Conference, 401-404.
3. *Kudsk P. & J.L. Kristensen.* 1992. Effect of environmental factors on herbicide performance. Proc. 1. International Weed Control Congress, 173-186.

4. *Kudsk, P. & J.C. Streibig*. 1993. Formulation and adjuvants. I "Herbicide Bioassays" (editors J.C. Streibig & P. Kudsk), CRC Press, Boca Raton, Florida, 96-116
5. *Köcher, H.* 1983. Influence of the light factor on physiological effects of the herbicide Hoe 39866. *Aspects of Applied Biology*, 4, 227-234.
6. *Langelüddeke, P., H. Baedelt & H. Bieringer*. 1988. Trials on the influence of air humidity and rainfall on the efficacy of glufosinate-ammonium. *Proc. EWRS Symp. on Factors affecting herbicidal Activity and Selectivity*, 227-232.
7. *Langelüddeke, P., M. Röttele, B. Bier & J. Kocur*. 1989. Methods of improving the efficacy of glufosinate-ammonium. *Brighton Crop Prot. Conf.- Weeds*, 1033-1038.

Hvad skal ISO 9000 gøre godt for?

Is ISO 9000 any good?

Birgit Hartvig Larsen
Grønt Center
Maribovej 9
4960 Holeby

Summary

Quality management and quality assurance standards and their relevance to modern agriculture are briefly discussed.

Indledning

Kvalitetsstyring og certificering af kvalitetsstyringssystemer efter den internationale ISO-9000 standard breder sig som ringe i vandet. En række danske virksomheder er i dag enten allerede certificerede eller er stærkt på vej hertil. Også mange levnedsmiddelvirksomheder er begyndt at interessere sig for kvalitetsstyring, og de første er allerede certificerede. Måske bliver næste trin, at råvareproducenterne (jordbruget) også skal arbejde med kvalitetsstyring og måske endda certificeres?

Baggrund

I disse år gennemføres der med støtte fra Jordbrugsdirektoratet to projekter med henblik på at afprøve kvalitetsstyring og ISO-9000 standarderne i jordbruget:

- Svineproduktionen fra en kreds af leverandører til slagteriet Steff-Houlberg søges certificeret efter ISO-9002.
- Grønt Center afprøver kvalitetsstyringsprincipper i æble-, løg-, tomat- og peberproduktion, og en æbleproduktion certificeres efter ISO 9002.

Erfaringer med kvalitetsstyring omtalt i det følgende hidrører fra sidstnævnte projekt.

Hvad er kvalitet?

Ordet "kvalitet" kan misbruges/forstås på mange måder. Anvendt i kvalitetsstyringsterminologi betyder det:

"Et produkts eller en serviceydelses egenskaber og karakteristiske træk - set som en helhed - som har noget at gøre med dets/dens evne til at opfylde specificerede eller underforståede behov."

(Dansk Standardiseringsråd. DS/ISO 8402 Ordliste)

Et produkts kvalitet er altså kort sagt et spørgsmål, om hvorvidt produktet lever op til kundens forventninger.

Hvad er kvalitetsstyring?

Kvalitetsstyring kan defineres således:

"Den samlede kvalitetsstyring er styringen af kvaliteten - teknisk, økonomisk og medarbejdermæssigt - i hele ydelsesforløbet fra idé til tilfreds kunde."
(Jørgen Møltoft et al., 1991)

Kvalitetsstyring er altså en form for managementsystem.

I praksis vil et kvalitetsstyringssystem ofte være opbygget i 3 niveauer som vist nedenstående:

1. Strategisk niveau omhandlende:

- Kvalitetsmålsætning, kvalitetsmål, kvalitetspolitik.
- Organisation og ansvarsforhold.
- Systemoversigt, krydsreferencer og dokumentationsregister.

2. Taktisk niveau omhandlende:

- Forretningsgange/procedurer.

