



Statens
Planteavlsforsøg

Statens Planteværnscenter
Sekretariatet
Lottenborgvej 2
2800 Lyngby

Beretning nr. S 1820

Pesticider

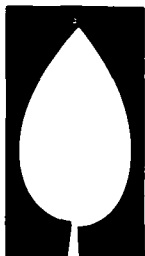
Forbrug, fordele, ulemper, fremtidsperspektiver

En statusrapport

Planteværnscentret

Tidsskrift for Planteavls Specialserie

København 1986



Statens
Planteavlsvforsøg

Beretning nr. S 1820

Pesticider

Forbrug, fordele, ulemper, fremtidsperspektiver

En statusrapport

Planteværnscentret

Tidsskrift for Planteavls Specialserie

København 1986

Indholdsfortegnelse

	Side
1. Indledning	5
2. Baggrund for anvendelsen	7
3. Regulering af anvendelsen	8
3.1. Love og bekendtgørelser	8
3.2. Godkendelse og effektivitetsvurdering	9
3.3. Revurdering	10
3.4. Anerkendelse	10
3.5. Maximale grænseværdier for indhold af bekæmpelses- midler i levnedsmidler	13
4. Udvikling i forbruget af pesticider og vækstregulerende midler 1956-1984	16
5. Behandlede arealer af de vigtigste landbrugsafgrøder	31
6. Nettomerudbytte ved anvendelse af pesticider	37
7. Planteværnsudstyr og -teknik ved udbringelse af pesticider	76
8. Oplysning, undervisning og efteruddannelse	104
9. Problemer ved pesticidanvendelsen	108
9.1. Planter og planteprodukter	109
9.2. Pesticider i jord	127
9.3. Vand	142
9.4. Flora	158
9.5. Pesticidernes indflydelse på nytteinsekter og øvrige fauna	169
9.6. Mikroflora	177
9.7. Honningbier	189
9.8. Udvikling af pesticidresistens	199
10. Fremtidig plantebeskyttelse, forskning og udvikling	207
10.1. Biologisk bekæmpelse	209
10.2. Godkendelse af mikrobiologiske bekæmpelsesmidler	217
10.3. Pesticiddoseringer - muligheder for reduktion af herbicid- doseringerne	223
10.4. Skadetærskler	240
10.5. Prognose- og varslingstjeneste	245
10.6. Jordbrugsmeteorologi og plantebeskyttelse	251

10.7. Alternative jordbrugsformer	255
10.8. Resistente sorter	259
10.9. Pesticidfrie randzoner	264
10.10. Integreret plantebeskyttelse	267

1. INDLEDNING

E. Nøddegaard

Statens Planteværnscenter

Institut for Pesticider

2800 Lyngby

I 1970 nedsatte det daværende forureningsråd et hovedjordudvalg, der fordelte arbejdsopgaverne mellem 5 arbejdsgrupper med henblik på udarbejdelse af statusrapporter over forureningssituationen. En af disse rapporter, forureningsrådets publikation nr. 17 "Pesticider", omhandler anvendelsen af pesticider.

På Statens Planteværnscenters centerrådsmøde d. 12. februar 1985 blev det besluttet at udarbejde en statusrapport for den nuværende anvendelse af pesticider og vækstregulerende midler. Rapporten indeholder bl.a. en beskrivelse af det forsknings-, forsøgs- og oplysningsarbejde, der inden for Statens Planteavlsforsøg gennemføres i forbindelse med og som grundlag for jordbrugets anvendelse af pesticider og vækstregulerende midler.

Indholdet af pesticidredegerelsen, der omfatter 9 hovedafsnit med underafsnit, fremgår af indholdsfortegnelsen og er i korthed følgende:

I afsnit 2 beskrives kort baggrunden for behovet for anvendelse af pesticider og vækstregulerende midler ved en økonomisk og rationel jordbrugsproduktion.

I afsnit 3 omtales de love og bekendtgørelser, der regulerer pesticidanvendelsen samt Planteværnscentrets samarbejde med Miljøstyrelsen vedrørende godkendelse af nye midler og revurdering af gamle midler. Desuden beskrives afprøvnings- og anerkendelsesordningen, der hviler på en frivillig aftale mellem Landbrugsministeriet (Statens Planteavlsudvalg) og Dansk Agrokemisk Forening. Endelig omtales fastsættelsen af "maximale grænseværdier" for indhold af bekæmpelsesmidler i levnedsmidler.

Afsnit 4 indeholder grafiske fremstillinger af det registrerede salg og forbrug af pesticider og vækstregulerende midler i årene 1956 til 1984 samt en beskrivelse af udviklingen i forbruget i denne tidsperiode.

I afsnit 5 er der med baggrund i salget af virksomme stoffer foretaget en beregning af størrelsen af det areal af landbrugets hovedafgrøder, der kan behandles med de solgte mængder af pesticider. Disse beregninger er fo-

retaget i samarbejde med Jesper Kjølholt, Miljøstyrelsens Center for Jordøkologi.

Afsnit 6 indeholder beregninger af nettoudbyttet for anvendelsen af pesticider til landbrugets hovedafgrøder.

I afsnit 7 gives en beskrivelse af udbringningsapparaturets betydning for midlernes dosering, virkning og afdrift.

I afsnit 8 gives en kort omtale af den oplysning, undervisning og efteruddannelse, der findes i tilknytning til jordbrugets anvendelse af pesticider.

I afsnit 9, der indeholder 8 underafsnit, gives en udførlig beskrivelse af problemer i forbindelse med pesticidanvendelsen, specielt behandles indflydelsen på og konsekvenser for:

1. Planter og planteprodukter, 2. Jord, 3. Vand, 4. Flora, 5. Nytteinsekter og øvrige fauna, 6. Mikroflora, 7. Honningbier og 8. Udvikling af pesticidresistens.

Afsnit 10 indeholder en beskrivelse af den forskning og udvikling, der er i gang eller påtænkes iværksat med henblik på, at fremtidens plantebeskyttelse foretages mest miljøvenligt og med mindst mulig anvendelse af pesticider. Foranstaltningerne, der findes i 10 underafsnit, er følgende:

1. Biologisk bekæmpelse af planteskadegørere, 2. Mikrobiologiske bekæmpelsesmidler, 3. Pesticiddoseringer, 4. Skadetærskler, 5. Prognose- og varselingstjeneste, 6. Jordbrugsmeteorologi og plantebeskyttelse, 7. Alternative jordbrugsformer, 8. Resistente sorter, 9. Pesticidfrie randzoner og 10. Integreret plantebeskyttelse.

Redegørelsens enkelte afsnit er, med undtagelse af afsnittene om honningbier og jordbrugsmeteorologi, skrevet af medarbejdere ved Statens Planteværnscenter.

Samling og redigering er foretaget af E. Nøddegaard, Jørgen Jakobsen, K. E. Thonke og Lise Nistrup Jørgensen.

2. BAGGRUND FOR ANVENDELSEN

E. Nøddegaard
Statens Planteværnscenter
Institut for Pesticider
2800 Lyngby

Ukrudt, plantesygdomme og skadedyr har altid været en vigtig konkurrencefaktor ved dyrkningen af planter. Der kendes mange eksempler på, at optræden af plantesygdomme og skadedyr har forårsaget svigtende udbytte og hungersnød.

Foruden direkte udbyttetab kan ukrudt, plantesygdomme og skadedyr også forvolde store kvalitetsforringelser af de høstede produkter. Sygdoms-angrebne planteprodukter kan desuden forårsage sygdomme hos både mennesker og husdyr. Den store nedgang i landbrugets arbejdsstyrke, der har fundet sted siden 2. verdenskrig, har umuliggjort tidligere tiders manuelle ukrudtsbekæmpelse.

Fremkomsten af de syntetiske pesticider i årene efter 2. verdenskrig har været en væsentlig forudsætning for øgningen og stabiliseringen af jordbrugsproduktionen og dermed for det relative fald i fødevarepriserne, der har fundet sted i denne periode.

Desuden har specielt herbiciderne virket arbejdskraftbesparende og været en delvis forudsætning for de moderne høstmetoder. I mange tilfælde medfører anvendelsen af pesticider også en kvalitetsforbedring af jordbrugsprodukterne og er ofte en forudsætning for vinteropbevaringen af bl.a. frugt og grønsager.

Vækstregulerende midler har ingen umiddelbart bekæmpende virkning, men anvendes for kornets vedkommende for at begrænse forekomsten af lejesæd og for frugttræer, frugtbuske og pryddplanter vedkommende for at bringe planterne en hensigtsmæssig størrelse, form, blomstring og udbytte.

Et væsentlig mindre udbytte og dårligere kvalitet vil være resultatet, hvis der i planteavl ikke anvendes kemisk bekæmpelse af ukrudt, plantesygdomme og skadedyr. Vedrørende det opnåede økonomiske merudbytte for pesticidanvendelsen henvises til afsnit 6.

3. REGULERING AF ANVENDELSEN

E. Nøddegaard
Statens Planteværnscenter
Institut for Pesticider
2800 Lyngby

3.1. Love og bekendtgørelser

Bestemmelserne vedrørende salg og anvendelse af pesticider og vækstregulerende midler findes hovedsagelig i følgende love og bekendtgørelser.

3.1.1. Love

Miljøministeriets lov om kemiske stoffer og produkter, nr. 212 af 23. maj 1979 (ændret ved lov nr. 68 af 20. februar 1980). Bestemmelserne for godkendelsen af pesticider og vækstregulerende midler findes i lovens kapitel 7.

Landbrugsministeriets lov om biavl, nr. 115 af 31. marts 1982.

3.1.2. Bekendtgørelser

Miljøministeriets bekendtgørelse om bekæmpelsesmidler, nr. 410 af 17. september 1980.

Miljøministeriets bekendtgørelse om klassificering, emballering, mærkning, salg og opbevaring af farlige stoffer og produkter, nr. 408 af 17. september 1980 (ændret ved bekendtgørelse nr. 341 af 16. maj 1984).

Miljøministeriets bekendtgørelse om omsætning og anvendelse af kviksølvholdige bekæmpelsesmidler til bejdsning af korn og frø, nr. 603 af 28. november 1973 (ændret ved bekendtgørelse nr. 341 af 17. juni 1976).

Miljøministeriets bekendtgørelse om anvendelse af methylobromid til jordesinfektion, nr. 524 af 28. september 1982.

Miljøministeriets bekendtgørelse om udbringning af bekæmpelsesmidler fra luftfartøjer (flysprøjtning) nr. 185 af 15. april 1981 (ændret ved bekendtgørelse nr. 186 af 11. maj 1983).

Miljøministeriets bekendtgørelse om maksimalgrænseværdier for indhold af bekæmpelsesmidler i levnedsmidler, nr. 1 af 5. januar 1982 (ændret ved bekendtgørelse nr. 553 af 9. november 1984).

Landbrugsministeriets bekendtgørelse om voldgiftssager om erstatning for forgiftning af bier; nr. 191 af 25. maj 1983.

Landbrugsministeriets bekendtgørelse om klassificering m.v. af bekæmpelsesmidler (farlighed for bier), nr. 588 af 8. december 1983.

3.1.3. Bekendtgørelser under forberedelse

Ændring af miljøministeriets bekendtgørelse om bekæmpelsesmidler (nr. 410 af 17. september 1980), omhandlende bl.a. bestemmelser vedrørende skiltning ved sprøjtning på områder med offentlig adgang, opbevaring af midler til eksport, tilladelsesindehaverens tilstedeværelse ved 3. persons anvendelse af meget giftige bekæmpelsesmidler indendørs og skærpelse af bestemmelserne om anvendelse af bekæmpelsesmidler omkring boligbyggeri og børneinstitutioner m.v.

Bekendtgørelse om mikrobiologiske bekæmpelsesmidler (industrielt fremstillede midler med indhold af bakterier, svampe, virus og andre mikroorganismer). Baggrund i paragraf 5 stk. 1 i loven om kemiske stoffer og produkter.

3.1.4. Bekendtgørelse under overvejelse

Bekendtgørelse om biologisk bekæmpelse med f.eks. rovmider, snyltehvepse, galhvepse m.fl. Baggrund i paragraf 5 stk. 2 i loven om kemiske stoffer og produkter.

3.2 Godkendelse og effektivitetsvurdering

Inden salg af pesticider og vækstregulerende midler kan finde sted, skal der foreligge en tilladelse til markedsføring. Indtil 1. oktober 1980 var forudsætningerne for udstedelse af tilladelsen indeholdt i en landbrugsministeriel bekendtgørelse, og tilladelsen blev givet af Landbrugsministeriets Giftnævn. Efter 1. oktober 1980 er bestemmelserne for udstedelse af tilladelsen fastlagt i Miljøministeriets lov nr. 212 af 23. maj 1979 og bekendtgørelse nr. 410 af 17. september 1980 om kemiske stoffer og produkter, og tilladelsen udstedes af Miljøstyrelsens Kemikalie-/bekæmpelsesmiddelkontor. Betegnelsen for tilladelsen er samtidig ændret fra klassificering til godkendelse.

I loven og bekendtgørelsen om godkendelse af kemiske stoffer og produkter indgår effektiviteten mod skadegørerne som en af forudsætningerne for

Miljøstyrelsens godkendelse, mens dette ikke var tilfældet ved Giftnævnets klassificering. Vurderingen af midlernes effektivitet er ved bekendtgørelsens paragraf 38 stk. 2 henlagt til Landbrugsministeriets forsøgsinstitutioner og overdraget Statens Planteværnscenter.

Effektivitetsvurderingen skal tjene til sikring af, at markedsførte pesticider og vækstregulerende midler er rimelig effektive og hensigtsmæssige til det godkendte anvendelsesområde, uden at der dog stilles lige så store krav til forsøgsgrundlaget som ved den frivillige anerkendelsesordning. Effektivitetsvurderingen baseres på firmaindsendte forsøgsresultater og oplysninger, andre foreliggende forsøgsresultater og erfaringer samt litteraturstudier.

Resultaterne kan være fra officielle og private, danske og udenlandske forsøg. Udenlandske forsøg skal være udført under klimatiske og jordbrugs-mæssige forhold, der er sammenlignelige med danske. Resultatet af vurderingen tilsendes Miljøstyrelsens Kemikalie-/bekæmpelsesmiddelkontor og danner, sammen med bl.a. toksikologisk og miljømæssigt materiale, baggrund for Miljøministeriets godkendelse af vækstregulerende midler.

3.3. Revurdering

I medfør af aftale af 17. november 1982 mellem Kemikalie-/bekæmpelsesmiddelkontoret og Statens Planteværnscenter skal Planteværnscentret bistå Miljøstyrelsen med revurderingen af de af Landbrugsministeriets Giftnavn klassificerede midler, hvad angår midlernes anvendelse, effektivitet og mulige forekomst af alternative midler.

Med baggrund i foreliggende forsøgsresultater, viden, erfaringer og anden dokumentation, afgives skriftlige udtalelser til Miljøstyrelsen vedrørende berørte midlers betydning og anvendelse, mulige alternative midler og metoder samt økonomiske konsekvenser ved begrænsning af midlernes anvendelsesområde. I fornødent omfang inddrages andre instanser.

3.4. Anerkendelse

For pesticider og vækstregulerende midler findes foruden godkendelsesordningen, en frivillig afprøvnings- og anerkendelsesordning, der har sin oprindelse i de første skrevne regler om afprøvning, der blev godkendt af Statens Planteavlsudvalg d. 4. juli 1930.

Den nugældende aftale om afprøvning og anerkendelse, der er indgået i 1983, har benævnelsen:

"Aftale mellem Dansk Agrokemisk Forening og Landbrugsministeriet (Statens Planteavlsforsøg) vedrørende anmeldelse, afprøvning og anerkendelse af pesticider og vækstregulerende midler".

I 1984 er der indgået en tillægsaftale om afprøvning og anerkendelse af blandinger af pesticider (tankblandinger) med betegnelsen: "Tillægsaftale til aftale mellem Dansk Agrokemisk Forening og Landbrugsministeriet (Statens Planteavlsforsøg) vedrørende anmeldelse, afprøvning og anerkendelse af pesticider og vækstregulerende midler" angående afprøvning og anerkendelse af blandinger af pesticider (tankblandinger).

Til finansiering af afprøvningen betales afgifter efter et betalingsreglement, der justeres en gang årligt i henhold til den almindelige pris- og lønudvikling.

Afprøvningen gennemføres efter "Retningslinier for afprøvning af midler mod ukrudt, plantesygdomme og skadedyr samt vækstregulerende midler", hvoraf der findes en for hver af de væsentligste skadegørere.

Anerkendelsesaafprøvningen gennemføres i første række med henblik på tilpasning af midlerne til danske jordbrugsmæssige og klimatiske forhold, og tager i første række sigte på at belyse virkningen på skadegørerne og midlernes eventuelle fytotoksiske virkning, samt at fastsætte dosering og behandlingstidspunkt.

Det tilstræbes, at flest mulige faktorer indgår i beslutningsgrundlaget for anerkendelsen, og at anerkendelsen foreligger ved markedsføringen af midlerne, hvad de første anerkendelser, der tildeles et middel, oftest gør. Men det er almindeligt, at anerkendelsesspektret for et middel udvides, efterhånden som forsøgs- og erfaringsgrundlaget for det pågældende middel øges.

Et middel vil almindeligvis blive anset for egnet til anerkendelse, hvis virkningen er på højde med eller højere end virkningen af et anerkendt standardmiddel (sammenligningsmiddel), og hvis risikoen for fytotoksicitet ikke overstiger standardmidlets. En lavere virkningsgrad kan dog accepteres, hvis midlet har ønskelige egenskaber, som standardmidlet ikke har.

Af sådanne ønskelige egenskaber kan nævnes: Højere udbytte- og produktkvalitets-potentiel, kortere behandlingsfrist, lavere restindhold, lavere giftighed, kortere persistens, større skånsomhed over for nytteinsekter og anden nyttefauna eller -flora.

Beslutningen om, hvilke midler der kan anerkendes, træffes af et udvalg bestående af forsøgslederne ved Institut for Pesticider, repræsentanter fra de

øvrige afdelinger på Planteværnscentret samt de personer, der er ansvarlige for land- og havebrugsorganisationernes forsøg med pesticider og vækstregulerende midler.

Anerkendelsesordningen er, som i 1930, frivillig. Uanset dette kommer dog næsten alle erhvervsmæssige midler mod betydende skadegørere til afprøvning ved Statens Planteavlfsforsøg.

Anerkendte midler optages i publikationen: "Plantebeskyttelsesmidler anerkendt til bekæmpelse af plantesygdomme, skadedyr og ukrudt, til nedvisning af frøafgrøder og kartoffeltop samt til vækstregulering". Denne "anerkendelses"-liste udkommer i februar måned med et supplement i april.

Proceduren for godkendelse og anerkendelse af pesticider og vækstregulerende midler fremgår af nedenstående skematiske fremstilling.

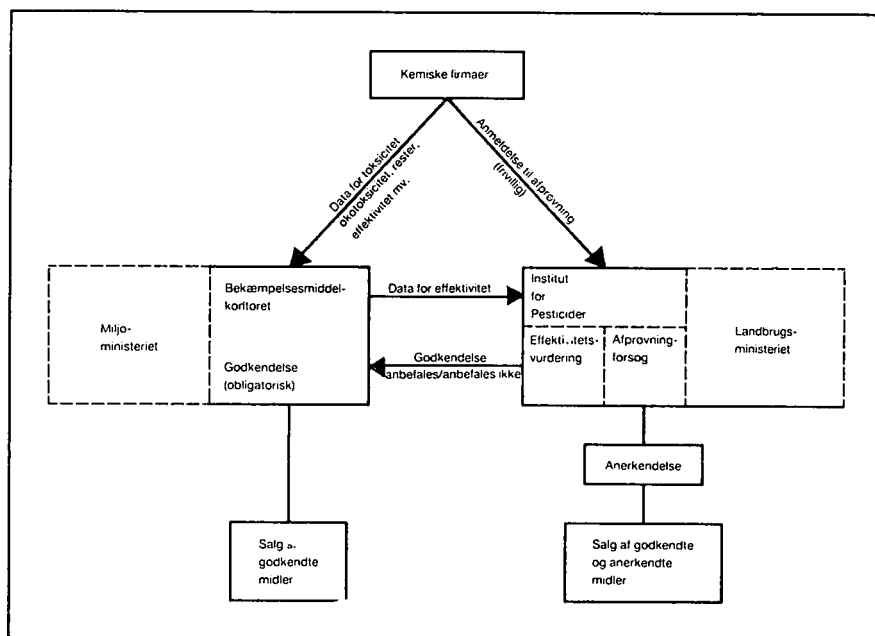


Fig. 1. Procedure for godkendelse og anerkendelse af pesticider og vækstregulerende midler.

Til adskillelse af anerkendte midler fra godkendte midler er der fremstillet et "fællesmærke" for anerkendte pesticider og vækstregulerende midler (fig. 2). Dette mærke kan af firmaerne anbringes på anerkendte midlers etiketter i umiddelbar tilknytning til anerkendelsesteksten, samt anvendes ved annonce-

ring mv., såfremt anerkendelsesefterskriften også anføres. Desuden anvendes fællesmærket i publikationer af forskellig art i forbindelse med omtalen af anerkendte midler.

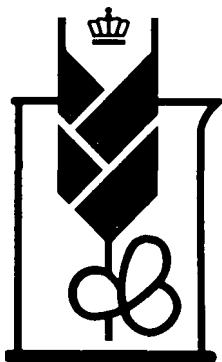


Fig. 2. Fællesmærke for anerkendte pesticider og vækstregulerende midler.

3.5. Maximale grænseværdier for indhold af bekæmpelsesmidler i levnedsmidler

Ved bekæmpelse af ukrudt, plantesygdomme og skadedyr tilføres planterne eller jorden større eller mindre mængder af det eller de midler, der anvendes ved bekæmpelsen. Under påvirkning af mange faktorer sker der en gradvis reduktion af de tilførte mængder, der efter et kortere eller længere tidsrum vil være omdannet til uskadelige kemiske forbindelser.

For at sikre konsumenterne mod, at de ved fortæring af de behandlede planteprodukter indtager uacceptable rester af de anvendte midler, er der fastsat bestemmelser for, hvad der maksimalt må forekomme af pesticidrester i markedsførte levnedsmidler. De maximale mængder, der må være på eller i levnedsmidler, findes i Miljøstyrelsens bekendtgørelse om maximalgrænseværdier for indhold af bekæmpelsesmidler i levnedsmidler, bekendtgørelse nr. 1 af 5. januar 1982, og ændringsbekendtgørelse nr. 553 af 9. november 1984.

De maximale grænseværdier fastsættes på baggrund af fodring af forsøgsdyr med en doseringsrække af kendte koncentrationer i foderet af de pesticider, der ønskes undersøgt. Herved findes en koncentration, der ikke har nogen påviselig effekt på forsøgsdyrene (nul effect level). Før fastsættelsen af de maximale grænseværdier er de ved dyreforsøgene fundne talstørrelser reduceret med en faktor $10 \times 10 = 100$ gange. Den ene faktor 10 skal tage højde for, at mennesket evt. kan være mere følsomt end forsøgsdyrene. Den anden faktor 10 skal tage højde for, at børn evt. kan være mere følsomme end voksne.

Inden den endelige fastsættelse af de pesticidrester, der maximalt må forekomme i fødevarer, anvendes begrebet "God Landbrugsmæssig Praksis". Ved "God Landbrugsmæssig Praksis" forstås, at hvis nødvendig bekæmpelse kan foretages med mængder og på en måde, der efterlader mindre pesticidrester end de sundhedsmæssigt acceptable mængder, der er fundet på den ovenfor beskrevne måde, er det disse lavere værdier, der kommer til at udgøre de maximale grænseværdier. Ved fastsættelse af de danske og internationale grænseværdier er det "God Landbrugsmæssig Praksis", der er bestemmende for grænseværdiernes størrelse.

Begrebet "God Landbrugsmæssig Praksis" forklarer også, hvorfor forskellige lande kan have fastsat forskellige maximale grænseværdier. For opnåelse af tilfredsstillende bekæmpelse af ukrudt, plantesygdomme og skadedyr kræves der ikke lige megen anvendelse af pesticider i alle lande.

Som foran nævnt vil størrelsen af eventuelle pesticidrester i planteprodukterne bl.a. være afhængig af længden af den tid, der hengår fra anvendelse til høst. Ved Miljøstyrelsens godkendelse af pesticider fastsættes derfor, blandt flere anvendelsesbetingelser, en behandlingsfrist. Dvs. det korteste tidsrum, der skal være mellem den sidste pesticidanvendelse og høst af de behandlede planter. Behandlingsfristerne, der fastsættes på baggrund af kontrollerede forsøg, skal sikre, at eventuelle pesticidrester vil være under de gældende maximale grænseværdier (tolerancer).

Hvis nødvendig bekæmpelse muliggør længere behandlingsfrister, end hvad der er nødvendigt for at sikre overholdelse af de maximale grænseværdier, kan miljøstyrelsen fastsætte sådanne længere behandlingsfrister og dermed medvirke til, at forekomsten af pesticidrester i levnedsmidler bliver lavest mulig.

Overholdelsen af de maximale grænseværdier kontrolleres af Levnedsmiddelstyrelsen under Miljøministeriet samt af 5 landsdelslaboratorier, der er tilknyttet kommunale levnedsmiddelkontroloenheder.

Kontrollen viser, at indholdet i frugt og grønsager normalt er betydeligt lavere end grænseværdierne, og at disse kun overskrides i ca. 1% af de undersøgte prøver.

Vedrørende yderligere oplysninger om maximale grænseværdier og kontrol af disse skal i øvrigt henvises til kapitel 9.

3.6. Litteratur

1. Anonym. 1983. Aftale mellem Dansk Agrokemisk Forening og Landbrugsmi-
nisteriet (Statens Planteavlsudvalg) vedrørende anmeldelse, afprøvning
og anerkendelse af pesticider og vækstregulerende midler.
2. Anonym. 1986. Oversigt over godkendte bekæmpelsesmidler, Miljøstyrelsen,
1-197.
3. Anonym. 1986. Plantebeskyttelsesmidler, anerkendt til bekæmpelse af plan-
tesygdomme, skadedyr og ukrudt, til nedvisning af frøafgrøder og kar-
toffeltop samt til vækstregulering. Statens Planteavlsforsøg, Planteværns-
centret, 1-82.
4. Anonym. 1985. Pesticidrester i danske levnedsmidler 1982-85. Statens Lev-
nedsmiddelinstitut, Publikation nr. 107, 1-140.
5. Nøddegaard, E. 1984. Anerkendelse og godkendelse af bekæmpelsesmidler.
Ugeskrift for Jordbrug 1984. 474-478.

4. UDVIKLING I FORBRUGET AF PESTICIDER OG VÆKSTREGULERENDE MIDLER 1956-1984

Baseret på offentliggjort statistik over salget af virksomt stof.

E. Nøddegaard
Statens Planteværnscenter
Institut for Pesticider
2800 Lyngby.

4.1. Indledning

Publiceret statistik over salget af bekæmpelsesmidler findes fra og med 1956. Indtil 1965 dog kun for årene 1956 og 1961. Publiceringen finder sted i årsberetningerne fra Miljøstyrelsens Kemikaliekontrol.

Nærværende fremstillinger af forbruget af pesticider og vækstregulerende midler er baseret på Kemikaliekontrollens offentliggjorte statistik over de mængder, der er leveret fra importører og fabrikanter til detailhandlere og jordbrugere i de pågældende år. Der forekommer givetvis udsving i forhandlernes og jordbrugets årlige lagerbeholdninger, måske med en tilbøjelighed til større lagerbeholdninger i år, hvor forbruget har været mindre end forventet. F.eks. på grund af meget tørre (1974, 1975, 1976) eller meget våde (1981) somre. Er denne antagelse rigtig, vil det sige, at forbruget i sådanne år er lavere, end salgstallene umiddelbart viser. Det antages også, at der i forbindelse med de stigende priser, som oliekrisen i 1973 medførte, i dette år har været større lagerbeholdninger end sædvanligt.

Der findes ikke tilgængelige oplysninger om lagerbeholdningernes størrelse. Af praktiske grunde er forbruget i de enkelte år derfor sat lig med salget i samme år. Med undtagelse af små salgstal for enkeltmidler og for 1973 udgør variationerne i lagerbeholdningerne procentvis næppe ret meget og betyder derfor kun lidt i forhold til udviklingen i forbruget i øvrigt i den viste tidsperiode fra 1956 til 1984.

4.2. Forbrug af bekæmpelsesmidler, pesticider og vækstregulerende midler

I de efterfølgende grafiske fremstillinger er forbruget (salget) angivet i tons virksomme stoffer.

Fig. 1. viser det totale forbrug af bekæmpelsesmidler i 1983 og 1984 i alt og fordelt på forskellige grupper af midler. Den største enkeltgruppe er her-

biciderne, der udgør lidt under halvdelen af det totale forbrug af bekæmpelsesmidler.

Bekæmpelsesmidler, i alt

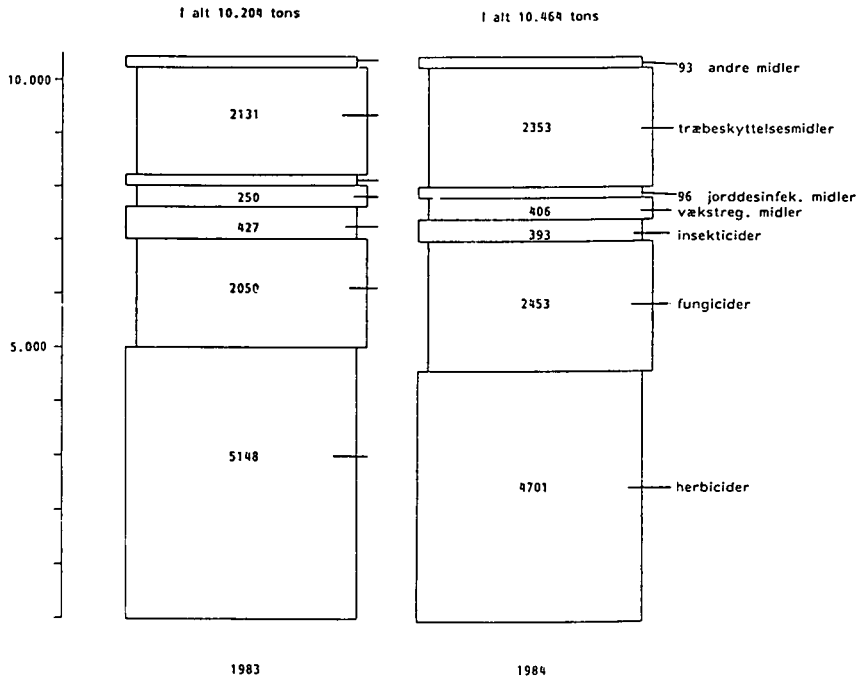


Fig. 1 Salg af virksomme stoffer, tons, 1983 og 1984

De to næststørste grupper er fungicider til jordbrugsformål og midler (fungicider og insekticider) til behandling af træværk og tømmer. Begge grupper andrager lidt over 2000 tons i 1983 stigende til lidt under 2500 tons i 1984. I 1984 udgør forbruget af disse to grupper af midler tilsammen lidt mere end forbruget af herbicider. Nemlig 4806 tons mod 4701 tons herbicider. I 1984 er forbruget af insekticider og vækstregulerende midler af samme størrelse, nemlig ca. 400 tons. Forbruget af jorddesinfektionsmidler udgør 96 tons. Gruppen "andre midler" er midler til bekæmpelse af fluer, møl, myrer, mus, rotter, muldvarpe, mosegrise og utøj på husdyr, algevækst og slimdannende organismer i papirmasse samt afskrækningsmidler (repellanter).