3. Operationelt niveau omhandlende:

- Instruktioner, specifikationer, procesbeskrivelser.
- Blanketter, standarder.

Toppen af pyramiden, det strategiske niveau, beskriver overordnet, hvad virksomheden vil opnå på kvalitetsområdet. Her nedfældes først og fremmest, hvilke kvalitetsmål virksomheden har. Det er vigtigt, at der fastlægges målbare mål.

Næste trin af pyramiden, det taktiske niveau, omhandler alle de regler og rutiner, der sikrer, at det strategiske niveau bliver ført ud i livet. Det kan f.eks være beskrivelse af bedriftens systemer for udførelse af gødskning og plantebeskyttelse, eller for fejlbehandling.

Det strategiske og det taktiske niveau skal dokumenteres, hvis kvalitetsstyringssystemet skal kunne certificeres. Det sker sædvanligvis i form af en kvalitetshåndbog, som er tilgængelig

for medarbejderne, og som også kan anvendes som dokumentation overfor kunder.

Bunden af pyramiden, det operationelle niveau, vil typisk indgå i en/flere instruktions- eller afdelingshåndbøger. Dette niveau indeholder præcise arbejdsbeskrivelser, registrerings-skemaer m.m. Det kan f.eks. være gædningsplan, instruktion for lagerstyring, eller færdigvarespecifikationer. Det er så at sige den praktiske del af kvalitetsstyringssystemet.

Et kvalitetsstyringssystem er ikke noget statisk. Systemet må naturligvis ændres i takt med udviklingen. Det er vigtigt at blive bedre til at imødekomme kundernes ønsker og reducere egne fejl. Der skal gerne ske en kvalitetsudvikling, en udvikling man i kvalitetsstyrings-sammenhæng ofte illustrerer ved anvendelse af kvalitetsstyringshjulet, der har følgende fire trin:

- Planlæg hvad man ønsker at opnå eller udføre.
- Udfør de lagte planer.
- Vurder om planerne er nået, og om tingene kan gøres bedre.
- Gennemfør de mulige forbedringer, og juster planerne ind efter dem.

Markstyringshjulet har næsten samme opbygning!

Hvad er ISO 9000 og certificering?

Japan har i mange år været førende i arbejdet med kvalitetsstyring i form af kvalitetscirkler, også i USA arbejdes meget med kvalitetsstyringsaktiviteter. I Europa har især Storbritannien påvirket udviklingen, idet regeringen i begyndelsen af 80'erne begyndte at "belønne" virksomheder, der lod deres kvalitetsstyring certificere efter den engelske standard BS-5750. I 1987 indførtes en fælles europæisk standard ISO 9000 serien og siden da har indførelsen af "Det indre marked" bevirket en øget interesse for denne standard.

ISO 9000 er en serie standarder, hvor der er opstillet retningslinjer for opbygning af kvalitetsstyringssystemer:

- ISO 9001 stiller krav til kvalitetsstyring indenfor udvikling/konstruktion, produktion, installation og service.
- ISO 9002 stiller krav til kvalitetsstyring indenfor produktion og installation.
- ISO 9003 stiller alene krav til kvalitetsstyring ved slutinspektion- og prøvning.

Overholder virksomhedens kvalitetsstyringssystem den valgte standards kravpunkter, kan systemet certificeres af et uvildigt såkaldt "certificerende organ". I Danmark kan dette

udføres af fire offentligt kontrollerede bureauer. Hvis virksomheden opnår et ISO certifikat kan den ikke bare hvile på laurbærrene efterdags, nej, systemet vil blive efterprøvet af det certificerende organ ved periodiske eftersyn, typisk hvert halvår.

Et certificeret kvalitetsstyringssystem garanterer alene, at virksomheden bruger de metoder, den har valgt og beskrevet, og at den overholder de målsætninger, den har opstillet. Et ISO-9000 certifikat er således ikke automatisk en garanti for god kvalitet.