Af fig. 2. fremgår det, at forbruget af pesticider og vækstregulerende midler udgør lidt mere end 3/4 af det samlede forbrug af bekæmpelsesmidler.

Under pesticider er også medregnet midler, der f.eks. anvendes i private haver, på udyrkede arealer og offentlige områder m.v. Dvs. at ca. 1/4 af forbruget af bekæmpelsesmidler anvendes til andet end til egentlige jordbrugs-mæssige formål.

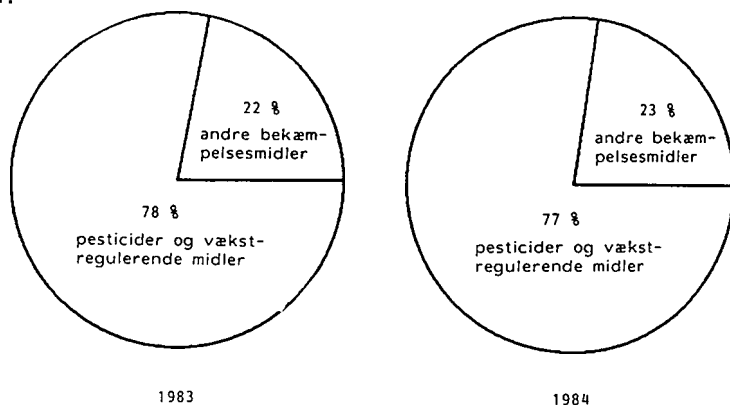


Fig. 2 Pesticider og vækstregulerende midler i % af bekæmpelsesmidler 1983 og 1984

4.2.1. Pesticider og vækstregulerende midler

Fig. 3. viser, at herbiciderne udgør op imod de 2/3 af pesticidforbruget, med faldende tendens. For år tilbage udgjorde herbiciderne ca. 80% af det totale pesticidforbrug.

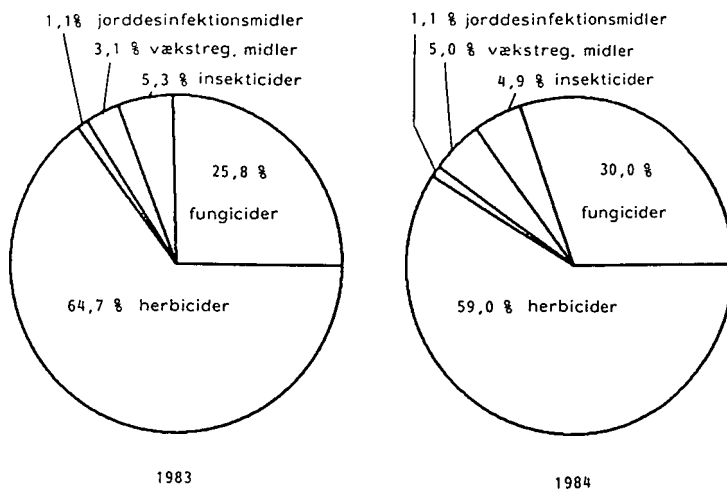


Fig. 3 Procentfordeling af pesticider og vækstregulerende midler 1983 og 1984

Fungicider udgør lidt over 1/4 af forbruget, med stigende tendens.

Insekticiderne andrager i begge år uændret ca. 5% af forbruget.

Forbruget af vækstregulerende midler er i 1984, som tidligere nævnt, af samme størrelse som insekticidforbruget og med stærkt stigende tendens.

Jorddesinfektionsmidlerne udgør uændret 1,1% af forbruget i 1983 og 1984.

Fig. 4 til 9 viser forbruget af pesticider og vækstregulerende midler i årene 1956, 1961 og fra 1965 til 1984.

På grund af, at der i de grafiske fremstillinger indgår tal fra 100 til 8000 tons, har det ikke været muligt at anvende samme målestoksforhold i alle figurer. Samme søjlehøjde angiver derfor ikke i alle figurer samme mængde virksomt stof. Kun søjlehøjden i henholdsvis fig. 5 og 6 samt i 7, 8 og 9 er umiddelbart sammenlignelige.

I fig. 4. er anført de enkelte års totale forbrug af pesticider og vækstregulerende midler. Fra 1956 til 1984 er forbruget femdoblet, fra 1527 til 8049 tons. I 1975 og 1976 er der et markant fald i forbruget. Der er flere årsager til forbrugsnedgangen midt i 70'erne. I 1974, 1975 og 1976 var nedbøren meget i lav i månederne maj, juni og juli. Tørre år betinger et mindreforbrug af fungicider og vækstregulerende midler, men giver ofte anledning til stærke skadedyrsangreb.

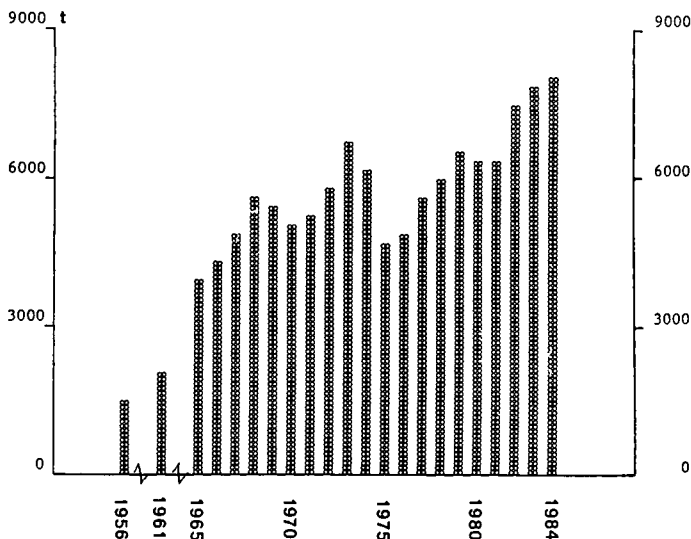


Fig. 4. Salg af virksomme stoffer, tons, 1956-1984.

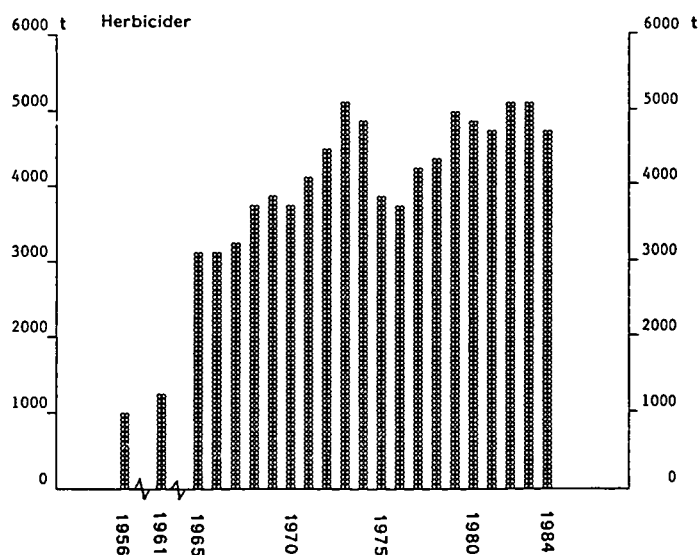


Fig. 5 Salg af virksomme stoffer, tons, 1956-84.

Oliekrisen bevirkede samtidigt et fald i aktivitets- og investeringsniveauet af født af de stigende oliepriser. Desuden antages det, som nævnt, at der i 1973, i forbindelse med de stærkt stigende priser på pesticider, er sket en øgning i Jordbrugets lagerbeholdninger. I givet fald kan dette være årsag til det øgede salg i 1973.

4.2.2. Herbicider

Fig. 5. viser, at forbruget af herbicider femdobles fra 1026 tons i 1956 til 5157 tons i 1982, hvor forbruget af herbicider, målt i virksomt stof, kulminerer. I 1984 er forbruget 4701 tons.

Fra og med 1968 er der ved opgivelsen af virksomt stof for phenoxypropionsyreimidlernes vedkommende, foruden den herbicidaktive højredrejende isomer, også medregnet den ikke herbicidaktive venstredrejende isomer. Dette betyder, at med det nuværende forbrug af phenoxypropionsyreimidler er den opgivne mængde af disse midler 950 tons større, end den ville have været, hvis den før 1968 anvendte beregningsmåde havde været bibeholdt.

4.2.3. Fungicider

Salget af fungicider ottedobles fra 305 tons til 2423 tons i perioden 1956 til 1984 (fig. 6.). Udsvingene fra år til år er større end for herbicidernes vedkommende. Stigningen i 1967, 1968 og 1969 skyldes et merforbrug af svovl til meldugbekæmpelse i korn og af quintozen mod kartoffelskurv. Den store udvidelse af forbruget af fungicider i de sidste 3-4 år skyldes dels den store stigning i arealet med vintersæd, der er meget fungicidkrævende og dels, at der i den pågældende periode er kommet nye og mere effektive fungicider på markedet, hvilket har sænket den økonomiske skadetærskel. Samtidig er en bedre bekæmpelse af kornets svampesygdomme indgået i strategien for opnåel-

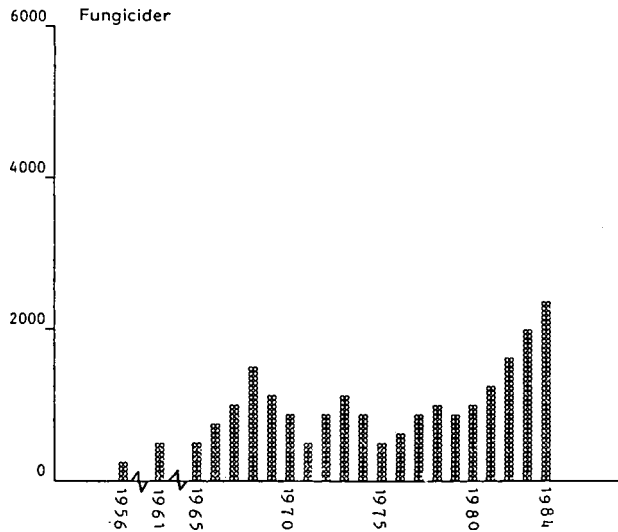


Fig. 6 Salg af virksomme stoffer, tons, 1956-84.

se af det stigende hektarudbytte af korn, der har fundet sted i disse år. Under forudsætning af, at der ikke sker en yderligere stigning i vintersædsarealet, og at der ikke sker udvidet dyrkning af andre fungicidkrævende afgrøder, er der grund til at antage, at stigningen i fungicidforbruget nu vil aftage.

4.2.4. Insekticider

Siden 1967 er der ikke sket nogen stigning i forbruget af virksomt stof af insekticider (fig. 7). Det årlige forbrug svinger i takt med varierende skadedyrsangreb. Særlig bemærkelsesværdig er den stærke stigning i forbruget i 1967 og 1976 og det store fald i forbruget i 1981. 1967 og 1976, var meget store bladlusår. Da bladlus er landbrugets mest udbredte skadedyr, medfører store bladlusår et stort insekticidforbrug. Årene 1967 og 1976 huskes måske bedst på, at de store bladlusforekomster gav anledning til stor opformering af mariehøns, der i meget store mængder bl.a. invaderede kystområderne i løbet af august måned.

1981 var karakteriseret af meget store nedbørsmængder, der bl.a. medførte meget sen såning, lave forekomster af skadedyr og et fald i forbruget af insekticider på mere end 25%.

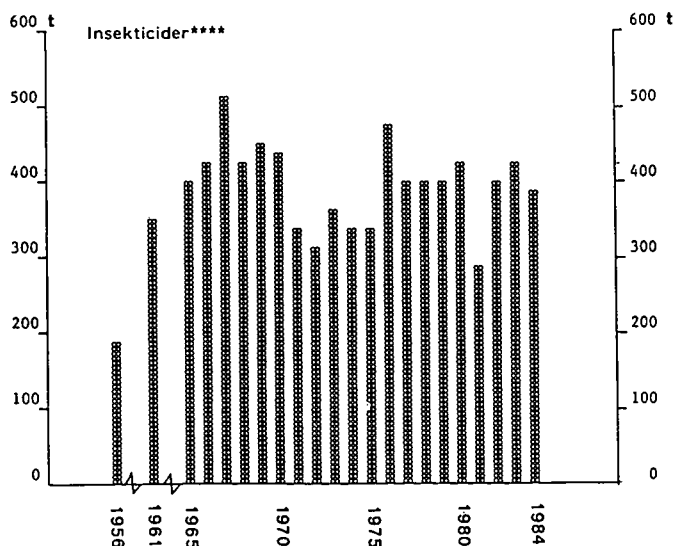


Fig. 7 Salg af virksomme stoffer, tons, 1956-84.

**** inklusive mide- og sneglemidler

4.2.5. Vækstregulerende midler

Salget af vækstregulerende midler begynder at stige omkring 1979 (fig. 8). De 3 sidste års meget stærke stigning i forbruget af vækstregulerende midler falder sammen med stigningen i vintersædsarealet, hvor langt den største mængdemæssige anvendelse finder sted. Der forventes en yderligere stigning i de kommende år, bl.a. fordi der må forventes en udvidelse af plantesortimentet, hvortil det vil være hensigtsmæssigt at anvende vækstregulering.

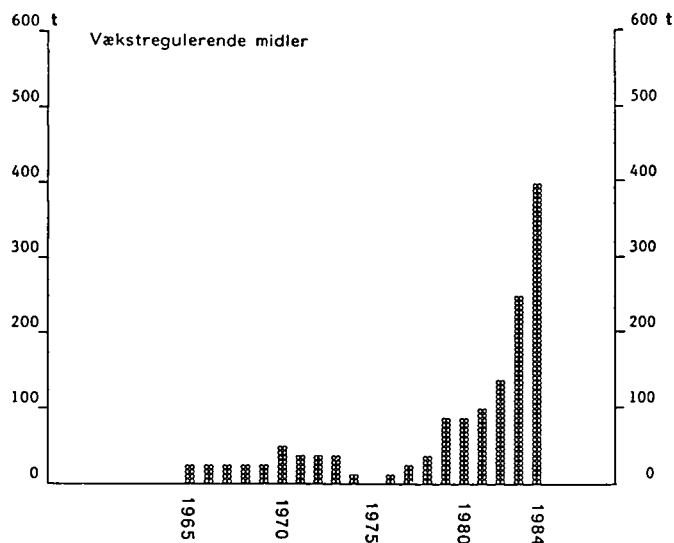


Fig. 8 Salg af virksomme stoffer, tons, 1956-84.

4.2.6. Jorddesinfektionsmidler

Forbruget af jorddesinfektionsmidler, der fremgår af fig. 9, har med undtagelse af 1982, været ret uændret de sidste 10 år, ca. 100 tons pr. år.

4.3. Forbrug af de enkelte virksomme stoffer

Fig. 10 til 21 viser forbruget af de enkelte virksomme stoffer, såfremt det virksomme stof indgår i midler fra 3 eller flere fabrikanten og importører. Hvis et virksomt stof indgår i midler fra færre end 3 fabrikanten og importører, har Dansk Agrokemisk Forening nemlig betinget sig, at salget ikke anføres under det pågældende stof, men kun medtages i statistikken under det samlede salg af den gruppe midler, hvortil det virksomme stof henhører.

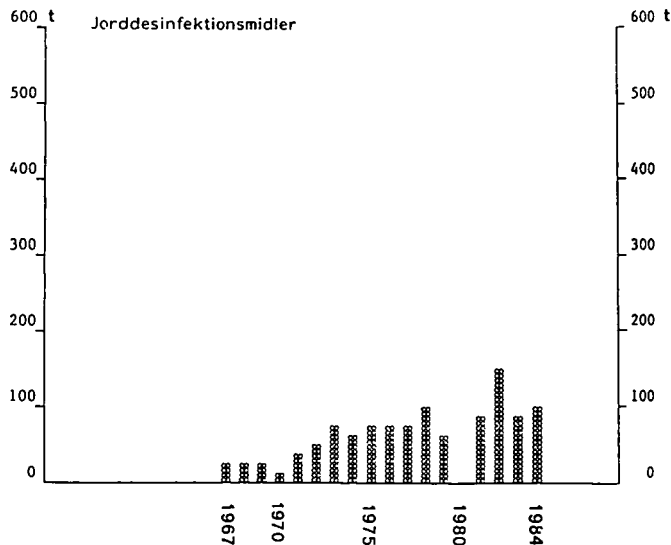


Fig. 9 Salg af virksomme stoffer, tons, 1956-84.

En bestemmelse, der virker stærkt begrænsende for gennemførelse af beregninger over ændringer i det reelle forbrugsmønster. Dette forhold har været specielt betydningsfuldt i de seneste år, hvor der er markedsført mere effektive midler, der medfører anvendelse af meget mindre virksomt stof pr. ha end tidligere, og hvor visse nye specifikke midler har fået en meget udbredt anvendelse. Af hensyn til bl.a. afgiftsberegninger får miljøstyrelsen dog oplysninger om omsætningen af alle enkeltmidler og alle virksomme stoffer, uanset antal. Disse oplysninger har bl.a. dannet baggrund for næste afsnits beregninger over antallet af pesticidbehandlinger i de enkelte afgrøder.

For at kunne fremstille forbruget på en grafisk overskuelig måde er de virksomme stoffer opdelt i grupper efter forbrugsmængde og med hver gruppe anført i sin egen figur. Forbruget i 1984 har i de fleste tilfælde været afgørende for placeringen.

4.3.1. Herbicider

I fig. 10 med et forbrug på mere end 100 tons virksomt stof pr. år findes phenoxyuremidlerne; 2,4-D, dichlorprop, mechlorprop og MCPA samt de "gule midler"; dinozeb og DNOC. Phenoxyuremidlerne udgør mere end halvdelen af det totale forbrug af herbicider, men med undtagelse af mechlorprop har

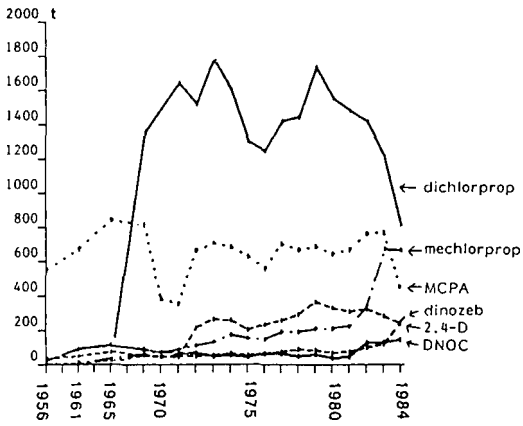


Fig. 10 Herbicider med større salg end 100 tons virksomt stof pr. år.

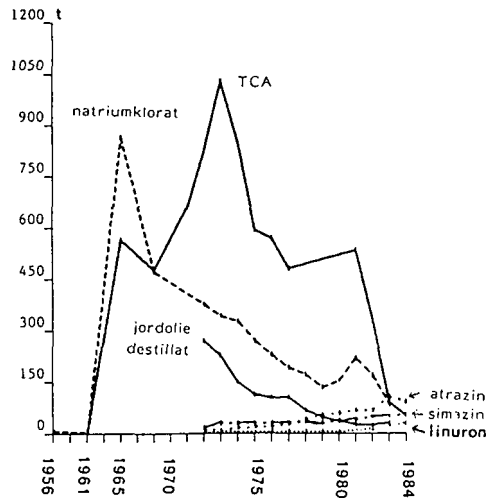


Fig. 11 Herbicider med et salg på 25-100 tons virksomt stof pr. år (1984).

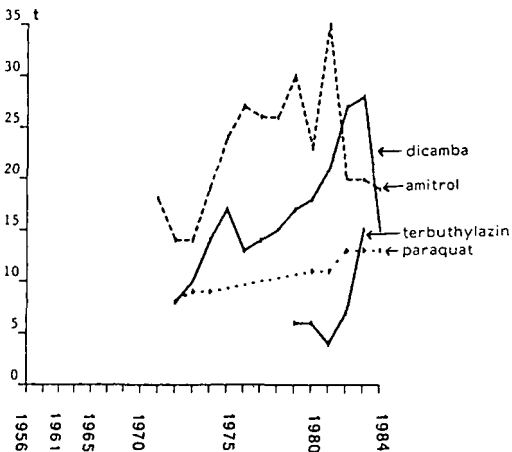


Fig. 12 Herbicider med et salg på 12-25 tons virksomt stof pr. år (1984).

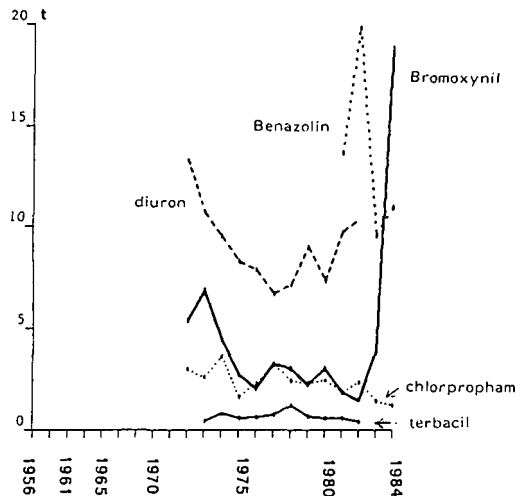


Fig. 13 Herbicider med et salg på under 12 tons virksomt stof pr. år (1984).

forbruget af phenoxysyremidler været aftagende de senere år. Stigningen i salget af DNOC og specielt dinozeb i 1983 og 1984 skyldes utvivlsomt større lagerbeholdninger forårsaget af Miljøstyrelsens beslutning om, at salget skulle ophøre fra efteråret 1984. En bestemmelse, hvis ikrafttræden først blev udsat på grund af indankning til miljøankenævnet og senere er blevet suspenderet.

I gruppen 25-100 tons (fig. 11) findes de virksomme stoffer: jordoliede-stillat, natriumchlorat, TCA, atrazin, simazin og linuron.

I fig. 12 med et forbrug på fra 12 til 25 tons virksomt stof findes: amitrol, dicamba, paraquat og terbutylazin.

De virksomme stoffer, benazolin, bromoxynil, chlorpropham, diuron og terbacil, med et årligt forbrug på under 12 tons, findes i fig. 13.

4.3.2. Fungicider

Fig. 14 viser forbruget af virksomt stof af quintozen, svovl og maneb. Efter at anvendelsen af quintozen i 1974 blev begrænset til arealer til fremavl af læggekartofler, med en behandlingsfrist på 3 år for dyrkning af efterfølgende afgrøder af kartofler og rodfrugter og 5 år for gulerødder og selleri, er forbruget af quintozen gået meget stærkt ned. Fra 1976 udgår quintozen af den offentliggjorte statistik på grund af 3-middel-reglen. I 1985 ophører markedsføringen af quintozenholdige midler til jordbehandling.

I årene 1967-1969 anvendtes svovl i stor udstrækning til bekæmpelse af kornmeldug, der på det tidspunkt, på grund af det stigende kornareal, begyndte at blive en betydende faktor ved dyrkningen af korn. Efter 1969 afløses svovl af midler, der er mere virksomme mod kornmeldug. De første systemiske fungicider til kornmeldug kom på markedet omkring 1971. Maneb's anvendelse til korn stiger meget stærkt med det stærkt stigende vintersædsareal. Foruden at have fungicidvirkning afhjælper maneb, på grund af sit indhold af mangan, også manganmangel. Kun fungiciderne med indhold af triadimefon og propiconazol anvendes til korn i et omfang, der arealmæssigt udgør henholdsvis ca. det samme og ca. 3 gange så meget som maneb. Disse midler kom i handelen i henholdsvis 1980 og 1983. På grund af 3-middel-reglen er midlerne ikke medtaget i den grafiske fremstilling.

I fig. 15 er anført virksomme stoffer med et årligt forbrug på mellem 9 og 100 tons. Det er captan, carbendazim, kobber (som Cu), thiram og zineb.

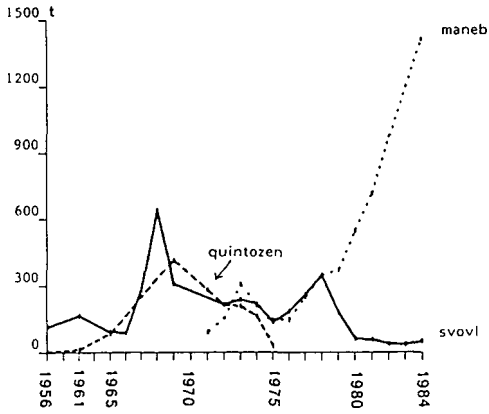


Fig. 14 Fungicider med indhold af maneb, svovl og quintozen, tons virksomt stof pr. år (1984).

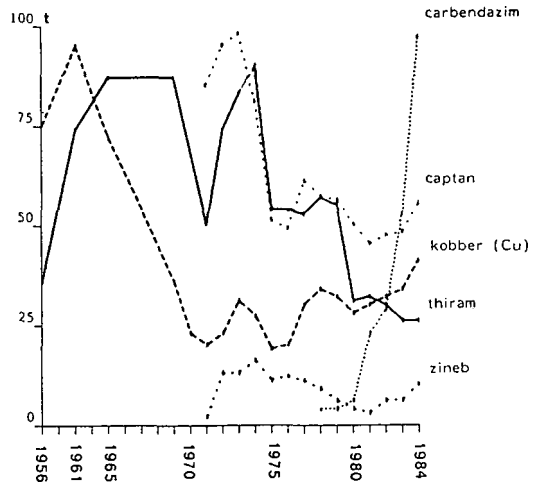


Fig. 15 Fungicider med et salg på 9-100 tons virksomt stof pr. år (1984).

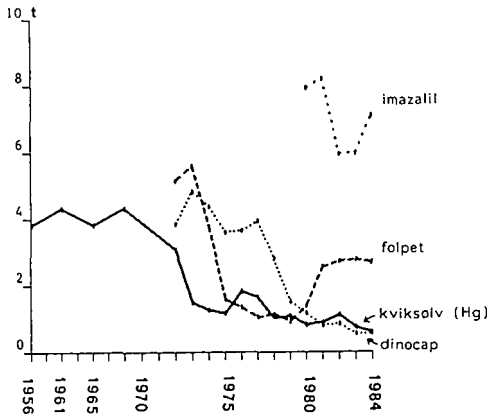


Fig. 16 Fungicider med et salg på under 9 tons virksomt stof pr. år.

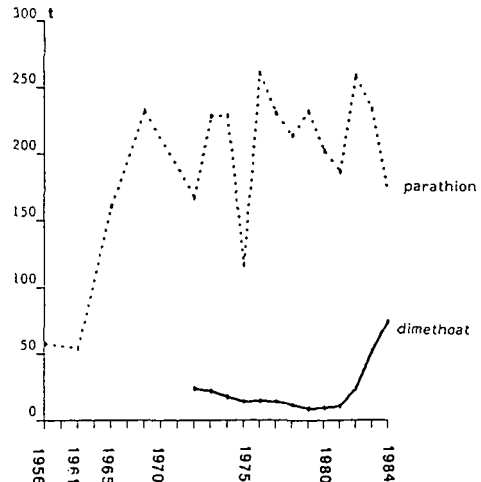


Fig. 17 Insekticider med indhold af dime-thoat og parathion (inkl. methyl-parathion), tons virksomt stof pr. år.

Virksomme stoffer med et forbrug på under 9 tons findes i fig. 16. Det drejer sig om dinocap, folpet, imazalil, og kviksølv (som Hg).

I 1970 tog Statens Planteværnscenter skridt til, at indholdet af kviksølv i bejdsemidlerne blev halveret, og i 1973 begrænsede Giftnævnet anvendelse af kviksølv til bejdsning af udsæd, der skal anvendes til avl af såsæd. Disse foranstaltninger har nedbragt forbruget af kviksølv fra ca. 4 tons (Hg) årligt før 1970 til 565 kg i 1984.

4.3.3. Insekticider

Forbruget af parathion og dimethoat ses af fig. 17. Parathion har i alle årene indtaget en dominerende plads i skadedyrsbekæmpelsen og udgjort omkring halvdelen af forbruget af insekticider.

Forbruget har svinget i takt med de enkelte års forekomst af skadedyr og synes nu på vej ned. Dimethoat (og andre midler) har i de seneste år fået en stigende anvendelse mod bladlus i korn.

I fig. 18 findes de virksomme stoffer: carbaryl, lindan, malathion og permethrin med et forbrug på under 15 tons pr. år. Fig. 19 indeholder de virksomme stoffer: diazinon, endosulfan, fenitrothion og methoxychlor.

4.3.4. Jorddesinfektionsmidler

Fig. 20 viser forbruget af Metam-Na, methylbromid og chlorpocrin til jorddesinfektion. Chlorpocrin anvendes som røbestof i methylbromid. Forbruget af Metam-Na er i 1984 faldet til ca. 1/3 af forbruget i 1982. Forbruget af methylbromid stiger fra 1973 til 1979, hvorefter det falder til lidt under 50 tons i perioden 1982 til 1984.

4.3.5. Vækstregulerende midler

Forbruget af de mest dominerende vækstregulerende midler, chlormequat-chlorid og ethephon fremgår af fig. 21. Stigningen i forbruget af disse midler er meget betydelig; specielt for chlormequat-chlorids vedkommende, hvis forbrug går op fra 50 tons virksomt stof i 1979 til 322 tons i 1984. Forbrugsøgningen falder sammen med det stigende vintersædsareal, hvortil de hovedsagelig bruges. Bl.a. på grund af muligheden for vækstregulering af flere af landbrugsplanterarter forventes der en yderligere øgning i forbruget af vækstregulerende midler i de nærmeste år.

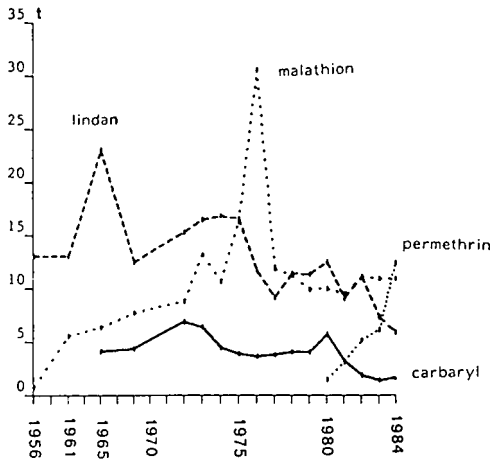


Fig. 18 Insekticider med et salg på under 15 tons virksomt stof pr. år (1984).