Hvad kan vi opnå ved kvalitetsstyring?

En statistisk undersøgelse af 322 ansøgninger udført i 1991 af Dansk Standardiseringsråd viste, at de vigtigste motiver for certificering var:

- Kundekrav (angivet af 24 % af virksomhederne).
- Markedsføringseffekt (15 %).
- Det indre marked, konkurrencesituation (12 %).
- Ønske om intern styring (10 %).

Som det fremgår, var krav til virksomheden udefra de hyppigste årsager til certificeringsønsker. Ønsket om at opnå en bedre intern styring kom først på fjerdepladsen.

Landbruget af i dag står ikke umiddelbart overfor krav fra aftagerne om certificering, formentlig vil markedsføringsværdien for det enkelte landbrug også være begrænset, og det indre marked har da endnu ikke vist tegn til at kræve noget sådant. Så, hvorfor overhovedet tale om kvalitetsstyring og certificering i landbrugssammenhæng?

Konklusion

Følgende grunde gør det værd at overveje kvalitetsstyring i jordbruget:

- Kvalitet bliver en stadig vigtigere konkurrenceparameter.
- Kvalitetsstyringsteoriene indeholder en række gode metoder/principper til styring af bedriften. Principper som på udmærket vis supplerer de allerede anvendte styringssystemer.
- Rigtigt anvendt fører kvalitetsstyring på sigt til kvalitetsforbedringer.
- Kvalitetsstyring giver mindre fejlomkostninger, fejl skal ikke bare rettes, de skal forebygges.
- Kvalitetsstyring dokumenterer overfor kunden, hvorledes produktet er fremstillet (dyrket).
- Kvalitetsstyring giver motiverede medarbejdere.

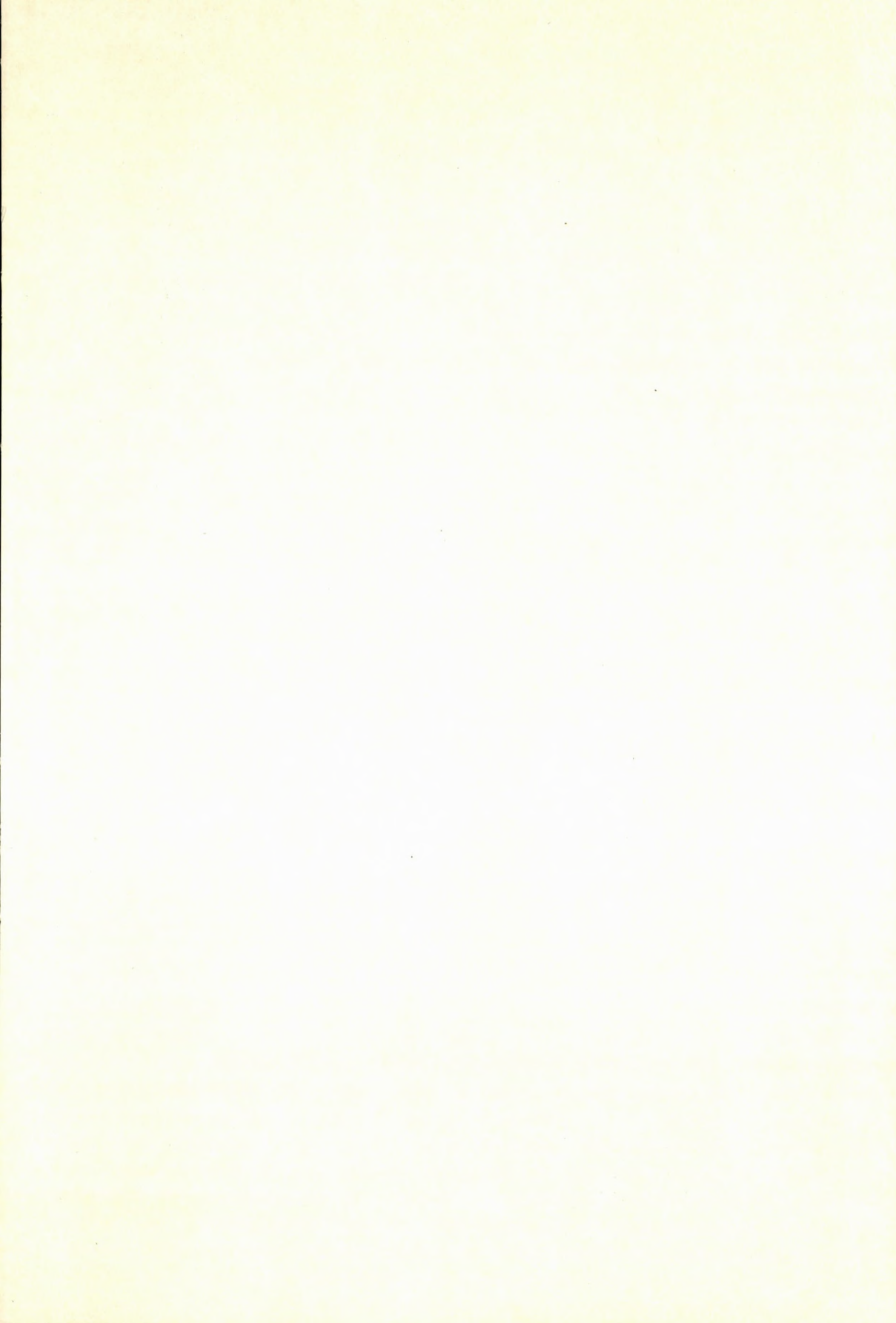
At lade kvalitetsstyringssystemet certificere efter en af ISO-9000 standarderne er udmærket. Det er en garanti for, at systemet fungerer, og at det vedligeholdes. Desværre er det også relativt kostbart. En kreds af producenter kan under visse betingelser sammen lade deres kvalitetsstyringssystemer certificere, herved kan certificeringen billiggøres noget.