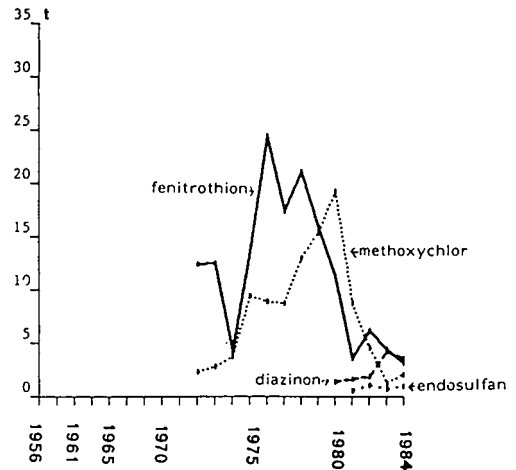


Fig. 19 Insekticider med et salg på under 5 tons virksomt stof pr. år (1984).

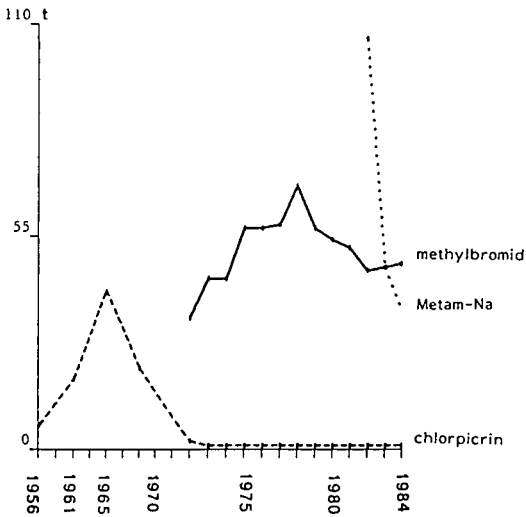


Fig. 20 Midler til jorddesinfektion, salg af tons virksomt stof pr. år.

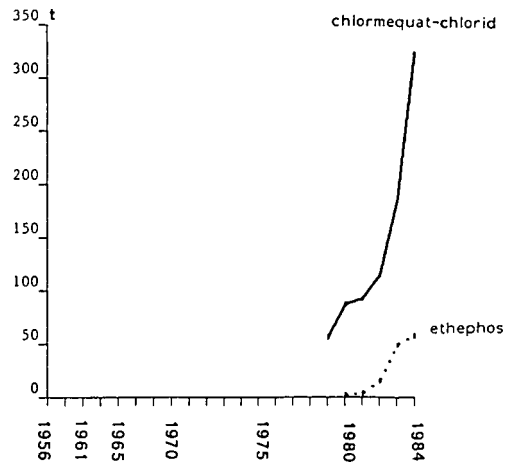


Fig. 21 Vækstregulerende midler, salg af tons virksomt stof pr. år.

4.4. Antal midler på markedet

Kurverne i fig. 22 viser det markedsførte antal midler i perioden 1956-1984. Figuren omfatter virksomme stoffer og følgende grupper af midler med antal markedsførte midler i 1984 i (). Virksomme stoffer i alt (289). Markedsførte midler: herbicider (310), fungicider og insekticider (317), fra 1980 også antallet af fungicider (168) og insekticider (149) hver for sig, kombinerede fungicider og insekticider (17), jorddesinfektionsmidler (6) og vækstregulerende midler (39).

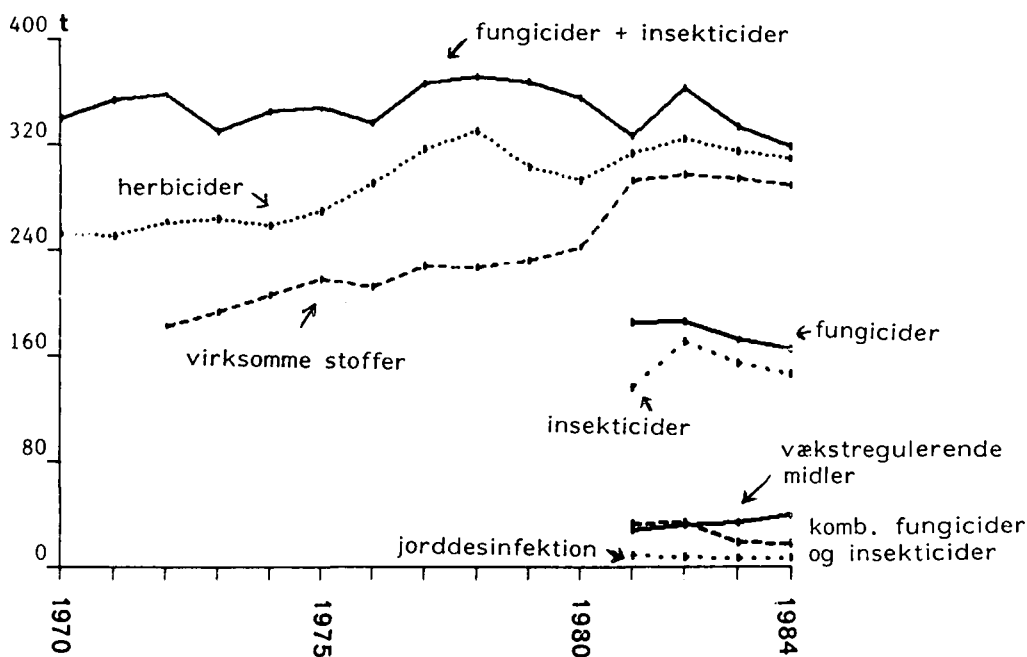


Fig. 22 Antal virksomme stoffer i alt og antal midler på markedet, 1970-1984.

4.5. Litteratur

1. Anonym. Statistiske oplysninger vedrørende forbrug og salg af bekæmpelsesmidler. Årsberetninger. Miljøstyrelsens Kemikaliekontrol.
2. Nøddegaard, E. 1986. Udvikling af forbruget af pesticider og vækstregulerende midler 1956-1984. Baseret på Kemikaliekontrollens offentliggjorte statistik over salget af virksomt stof. Ugeskrift for Jordbrug 5. xx-xx.

5. BEHANDLEDE AREALER AF DE VIGTIGSTE LANDBRUGSAFGRØDER

E. Nøddegaard

Statens Planteværnscenter

Institut for Pesticider

2800 Lyngby

Der findes ingen offentligt tilgængelig arealstatistik over jordbrugets anvendelse af pesticider og vækstregulerende midler. Den i afsnit 4 anførte udvikling i forbruget (salget) af virksomme stoffer af pesticider og vækstregulerende midler er kun sammenfaldende med udviklingen i det behandlede jordbruksareal i den udstrækning, der anvendes lige store mængder virksomt stof pr. arealenhed gennem hele tidsperioden.

Særlig i de seneste år har fremkomsten af nye midler med indhold af mere effektive virksomme stoffer reduceret mængden af virksomt stof, der anvendes pr. arealenhed, og dermed øget arealet, der kan behandles med en given mængde virksomt stof.

For herbicidernes vedkommende anvendes eksempelvis af chlorsulfuron, der kom på markedet i 1984, kun 4 g virksomt stof pr. ha mod ét til to kg eller mere af mange ældre midler.

Af nyere fungicider findes triadimefon og propiconazol, markedsført i henholdsvis 1980 og 1983. Begge midler anvendes med 125 g virksomt stof pr. ha mod ældre midlers anvendelse til samme formål med 0,4 til 4 kg.

Af de syntetiske pyrethroider, der successivt er taget i anvendelse fra sidst i 70'erne, anvendes fra 20 til 100 g virksomt stof pr. ha mod eksempelvis anvendelsen af 350 til 700 g virksomt stof af parathion.

Som nævnt i afsnit 4, indeholder Kemikaliekontrollens statistik over salget af bekæmpelsesmidler ikke oplysninger om enkeltmidler, hvis det virksomme stof i disse ikke forekommer i midler fra mindst 3 fabrikanter eller importører. Oplysninger om salget af sådanne midler findes imidlertid hos Miljøstyrelsen. Efterfølgende opgørelser over, hvor store arealer der har kunnet behandles med det solgte kvantum, er derfor udført i samarbejde med Jesper Kjølholt fra Miljøministeriets Center for Jordøkologi. Beregningerne er foretaget af Jesper Kjølholt mens vurderingerne af, hvordan forbruget er fordelt på de enkelte afgrøder, er foretaget af Planteværnscentret.

Beregningerne er gennemført for landbrugets hovedafgrøder i årene 1981-84.

Ved beregningerne er anvendt Kemikaliekontrollens salgstal, angivet i afsnit 4, suppleret med Miljøstyrelsens tal over midler, der ikke findes i Kemikaliekontrollens statistik, de doseringer, der normalt anvendes, samt en vurdering af den procentdel af et givet middel, der er brugt til den pågældende afgrøde.

Sådanne beregninger er naturligvis behæftet med nogen usikkerhed. Den reelt anvendte dosering kan afvige fra den anerkendte eller godkendte dosering i såvel opadgående som nedadgående retning. Den største usikkerhed knytter sig dog til skønnet over, hvor mange procentdele af et middel, som anvendes til flere afgrøder, der skal tilskrives de enkelte afgrøder. Usikkerheden er størst, når forbruget skal fordeles på mange afgrøder, der kun har en lille arealmæssig anvendelse. De beregnede tal for enkeltafgrøder er behæftede med større usikkerhed end gennemsnitstallet for alle afgrøder. Mindre forskelle mellem de årligt behandlede arealer bør ikke tillægges for stor værdi, da skønnet over variationer i forbruget fra år til år er noget usikkert. De behandlede arealstørrelser er opgivet med afrundede tal.

I tabellerne 1, 2, 3 og 4 er de beregnede tal anført for henholdsvis herbicider, fungicider, insekticider og vækstregulerende midler.

Tallene i tabellernes øverste del angiver, hvor mange ha (i 1000) af landbrugets hovedafgrøder, der har kunnet behandles i årene 1981-1984 med det totalt behandlede areal yderst til højre. Tabellernes nederste del viser det gennemsnitlige antal gange pr. år, de enkelte afgrøder har kunnet behandles. Det antal gange, landbrugets hovedafgrøder gennemsnitligt har kunnet behandles, er angivet yderst til højre i tabellerne.

For fungicidernes og insekticidernes vedkommende er beregningerne foretaget og opgivet for henholdsvis sprøjtemidler og bejdsemidler.

Tabel 1. Herbicidbehandlet areal i 1000 ha og antal gennemsnitlige årlige behandlinger af landbrugets hovedafgrøder i årene 1981-1984.

År	Korn	Raps	Frø	Kar- tofler	Roer	Ærter	Majs	Grøn- sager	Græs	Uden for vækstsæson	I alt
<u>Sprøjtemidler</u>				<u>1000 ha</u>							
1981	1662	164	63	57	372	13	10	18	37	281	2677
1982	1907	214	79	55	425	26	12	19	45	275	3057
1983	2192	209	89	70	457	40	16	20	53	259	3405
1984	2209	290	83	61	492	96	20	19	79	302	3651

Antal årlige behandlinger, gns.

1981	0,9	1,3	1,3	1,6	1,8	1,4	1,0	2,6	0,1	-	1,0
1982	1,1	1,4	1,8	1,6	2,0	1,7	1,0	2,7	0,1	-	1,2
1983	1,3	1,3	1,8	2,3	2,2	1,3	1,0	2,9	0,2	-	1,3
1984	1,3	1,5	1,6	2,0	2,4	1,5	1,0	2,4	0,3	-	1,4

Tabel 2. Fungicidbehandlet areal i 1000 ha og antal gennemsnitlige årlige behandlinger af landbrugets hovedafgrøder i årene 1981-1984.

År	Korn	Raps	Frø	Kar- tofler	Roer	Ærter	Majs	Grøn- sager	Græs	I alt
<u>Sprøjtemidler</u>				<u>1000 ha</u>						
1981	644	-	-	111	2	12	-	15	-	784
1982	1.267	5	-	103	1	21	-	15	-	1.412
1983	2.328	7	-	94	1	48	-	15	-	2.493
1984	3.000	8	-	91	2	82	-	17	-	3.200

Antal årlige behandlinger, gns.

1981	0.4	-	-	3,1	0.01	1.4	-	2.2	-	0,3
1982	0.7	0.02	-	3,0	0.01	1.4	-	2.2	-	0,5
1983	1.3	0.04	-	3,0	0.01	1.6	-	2.2	-	1,0
1984	1.8	0.04	-	3,0	0.01	1.2	-	2.2	-	1,2

<u>Bejdsemidler</u>				<u>1000 ha</u>						
1981	1520	-	-	25	212	5	-	-	-	1.762
1982	1625	-	-	35	211	9	-	-	-	1.880
1983	1601	-	-	26	143	18	-	-	-	1.788
1984	1506	-	-	31	152	31	-	-	-	1.720

Antal årlige behandlinger, gns.

1981	0.8	-	-	0.7	1.0	0.5	-	-	-	0.7
1982	0.9	-	-	1.0	1.0	0.6	-	-	-	0.7
1983	0.9	-	-	0.9	0.7	0.6	-	-	-	0.7
1984	0.9	-	-	1.0	0.7	0.5	-	-	-	0.7

Tabel 3. Insekticidbehandlet areal i 1000 ha og antal gennemsnitlige årlige behandlinger af landbrugets hovedafgrøder i årene 1981-1984.

År	Korn	Raps	Frø	Kar- tofler	Roer	Ærter	Majs	Grøn- sager	Græs	I alt
<u>Sprøjtemidler</u>				<u>1000 ha</u>						
1981	269	146	3	7	145	11	2	16	2	601
1982	562	197	6	8	143	22	3	17	3	961
1983	798	239	10	7	165	45	4	13	4	1.285
1984	931	300	18	7	156	104	7	15	7	1.545

Antal årlige behandlinger, gns.

1981	0,2	1,1	0,1	0,2	0,7	1,2	0,2	2,3	0,01	0,2
1982	0,3	1,3	0,1	0,2	0,7	1,5	0,3	2,4	0,01	0,4
1983	0,5	1,5	0,2	0,2	0,8	1,5	0,3	1,8	0,01	0,5
1984	0,5	1,6	0,4	0,2	0,8	1,6	0,3	1,9	0,02	0,6

<u>Bejdsemidler</u>				<u>1000 ha</u>						
1981	9	91	-	-	200	-	2	-	-	302
1982	10	167	-	-	180	-	2	-	-	359
1983	12	109	-	-	165	-	2	-	-	288
1984	16	147	-	-	130	-	2	-	-	295

Antal årlige behandlinger, gns.

1981	0,01	0,7	-	-	1,0	-	0,2	-	-	0,2
1982	0,01	1,1	-	-	0,9	-	0,1	-	-	0,2
1983	0,01	0,7	-	-	0,8	-	0,1	-	-	0,2
1984	0,01	0,8	-	-	0,6	-	0,1	-	-	0,2

Tabel 4. Vækstreguleret areal i 1000 ha og antal gennemsnitlige årlige behandlinger af landbrugets hovedafgrøder i årene 1981-1984.

År	Korn	Raps	Frø	Kar- tofler	Roer	Ærter	Majs	Grøn- sager	Græs	Uden for vækstsæson	I alt
<u>Sprøjtemidler</u>				<u>1000 ha</u>							
1981	121	-	-	-	-	-	-	0,3	-	-	121
1982	197	-	-	-	-	-	-	0,3	-	-	197
1983	399	-	-	-	-	-	-	0,2	-	-	399
1984	588	-	-	-	-	-	-	0,2	-	-	588
Antal årlige behandlinger, gns.											
1981	0,07	-	-	-	-	-	-	0,04	-	-	0,05
1982	0,11	-	-	-	-	-	-	0,04	-	-	0,08
1983	0,23	-	-	-	-	-	-	0,03	-	-	0,15
1984	0,34	-	-	-	-	-	-	0,03	-	-	0,23

Litteratur

1. Kjölholt, Jesper. 1985. Udviklingstendenser i landbrugets anvendelse af pesticider 1981-84. Miljøstyrelsens Center for Jordøkologi. 1-32.

6. NETTOMERUDBYTTE VED PESTICIDANVENDELSE

K.E. Thonke

Planteværnscentret

Institut for Ukrudtsbekæmpelse

Flakkebjerg, 4200 Slagelse

J. Jakobsen

Planteværnscentret

Institut for Plantepatologi

2800 Lyngby

Lise Nistrup Jørgensen

Planteværnscentret

Institut for Pesticider

2800 Lyngby

- 6.1. Faktorer, der påvirker nyttevirkningen
 - 6.1.1 Skadegøreren
 - 6.1.2. Angrebsgrad
 - 6.1.3. Sortsresistens
 - 6.1.4. Virkningsforhold
 - 6.1.5. Forebyggende/helbredende sprøjtninger
 - 6.1.6. Pesticidvalg
- 6.2. Udbytte ved anvendelse af herbicider i jordbruget
 - 6.2.1. Definition af ukrudtsbegrebet
 - 6.2.2. Ukrudtets indflydelse på jordbrugets planteproduktion
 - 6.2.3. Monitering af ukrudtets potentielle skadevirkning på jordbrugets planteproduktion
 - 6.2.4. Økonomiske konsekvenser af ukrudtsbekæmpelse 1984
- 6.3. Gennemsnitligt behov for og merudbytte ved sygdomsbekæmpelse i korn, kartofler, ærter, raps, roer og græsfrø.
 - 6.3.1. Bejdsemidler i korn
 - 6.3.2. Vårbyg
 - 6.3.3. Vinterhvede
 - 6.3.4. Vinterbyg
 - 6.3.5. Vinterrug
 - 6.3.6. Kartofler
 - 6.3.7. Ærter
 - 6.3.8. Raps, roer, frøafgrøder

- 6.4. Gennemsnitligt behov for og merudbytte ved skadedyrsbekæmpelse i vårbyg, vinterhvede, raps, roer m.m.
- 6.4.1. Bladlus i vårbyg
- 6.4.2. Bladlus i vinterhvede
- 6.4.3. Skadedyr i raps
- 6.4.4. Skadedyr i sukkerroer og fodersukkerroer
- 6.4.5. Skadedyr i ærter, rug, kartofler, græsfrø, græs og majs
- 6.5. Behov for og nettoudbytte ved svampe- og skadedyrsbekæmpelse i specialafgrøder, frugtavl og gartneri
- 6.6. Litteratur

6. NETTOMERUDBYTTE VED PESTICIDANVENDELSE

Dette afsnit indeholder en vurdering, af hvilke nettoudbytter der opnås ved anvendelse af pesticider.

Denne vurdering er baseret på forsøgsresultater udført af de landøkonomiske foreninger og Planteværnscentret. For en del afgrøder og skadegørere er der kun få resultater. For de dominerende kornafgrøder er resultaterne mere omfattende.

De anførte nettoudbytter er gennemsnitsværdier, som dækker over meget store variationer, mellem udbredelse og angrebsgrad af de forskellige skadegørere både inden for det enkelte år og over en længere årrække.

Vurderingen er endvidere baseret på anvendelse af de midler, som er mest effektive, og for en række skadegørere vil det være midler, som er markedsført inden for de seneste år.

Det "gennemsnitlige" bekæmpelsesbehov, som er anført, er baseret på registrering af angreb af sygdomme og skadedyr, som er foretaget i de Månedsoversigter, som samles af Planteværnscentret, samt de forskellige mere systematiske registreringer af forskellige skadegørere, som er udført ved Planteværnscentret. Også her er hovedvægten lagt på udbredelse og angreb, som er forekommet i det seneste årti med den begrundelse, at skadegørernes forekomst er snævert knyttet til den aktuelle afgrødefordeling, de anvendte sorter og den anvendte dyrkningsteknik. En mere udbredt anvendelse af sygdomsresistente sorter i fremtiden kan imidlertid påvirke nettoudbytterne mærkbart.

Det skal endelig understreges, at de foretagne vurderinger i væsentlig udstrækning er baseret på skøn foretaget af medarbejdere ved Planteværnscentret. Sådanne skøn indeholder naturligvis en betydelig usikkerhed, og derfor vil der være behov for en fortsat justering af de anførte værdier i takt med, at fremtidige undersøgelser medfører mere præcise oplysninger om de enkelte skadegørere.

De foretagne beregninger og vurderinger, som ikke medregner kvalitetsforringelsen, viser, at den umiddelbare nettoværdi ved anvendelse af pesticider er:

Herbicer	1,7 milliarder
Fungicer	1,3 milliarder
<u>Insekticer</u>	<u>0,6 milliarder</u>
Pesticider i alt	3,6 milliarder

De samlede omkostninger ved anvendelse af pesticider anslås til ca. 2 milliarder fordelt med 1,3 mia. til indkøb af pesticider og 0,7 mia. til udbringning. Dette svarer samlet til, at hver investeret krone har givet et nettoafkast på lidt under 2 kroner.

Som målestok for størrelsen af nettofortjenesten ved pesticidanvendelse kan nævnes, at landbrugets samlede bruttofaktorindkomst, inkl. både vegetabilsk, animalsk og specialproduktion i 1984, er opgjort til 26,5 milliarder.

Ser vi på udbyttet ved pesticidbehandling i de forskellige afgrøder, er der meget store forskelle. I visse afgrøder, som f.eks. afgræsningsarealer, er pesticidanvendelse af mindre betydning.

For en vigtig landbrugsafgrøde som vinterhvede anslås derimod bekæmpelse af sygdomme og skadedyr at give en nettomerfortjeneste på mere end 1000 kr. pr. ha i gennemsnit af de 300.000 ha, som dyrkes med denne afgrøde.

I andre afgrøder eller kulturer er pesticidanvendelse en afgørende forudsætning for, at produktionen kan finde sted overhovedet. Som eksempel kan følgende nævnes:

- Roedyrkning uden kemisk ukrudtsbekæmpelse vil gøre afgrøder urentable, idet omkostningerne til manuel renholdelse vil være for høje.

Inden for frugt- og havebrugssektoren, hvor det har været meget vanskeligt at vurdere nettoværdien ved sprøjtning, kan følgende eksempler nævnes:

- Sygdoms- og skadedyrsbekæmpelse i gartneri og frugtavl er en forudsætning for, at dyrkerne kan leve op til de meget høje kvalitetskrav, der sættes på produkter inden for disse områder. Således regner man det bl.a. for givet, at det ikke længere vil være muligt at afsætte over halvdelen af æbleproduktionen som 1. kvalitet, som det sker i øjeblikket.
- Potteplanter, der er en stor dansk eksportartikel, kan kun forventes afsat, såfremt de er fri for sygdomme og skadedyr.

Den skønnede værdi af pesticidbekæmpelse af ukrudt, sygdomme og skadedyr indeholder ikke de langtidseffekter, der ville opstå, hvis pesticider ikke er til rådighed for planteproduktionen.

Udbyttetabet betinget af ukrudt vil herved blive væsentligt større end de tal, der er anført som det aktuelle potentielle udbyttetab. Det samme vil gælde for visse sygdomme specielt de frøbårne, hvorimod det kun i beskedent omfang vil gælde skadedyr.

6.1. Faktorer, der påvirker nyttevirkningen

Nyttevirkningen afhænger af mange faktorer. Forsøg, der inddrager alle væsentlige forhold såsom sædskifte, sortsvalg, klimaforhold, smittepotentiale m.m., vil være en nødvendighed for at kunne give et korrekt billede af behovet for anvendelse af pesticider.

Da én skadegører sjældent optræder alene, vil det være nødvendigt at opbygge modeller, der vurderer samspillet mellem skadegørerne. En given mark med dens aktuelle og mulige skadegørere skal så kunne indpasses i dette referencesystem, og en mulig nyttevirkning beregnes. Opbygning af et sådant referencesystem er yderst kompliceret og ikke til stede på nuværende tidspunkt.

Som baggrund for de foretagne beregninger er der taget udgangspunkt i de mange forsøg, der er udført ved forsøgsinstitutionerne. Disse giver indblik i nyttevirkningen af bekæmpelsesmidler, men en vis grad af skønsmæssig vurdering indgår i alle vurderinger - især når det gælder pesticidmængdens fordeling på landbrugsarealet.

Beregningen af nyttevirkningen er foretaget i landbrugets hovedafgrøder.

Tallene skal betragtes som gældende for et gennemsnitsår, hvor der dog er skelet til den nyeste viden om det forbrugsmønster, der har kendetegnet især de seneste år. Dette gælder ikke mindst for valget af bekæmpelsesmidler.

Landbrugets hovedafgrøder fordeler sig arealmæssigt som vist i tabel 1. Afgrøderne i tabellen vil blive behandlet hver for sig inden for herbicider, fungicider og insekticider.

Tabel 1. Arealfordelingen på landbrugets hovedafgrøder 1981-86

	Arealanvendelse 1000 ha					
	1981	1982	1983	1984	1985	1986
Vårbyg	1534	1466	1251	976	1033	?
Hvede	141	169	232	323	332	375
Vinterbyg	7	19	96	204	62	80
Vinterrug	50	55	77	122	125	135
Vårraps	122	143	146	168	181	-
Vinterraps	7	10	17	23	35	20
Ærter	4	9	22	57	125	-
Kartofler	36	35	30	31	30	-
Sukkerroer	78	77	72	74	73	-
Foderroer	117	120	121	124	124	-

Danmarks statistik (1981-85), 1985 er foreløbige tal, 1986 er skønnede tal.

6.1.1. Skadegøreren

Der er forskel på, hvor udbyttereducerende de forskellige skadegørere er. Som eksempel kan nævnes, at et angreb af knækkefodsygesvampen normalt vil være mere udbyttereducerende end et angreb af skarp øjeplet, ligesom ukrudtsarten hanekro er meget mere udbyttereducerende end f.eks. rød arve.

6.1.2. Angrebsgrad

Det opnåede resultat ved bekæmpelse er meget afhængigt af, hvilket niveau skadegøreren i en given mark findes i. Det er også meget påvirkeligt af de eksisterende vejrforhold og af, om disse begunstiger ukrudtsvækst, svampenes smittespredning eller skadedyrenes opformering.

For ukrudt, som er en mindre årsvarierende faktor end sygdomme og skadedyr, findes der en monitoring over ukrudtets potentielle skadevirkning fordelt på det dyrkede areal. Noget tilsvarende er betydeligt sværere at lave for sygdomme og skadedyr. Dette skyldes, at disse er udsat for meget betydelige årsvariationer, hvilket hovedsagelig skyldes deres større påvirkelighed af vejrliget. De 2 forskellige opgørelsesmetoder, der anvendes for ukrudtsbe-

kæmpelse på den ene side og svampe og skadedyrsbekæmpelse på den anden side skyldes netop, at der inden for svampe og skadedyr ikke findes et monitoringssystem.

Fig. 1 viser, hvordan forskellige angrebsgrader af skadegørere påvirker de opnåede merudbytter ved bekæmpelse.

6.1.3. Sortsresistens

Ved forædling benyttes forskellige resistensgener for at beskytte sorterne mod angreb af diverse sygdomme og skadedyr.

Situationen for sorterne ændres dog fortløbende, da skadevolderen tilpasser sig ved at opformere smitteracer, som er i stand til at angribe de ellers resistente sorter.

Tabel 2 viser som eksempel, at der er væsentlig forskel på den økonomiske gevinst, når der sprøjtes i fuldt eller moderat meldugresistente sorter.

Sorter med jævnbyrdigt gode resistensegenskaber kan stadig give forskellige merudbytter ved bekæmpelse. Dette skyldes, at sorterne kan få deres potentielle udbyttensniveau påvirket i forskellig grad af forskellige fungicider. Som det fremgår af tabel 3, har den gamle svenske sort Solid ved svampebekæmpelse ikke forøget udbyttet så meget som den nyere sort Kraka.

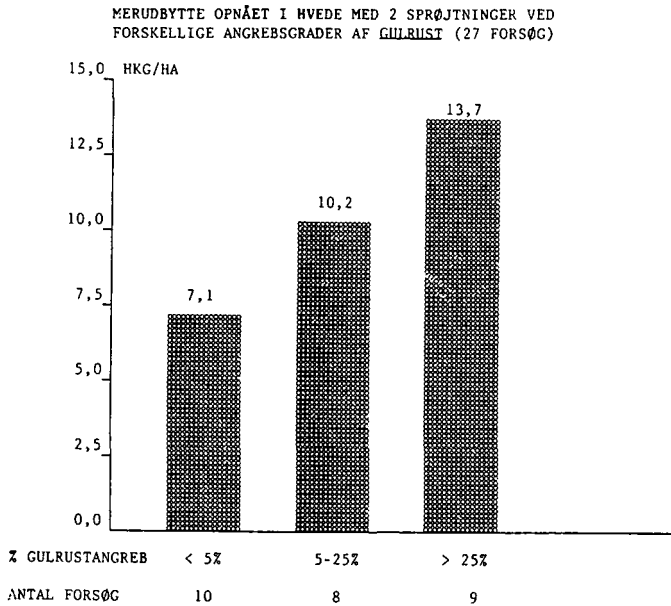
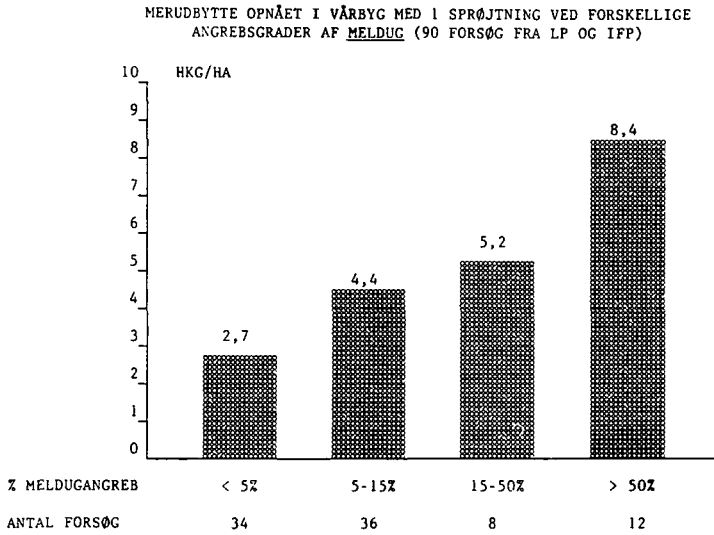


Fig. 1. Opnåede merudbytter ved forskellige angrebsgrader af meldug på byg og gulrust på hvede. Bedømt ud fra forsøgsresultater fra Institut for Pesticider og Landskontoret for Planteavl.