Som den markedsmæssige situation for jordbrugserhvervet er i dag, må konklusionen blive, at så længe aftagerne af landbrugets produkter ikke er indstillet på at honorere en certificeret produktion, vil det for det store flertal ikke kunne betale sig at tænke i ISO-9000. Det ændrer dog ikke ved den kendsgerning, at kvalitetsstyring kan være en endog særdeles god ide.

Litteratur

1. *Møltoft, J. et al.* 1991. Grundbog i Kvalitetsstyring og måleteknik. Industri- og Handelsstyrelsen, 566 p.
2. *Dansk Standardiseringsråd.* 1989. Standarder for Kvalitetsstyring og Kvalitetsstyrings systemer. 136 p.
3. *Dansk Standardiseringsråd.* 1991. Kvalitetssystemcertificering pr. 4. juli 1991.





Afdelinger mv. under Statens Planteavlfsforsøg

Direktionen

| | |
|--|-------------|
| Direktionssekretariatet, Skovbrynet 18, 2800 Lyngby | 45 93 09 99 |
| Afdeling for Biometri og Informatik, Forskningscenter Foulum, Postbox 23, 8830 Tjele | 89 99 19 00 |

Landbrugscentret

| | |
|--|-------------|
| Centerledelse, Fagligt Sekretariat, Forskningscenter Foulum, Postbox 23, 8830 Tjele | 89 99 19 00 |
| Afdeling for Grovfoder og Kartofler, Forskningscenter Foulum, Postbox 21, 8830 Tjele | 89 99 19 00 |
| Afdeling for Industriplanter og Frøavl, Ledreborg Allé 100, 4000 Roskilde | 42 36 18 11 |
| Afdeling for Sortsafrøvning, Teglværksvej 10, Tystofte, 4230 Skælskør | 53 59 61 41 |
| Afdeling for Kulturteknik, Forskningscenter Foulum, Postbox 23, 8830 Tjele | 89 99 19 00 |
| Afdeling for Jordbiologi og -kemi, Forskningscenter Foulum, Postbox 23, 8830 Tjele | 89 99 19 00 |
| Afdeling for Planteernæring og -fysiologi, Forskningscenter Foulum, Postbox 23, 8830 Tjele | 89 99 19 00 |
| Afdeling for Jordbrugsmeteorologi, Forskningscenter Foulum, Postbox 23, 8830 Tjele | 89 99 19 00 |
| Afdeling for Arealdata og Kortlægning, Enghavevej 2, 7100 Vejle | 75 83 23 44 |
| Askov Forsøgsstation, Vejenvej 55, 6600 Vejen | 75 36 02 77 |
| Borris Forsøgsstation, Vestergade 46, 6900 Skjern | 97 36 62 33 |
| Jyndeved Forsøgsstation, Flensborgvej 22, 6360 Tinglev | 74 64 83 16 |
| Rønhave Forsøgsstation, Hestehave 20, 6400 Sønderborg | 74 42 38 97 |
| Silstrup Forsøgsstation, Oddesundvej 65, 7700 Thisted | 97 92 15 88 |
| Tylstrup Forsøgsstation, Forsøgsvej 30, 9382 Tylstrup | 98 26 13 99 |
| Ødum Forsøgsstation, Amdrupvej 22, 8370 Hadsten | 86 98 92 44 |
| Laboratoriet for Biavl, Lyngby, Skovbrynet 18, 2800 Lyngby | 45 93 09 99 |
| Laboratoriet for Biavl, Roskilde, Ledreborg Allé 100, 4000 Roskilde | 42 36 18 11 |

Havebrugscentret

| | |
|---|-------------|
| Centerledelse, Fagligt Sekretariat, Kirstinebjergvej 10, 5792 Årslev | 65 99 17 66 |
| Afdeling for Grønsager, Kirstinebjergvej 6, 5792 Årslev | 65 99 17 66 |
| Afdeling for Blomsterdyrkning, Kirstinebjergvej 10, 5792 Årslev | 65 99 17 66 |
| Afdeling for Frugt og Bær, Kirstinebjergvej 12, 5792 Årslev | 65 99 17 66 |
| Afdeling for Planteskoleplanter, Kirstinebjergvej 10, 5792 Årslev | 65 99 17 66 |
| Laboratoriet for Forædling og Formering, Kirstinebjergvej 10, 5792 Årslev | 65 99 17 66 |
| Laboratoriet for Gartneriteknik, Kirstinebjergvej 10, 5792 Årslev | 65 99 17 66 |
| Laboratoriet for Levnedsmiddelforskning, Kirstinebjergvej 12, 5792 Årslev | 65 99 17 66 |

Planteværnscentret

| | |
|---|-------------|
| Centerledelse, Fagligt Sekretariat, Lottenborgvej 2, 2800 Lyngby | 45 87 25 10 |
| Afdeling for Plantepatologi, Lottenborgvej 2, 2800 Lyngby | 45 87 25 10 |
| Afdeling for Jordbrugszoologi, Lottenborgvej 2, 2800 Lyngby | 45 87 25 10 |
| Afdeling for Ukrudtsbekæmpelse, Flakkebjerg, 4200 Slagelse | 53 58 63 00 |
| Afdeling for Pesticidanalyser og Økotoksikologi, Flakkebjerg, 4200 Slagelse | 53 58 63 00 |
| Bioteknologigruppen, Lottenborgvej 2, 2800 Lyngby | 45 87 25 10 |

Centrallaboratoriet

| | |
|--|-------------|
| Centrallaboratoriet, Forskningscenter Foulum, Postbox 22, 8830 Tjele | 86 65 25 00 |
|--|-------------|