Tabel 2. Merudbytte (%) for bekæmpelse med Tilt og Bayleton to gange i 3 moderat (A) og 3 fuldt (B) resistente vårbygssorter

Resistens	%meldug ubehandlet	%merudbytte	
		2 x Tilt	2 x Bayleton
A. Moderat	26	14,6	10,2
B. Fuld	1	7,4	2,8
Forskel (A-B)	-	7,2	7,4

(Efter Oversigt over Landsforsøgene, 1984)

Kilde: Jørgensen og Kølster (1985)

Tabel 3. Svampebekæmpelse i diverse vinterhvedesorter

	% meldug		Udbytte hkg. pr. ha		Merud- bytte for svampebe- kæmpelse
	uden svampebe- kæmpelse	med svampebe- kæmpelse	uden svampebe- kæmpelse	med svampebe- kæmpelse	
Serie 01-5-82 (30-31)					
Antal forsøg	12	12	16	16	16
Kraka	2	0	73,0	77,6	4,6
Solid	4	0	65,8	69,1	3,3
Vuka	6	0	69,5	78,2	8,7
Disponent	18	0,1	72,3	78,5	6,2
Orcano	9	0	69,7	74,0	4,3
Blanding*	8	0	72,4	77,8	5,4
Gns. 6 sorter	8	0	70,5	75,9	5,4
LSD	-	-	2,5	1,9	1,9
Serie 01-6-82 (32-33)					
Antal forsøg	10	10	16	16	16
Kraka	3	0,1	75,9	81,8	5,9
Solid	8	1	70,7	72,4	1,7
Hildur	5	0,1	70,2	74,9	4,7
Anja	3	0,1	76,1	82,8	6,7
Helge	3	0,1	74,1	79,2	5,1
Blanding*	7	1	77,2	82,3	5,1
Gns. 6 sorter	5	0,4	74,0	78,9	4,9
LSD	-	-	2,1	2,1	1,3

* Sortsblanding af Kraka, Vuka, Disponent og Orcano

Behandlingen mod svampesygdomme bestod i sprøjtning med Tilt 2 gange, henholdsvis i vækststadium 7-8 og i stadium 10.1

Kilde: Oversigt over Landsforsøgene 1982 (11).

6.1.4. Virkningsforhold

Nyttevirkningen af en sprøjtning afhænger af, under hvilke vejrforhold der sprøjtes, og hvilken udbringelsesteknik der anvendes.

For at sikre sig, at den udbragte sprøjtevæske får den optimale virkning, er det vigtigt, at afgrøden er i god vækst, og at tilførsel af næringsstoffer og vand er tilstrækkelig. En lang række midler er systemiske, dvs. at de optages af planterne, og derfor afhænger virkningen af disse midler især af planternes væksttilstand.

Ved høj luftfugtighed og god vandforsyning er optagelsesbetingelserne gunstigst og effekten bedst. Disse forhold opnås ofte ved morgensprøjtning. Da det i praksis ikke lader sig gøre at udføre alle sprøjtninger under de gunstigste forhold, opnås varierende grader af effektivitet.

Ved udbringelse er det særdeles vigtigt, at der anvendes rigtigt tryk, vandmængde og dyse. Den opnåede effekt og nyttevirkning afhænger af disse forhold.

6.1.5. Forebyggende/helbredende

En sprøjtning skal udføres, før skaden er blevet uoprettelig, uden at man dog indlader sig på en decideret plansprøjtning. Hos meldug giver sprøjtninger, der bekæmper angreb under udvikling, større økonomisk gevinst end sprøjtning på veletablerede angreb, der ikke lader sig kurere.

Ved sen bekæmpelse af ukrudt kan afgrøden ligeledes have fået reduceret sit potentielle udbytte betydeligt, ligesom virkning på store ukrudtsplanter er væsentlig ringere end, hvis sprøjtningerne foretages rettidigt.

6.1.6. Pesticidvalg

En del midler, især herbicider, skader eller svækker afgrøden i mere eller mindre grad. Hvis der vælges et middel med nogen grad af fytotoksitet, skal der en større mængde skadegørere til for at få positiv nyttevirkning ved bekæmpelse. Jævnfør afsnit 6.2.4.

Et andet forhold, der påvirker de opnåede merudbytter, er midlernes virkningsspektrum.

Nogle fungicider virker over for mange sygdomme og giver ofte højere udbytter. Dette skyldes, at de ud over den tilsigtede skadegører bekæmper andre tilstedeværende svampe - ofte ikke synlige saprofytiske svampe, se fig. 2.

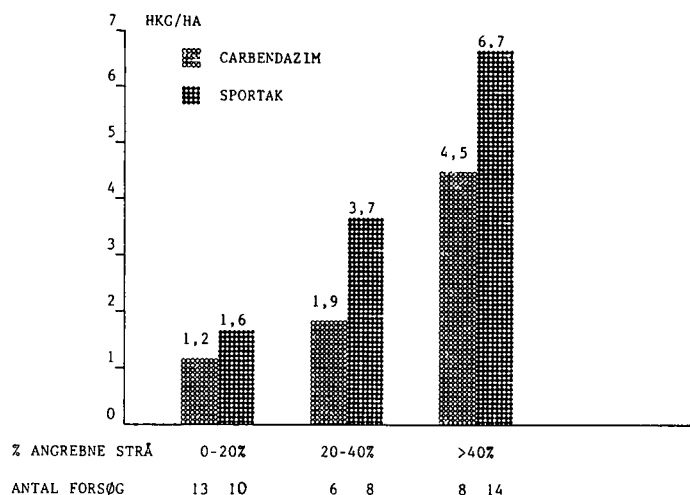


Fig. 2. Merudbytte opnået ved brug af 2 forskellige svampemidler på knækkefodsyge. Forsøg fra Landskontoret for Planteavl og Institut for Pesticider

6.2. Udbytte ved anvendelse af herbicider i jordbruget

Bekæmpelse af ukrudt i Danmark er foretaget, lige siden mennesket forlod jægerstadiet og begyndte en systematisk dyrkning af jorden ca. 3-4000 f. Kr. fødsel. Formålet med at bekæmpe ukrudtet er det samme i dag som for 5000 år siden, nemlig at opnå det størst mulige udbytte af god kvalitet på et givet areal. Midlerne, der har været anvendt ved ukrudtsbekæmpelsen, har dog undergået en kraftig udvikling fra håndlugning og hakning over mekanisk ødelæggelse med redskaber trukket først af dyr og senere med motortrukne redskaber til anvendelsen af kemiske midler. Anvendelsen af kemisk ukrudtsbekæmpelse startede først i dette århundrede med udsprøjtning eller pudring af uorganiske forbindelser (kobbersulfat, jernnitrat, kalkkvælstof m.fl.). Ukrudtsbekæmpelse med disse midler fik dog aldrig nogen stor udbredelse, sandsynligvis på grund af mangel på velegnede sprøjter og pudderblæsere.

Med fremkomsten af de organiske ukrudtsmidler sidst i 40'erne (hormonmidlerne MCPA og 2,4 D samt svidningsmidler (DNOC)) og en samtidig kraftig teknologisk udvikling inden for marksprøjter startede den udvikling, der i dag betyder, at jordbruget nu kan benytte ca. 70 forskellige kemiske forbin-

delser til ukrudtsbekæmpelse, samt at der på landsbasis findes ca. 50.000 marksprøjter.

6.2.1. Definition

Ukrudt er planter, som forringer en afgrødes kvantitet og/eller kvalitet. Denne definition indebærer, at også kulturplanter kan optræde som ukrudt, f.eks. rapsplanter i roemarken eller kornplanter i vinterraps. Langt den overvejende del af ukrudtet består dog af den "vilde" flora. Der er i landbruget fundet ca. 200 forskellige arter i de dyrkede afgrøder, heraf udgør de 40 arter ca. 90% af ukrudtsplanterne.

6.2.2. Ukrudtets indflydelse på jordbrugets økonomiske udbytte af planteproduktionen

Ukrudt kan påvirke planteproduktionens rentabilitet på følgende måder:

1. Sænke afgrødens udbytte ved konkurrence om lys, vand og næring.
2. Sænke afgrødens kvalitet.
3. Besværliggøre afgrødens pleje og høst.
4. Begrænse afgrødevalg.
5. Vedligeholde visse virussygdomme, svampe og skadedyr.

I definitionen for ukrudt indgår kun ukrudtets indflydelse på kvantitet og kvalitet, men som det ses af opstillingen, kan ukrudtet også forøge omkostningerne ved afgrødens pleje og høst. En kraftig ukrudtsbestand kan f.eks. besværliggøre eller evt. helt hindre maskinel høst af kartofler. Meget ukrudt i korn kan trække afgrøden ned og derefter vokse igennem denne, hvilket kan bevirke nedsat høstkapacitet, flere maskinreparationer samt øget tærskespild. I en sådan mark vil der samtidigt ske en forringelse af kvaliteten af det tærskede korn pga. et forøget vandindhold, et større indhold af ukrudtsfrø og under ugunstige klimaforhold et forøget indhold af spirede kerner.

En begrænsning i afgrødevalg er aktuel, hvis der findes større mængder af bestemte ukrudtsplanter, der umuliggør dyrkning af en afgrøde. Som eksempler kan nævnes vildroer i roer, alm. rapgræs i engrapgræs og kvik i rajgræs til frø. De nævnte eksempler er alle aktuelle for dansk landbrug i dag, da der ikke findes egnede herbicider, som kan fjerne de nævnte ukrudtsarter i disse kulturer. Såfremt det ikke var tilladt at benytte herbicider, ville dyrkningen af en lang række afgrøder være umulig eller urentabel på mange arealer på grund af ukrudtets tilstedeværelse.

En bekæmpelse af ukrudtet vil indirekte reducere smittetrykket og udbredelsen af en række sygdomme og skadedyr, da en del ukrudtsarter kan opformere eller vedligeholde skadevoldere, som er af økonomisk betydning på vore afgrøder.

6.2.3. Monitorering af ukrudtets potentielle skadevirkning på jordbrugets planteproduktion

En systematisk monitorering af ukrudtets betydning for dansk jordbrug er ikke tidligere offentliggjort. Der er dog gennem tiderne offentliggjort skøn over ukrudtets betydning. I Dalgas' oversættelse af Emil Kirchhofs bog "Ukrudtet i dets forskellige skikkelser med anvisning til dets udryddelse i mark og eng" fra 1856 anføres "Der paastaaes, vist ikke med uret, at selv de bedste agermarker, naar de er overfyldte med ukrudt, give 1/3 deel til 1/2 gang mindre udbytte, end naar sæden staaer reen". I bogen "Praktisk Landbrug" fra 1910 hedder det "Hvor meget ukrudtet aarlig koster os, er vel vanskeligt at sige, nogle har anført 20, andre 40 mill. kr., andre endnu langt højere beløb. Det er dog ved forsøg godtgjort, at det kan formindske udbytte med 60 kr. eller mere pr. td. ld., og at det for landet som helhed drejer sig om svimlende summer, kan der ikke være tvivl om". Disse historiske udsagn har baggrund i et landbrug, hvor ukrudtsbekæmpelsesforanstaltninger bl.a. bestod af: brakning, sædskifte, rensning af sædekornet, ukrudtsharvning, radrensning, håndlugning og i 1910 en begyndende anvendelse af uorganiske salte.

De tab, der i det ovenstående er angivet, er derfor relativt langt større, end hvad der er fundet i den her gennemførte monitorering, idet den tager sit udgangspunkt i, hvad ukrudtet ville koste dansk landbrug et givet år i 80'erne, såfremt det ikke blev bekæmpet. Følgende faktorer er vigtige for tydningen af monitoreringen:

1. 40 års kemisk ukrudtsbekæmpelse har ændret ukrudtsfloraens sammensætning og generelt mindsket antallet af ukrudtsplanter.
2. Sædskiftet i dag og afgrødernes økonomi er påvirket af muligheden for kemisk ukrudtsbekæmpelse. F.eks. ville roer og majs være urentable afgrøder uden kemisk ukrudtsbekæmpelse.
3. Undladelse af kemisk ukrudtsbekæmpelse og overgang til ikke kemiske ukrudtsbekæmpelsesforanstaltninger ville ændre ukrudtsartssammensætningen og gradvis øge jordens indhold af spiredygtigt ukrudtsfrø.

Fig. 3.

Skadegørere: Ukrudt

Afgrode: Vårbyg

		Økonomisk betydning							Bekæmpelses- måder og deres virkn.				Bemærkninger:
		% udbredelse af afgrødeareal	Skadevirkning i % af udbytte			Ialt skade i % af udbytte			Kemisk	Mekanisk	Kulturforanstaltninger	Bekæmpelsesomfang i praksis	
			Udbytte		Agroteknisk	Min (sum)	Gns (vurderet)	Max (sum)					
			Kvantitet	Kvalitet									
Blandet frøukrudt:	lille bestand	20	0-2	0-1	0-1	0	2	4	3	0	1	2	
	alm. bestand	43	3-6	1-5	1-4	5	7	15	3	0	1	3	
	stor bestand	15	7-25	2-15	4-30	13	20	66	3	0	1	3	
Dominerende arter:													
Flyvehavre	T	3	2-15	5-20	15-15	22	27	47	2-3	0	2 ^x	3	^x Sædskilte
Gul okseøje	A-K	1	5-40	5-10	5-30	15	20	76	2 ^x 1-2 ^x	1 ^x	2 [*]		[*] Forud for afgrøden
Hanekro	T	10	10-30	5-15	5-20	19	25	60	2-3	0	1	2	
Kvik	K-T	7	10-30	2-5	20-50	32	40	83	2-3	0	1	2-3	
Svinemælk	K	1	2-6	0-7	5-15	7	10	28	2-3	0	1	2-3	
Udbredelse: 						Karakterskala: 0=ingen 1=ringe 2=moderat 3=stor V=varierende							
Aftagende ~ A													
Konstant ~ K													
Tiltagende ~ T													
						9,12	12,82	31,41					
Sum af skade i afgrøde									% af udbytte				
Sum af skade i afgrøde									Kr./ha				
Sum af skade i afgrøde									1000 kr./år				

Fig. 4.

Skadegører: Ukrudt		Afgøde: Foderbeder												
		Økonomisk betydning							Bekæmpelses- måder og deres virkn.				Bemærkninger:	
		% udbredelse af afgrødeareal	Skadevirkning i % af udbytte		Agroteknisk	Ialt skade i % af udbytte			Kemisk	Mekanisk	Kulturforanstaltninger	Bekæmpelsesomfang i praksis		
Kvantitet	Kvalitet		Min (sum)	Gns (vurderet)		Max (sum)								
Blandet frøukrudt:	lille bestand	5	3-10	0	0	3	5	10	3	2	1	3		
	alm. bestand	25	5-35	1-5	1-3	7	20	41	3	2	1	3		
	stor bestand	32	15-80	3-10	10-30	28	55	112	3	2	1	3		
Dominerende arter:														
Hvidm. gåsefod	K	5	5-40	5-10	10-30	20	38	76	2-3	2	1	3		
Kvik	K-T	15	10-50	5-10	10-30	2	35	85	2-3	1-2	1	2		
Liden nælde	T	10	5-75	10-35	10-30	2	50	114	2	1	1	2		
Pileurt	K	2	5-30	5-10	10-30	20	30	67	2	2	1	2		
Raps	T	2	10-75	10-35	10-30	29	40	114	2	2	1	2		
Sort natskygge	T	3	5-30	10-35	10-30	2	35	85	2	2	1	2		
Tidsler	T	1	3-5	5-10	5-20	13	18	35	2	1	1	1-2		
Udbredelse: ↗									Karacterskala: 0=ingen					
Aftagende ~ A									1=ringe					
Konstant ~ K									2=moderat					
Tiltagende ~ T									3=stor					
									V=varierende					
Sum af skade i afgrøde		1969							37,63				81,02	% af udbytte
Sum af skade i afgrøde														Kr./ha
Sum af skade i afgrøde														1000 kr./år

Fig. 3 og 4 viser det skema, som er anvendt ved monitoringen af ukrudtets betydning, og som eksempel er vist henholdsvis skemaet for vårbyg og foderroer. Til beregning af den "Økonomiske betydning" indgår i skemaets yderste venstre kolonne en skønnet udbredelse af ukrudtet opdelt i to hovedgrupper "Blandet frøukrudt" og "Dominerende arter". "Blandet frøukrudt" er underopdelt i følgende tre intensiteter: lille, almindelig og stor bestand. Ved denne fremgangsmåde indregnes også de dele eller pletter af marker samt de mere marginale arealer, hvor ukrudtsproblemerne generelt er mere voldsomme.

Skadevirkning i procent af udbyttet er underopdelt i grupperne "Kvantitet", "Kvalitet" og "Agroteknisk". For hver af disse grupper skønnes to tabsprocenter. Første tal angiver tabsprocenterne under gunstige forhold for afgrøden og anden tabsprocent under ugunstige forhold. De to tabsprocenter angiver derved den af klima- og vækstforholdene bestemte årsvariation i ukrudtets skadevirkning af afgrøden.

I kolonnen kvantitet medregnes kun det direkte udbyttetab. Under kvalitet er inkluderet tabet forårsaget af ukrudtets kvalitetsforringende indflydelse f.eks. forurening af frøvaren med ukrudtsfrø, øgede tørringsomkostninger pga. uren tærskeware, forringet ensilagekvalitet, forringet salgskvalitet af frilandsgrønsager osv. Under begrebet agroteknisk er indregnet de indirekte tab, som er forårsaget af ukrudtets tilstedeværelse, f.eks. for korn mindre høstkapacitet, meget længere tid til at tørre efter regn eller dug, før tærskningen kan påbegyndes, nedsat kapacitet pga. langsommere kørsel samt øgede reparationsudgifter. I begrebet agroteknisk er også indregnet den skade, som opformeringen af ukrudtsfrø vil påføre den efterfølgende afgrøde. For de øvrige afgrøder gælder ligeledes generelt, at ukrudtet medfører mindre høstkapacitet, langsommere høst, øgede maskinomkostninger og sædskiftemæssige begrænsninger eller omkostninger i den efterfølgende afgrøde. På grundlag af disse tre skadevirkninger beregnes skader i alt, henholdsvis minimumsskaden dvs. skadevirkninger under gunstige forhold for afgrøden, og maksimumsskaden, som er skadevirkninger under de ugunstigste forhold for afgrøden. Beregningen af skade i alt, henholdsvis skade i procent for minimum og for maksimum fremkommer på følgende måde: skaden for kvantitet + (100-skaden for kvantitet) x procent skade for kvalitet + skaden for agroteknisk f.eks. maksimum skade for hane Kro i vårbyg $30 + (100 - 30) \times 0,15 + 20 = 60,5$.

Gennemsnitstallene er ikke beregnet som et simpelt gennemsnit af minimum og maksimum skade, men derimod vurderet. Gennemsnitsskaden er generelt lavere end gennemsnittet mellem minimum og maksimum skade.

Skemaets tre nederste linier er sum af skade i afgrøden, henholdsvis i procent af udbyttet, som kr./ha, og i 100 kr./ha. De er grundlag for den egentlige monitorering af ukrudtsskadevirkning i den pågældende afgrøde.

Sum af skade i procent af udbyttet beregnes som sum af skade for hver af de opførte ukrudtsgrupper eller arter, f.eks. den gennemsnitlige skade for ukrudt i vårbyg (fig. 3.) = $(0,20 \times 2) + (0,43 \times 7) + (0,15 \times 20) + (0,03 \times 27) + (0,01 \times 20) + (0,10 \times 25) + (0,07 \times 40) + (0,01 \times 10) = 12,82\%$ skade.

Som beregningsgrundlag for ukrudtets økonomiske betydning i de enkelte afgrøder i et givet år er de officielle areal- og prisstatistikker fra Danmarks Statistik benyttet, suppleret med priser på grovfoder og afgrøder angivet i Landskalkuler udgivet af Landboorganisationernes faglige Landscenter. For frøavlsafgrøder er priserne hentet fra afregningspriser udgivet af Danske landboforeningers Frøforsyning.

I tabel 4 ses monitoreringen for de enkelte afgrøder i årene 1981-84 beregnet på gennemsnitlig skade af ukrudt på henholdsvis "skade i alt", indeholdende såvel skade på kvantitet, kvalitet og agroteknisk, og skade alene på kvantitet. I opgørelsen er medtaget afgrøder og kulturer, der dyrkes på et areal på over 1000 ha. Totaltallene for samtlige afgrøder stiger fra 1981-84 med ca. 50%. Denne stigning skyldes udelukkende ændrede afgrødefordelinger og afgrødepriser, da ukrudtets skadevirkning i de enkelte afgrøder er holdt konstant i alle fire år.

De i tabel 4 viste tal, er de vurderede gennemsnitlige skader forvoldt af ukrudtet. Minimumsskaderne og maksimumsskaderne for henholdsvis skade i alt og skade på kvantitet er ret konstante i forhold til gennemsnitligt skade og udgør som gennemsnit af 1981-84 følgende forhold

	<u>Min.</u>	<u>Gns.</u>	<u>Maks.</u>
Skade i alt	61	100	225
Skade på kvantitet	39	100	161

Tabel 4. Skønnet udbyttetab i mio. kr. for dansk jordbrug 1981-84 forårsaget af ukrudt, såfremt bekæmpelse ikke var foretaget.

Afgrøde	Skade i alt				Skade pga. udbyttetab (kvantitet)			
	1981	1982	1983	1984	1981	1982	1983	1984
Vårbyg	1022	1182	942	917	675	780	621	604
Vårhvede	9	13	11	12	8	11	9	10
Havre	40	44	24		27	30	16	
Vinterhvede	175	275	405	567	171	268	395	552
Vinterrug	44	53	86	145	34	40	65	110
Vinterbyg	-	-	-	244	-	-	-	236
I alt korn	1290	1567	1467	1885	915	1129	1106	1512
Sukkerroer	207	225	225	314	178	194	194	276
Foderroer	341	446	480	480	288	379	407	407
Kålroer	30	30	29	22	29	29	28	21
I alt roer	578	701	734	816	495	602	629	704
Kartoffel	183	173	321	286	109	104	193	172
I alt kartoffel	183	173	321	286	109	104	193	172
Majs	44	54	79	98	33	41	60	74
Græs i sædskifte	201	198	212	234	105	103	110	122
Græs vedvarende	186	187	202	193	112	113	122	116
I alt grovfoder	431	439	493	525	250	257	292	312
Vårraps	183	249	236	355	155	211	200	301
Vinterraps	10	18	32	48	9	15	27	41
I alt raps	193	267	268	403	164	226	227	342
Hvidkløver	2	9	6	4	1	4	2	2
Alm. rajgræs	9	11	10	14	6	8	7	10
Engrapgræs	3	2	3	3	2	1	2	2
Timothe	1	1	1	1	-	1	1	1
Hundegræs	2	3	3	2	1	2	2	1
Rajgræs	3	6	5	6	2	3	3	4
Engsvingel	4	3	3	3	2	2	2	2
Rødsvingel	5	7	8	6	4	5	6	4
I alt frø til udsæd	29	42	39	39	18	26	25	26
Markærter	4	12	24	96	3	9	18	72
I alt ærter	4	12	24	96	3	9	18	72
Kepaløg	34	31	27	-	26	24	21	-
Gulerod	63	84	66	-	47	63	49	-
Jordbær	13	18	14	-	8	12	9	-
Æbler	15	31	28	-	15	29	26	-
Kirsebær	-	-	6	-	-	-	6	-
I alt diverse	125	164	141	-	96	128	111	-
I alt landbrug	2833	3365	3488	4050	2050	2481	2601	3140

På grundlag af de i fig. 3 og 4 viste eksempler fremgår det, at der i gruppen 'dominerende ukrudtsarter' er opgivet specielle ukrudtsplanter f.eks. kvik, flyvehavre, gul okseøje m.fl. I tabel 5 ses en opgørelse over nogle af disse specielle ukrudtsarters betydning i 1984.

Tabel 5. Skønnet indflydelse af enkelte ukrudtsarter i mio. kr. 1984, såfremt bekæmpelse ikke var foretaget, opgjort med baggrund i samtlige afgrøder.

Ukrudt	"Skade i alt" 1984	Skade pga. udbytte- tab ("kvantitet") 1984
Lille blandet frøukr. bestand	82	73
Alm. blandet frøukr. bestand	1202	957
Stor blandet frøukr. bestand	1362	1159
Kvik	538	297
Hanekro	180	144
Agersennep	150	125
Hvidmelet gåsefod	108	79
Græsser	74	60
Flyvehavre	65	19
Liden nælde	64	51
Fuglegræs	60	42
Sort natskygge	37	18
Øvrige dominerende arter	154	105

Som det fremgår af tabellen, er kvik og hanekro de to mest tabsvoldende ukrudtsarter. De her medtagne enkeltarter indgår dog også i de tre samlevergrupper lille, alm. og stor blandet frøukrudsbestand, og de her viste tal siger kun noget om arealer, hvor de nævnte arter er hovedproblemet.

6.2.4. Økonomiske konsekvenser af ukrudtsbekæmpelse 1984

Selv ved en intensiv anvendelse af mekanisk og kemisk ukrudtsbekæmpelse i dansk jordbrug er det ikke muligt at undgå tab pga. ukrudt. Det potentielle

udbyttetab forårsaget af ukrudt på 3-4 mia. kr. i 1984 fratrasket en udgift til herbicider og maskiner på ca. 1 mia. skulle betinge en gevinst af ukrudtsbekæmpelsen af en størrelsesorden på 2-3 mia. kr. Disse tal skal dog reduceres for den skadevirkning, en del af herbiciderne har på afgrøden.

Merudbyttet opnået ved sprøjtning med herbicider er generelt lig merudbyttet forårsaget af fjernelsen af ukrudt minus den skade, herbicidet har haft på afgrøden, minus evt. den skade, som ukrudtet har bevirket inden ukrudtssprøjtningen, samt den skade evt. overlevende ukrudt kan forvolde. Den gennemsnitlige skade af herbicider på korn kan vurderes på baggrund af en opgørelse af 1000 markforsøg i vårbyg foretaget af Kryger (1985), som er vist i tabel 6. I tabellen ses, at herbicidbehandling på de bedre jorder (J.B. 6-9) har givet et udbyttetab på 0,5 hkg/ha, når der kun fandtes 0-20 ukrudsplanter pr. m². Ved 100 ukrudsplanter pr. m² var merudbyttet 1,4 hkg. Herbicidets skadevirkning på afgrøden er derfor ca. 0,5 hkg svarende til ca. 1% af udbyttet, og det reelle tab påført afgrøden af 100 ukrudsplanter er lig 1,4 hkg + 0,5 hkg = 1,9 hkg svarende til ca. 4% af afgrøden. Disse tabsprocenter er sammenlignelige med de i fig. 3 angivne, hvor en alm. bestand i vårbyg er angivet med tabsprocenter for kvantitet på mellem 3 og 6.

Tabel 6. Gennemsnitligt merudbytte (hkg/ha) inden for ukrudtsniveauer, efter herbicidbehandling i vårbyg (modificeret efter P. Kryger, 1985)

Antal ukrudt/m ²	Sandjord JB 1-5		Lerjord JB 6-9		Humusjord JB 11		Alle forsøg vægtet*	
	antal for- søg	gns. mer- udb.	antal for- søg	gns. mer- udb.	antal for- søg	gns. mer- udb.	antal for- søg	gns. mer- udb.
0- 20	28	0,6	28	-0,5	1	1,7	57	0,4
20- 40	50	1,0	62	0,2	4	2,9	116	0,9
40- 60	53	1,3	72	0,1	5	4,2	130	1,2
60- 80	82	1,4	65	0,6	3	3,0	150	1,3
80-100	70	2,2	42	1,4	6	7,7	118	2,3
100-150	103	2,4	56	1,2	26	7,2	185	2,4
> 150	132	4,0	70	3,6	43	8,4	245	4,1

* Vægtningen er foretaget efter jordtypernes andel af landbrugsarealet.

Gns. merudbytter for herbicidbehandling i hkg/ha i den yderste kolonne af tabel 7 "Alle forsøg vægtet" er fremkommet ved at korrigere henholdsvis sandjord, lerjord og humusjord efter disse jordtypers andel af landbrugsarealet og giver herved det mest reelle gennemsnitstal for det opnåede merudbytte for sprøjtning med herbicider i vårbyg. Fig. 5 viser tallene for henholdsvis lerjord og landsgennemsnittet i form af histogrammer.

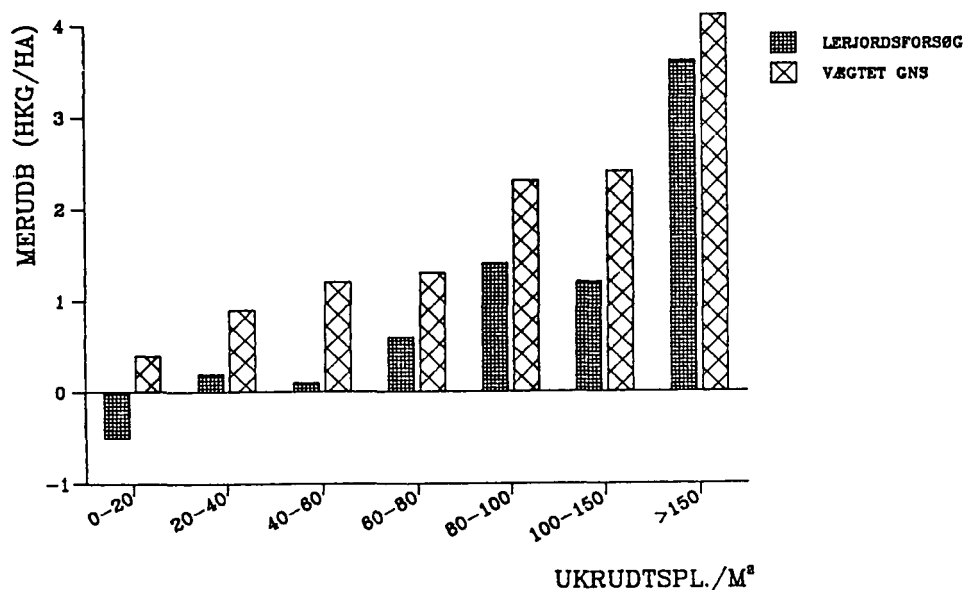


Fig. 5. Gennemsnitligt merudbytte i hkg/ha for herbicidbehandling i vårbyg på henholdsvis lerjorder (JB 6-9) og landsgennemsnittet af jordtyper

Sættes tabet ved herbicidbehandlingen generelt til 1-2% incl. den skade, som ukrudtet har forårsaget inden sprøjtning, samt den skade det eventuelt overlevende ukrudt kan forvolde, kan udbyttet ved anvendelse af herbicider i korn beregnes ved at reducere de i tabel 5 fundne tal (udbyttetab for ukrudt i vårbyg) med 10-15%. Benyttes denne 15% reduktion generelt på det samlede potentielle udbyttetab for ukrudt i 1984, som er angivet i tabel 5 på 3,14 mio. kr. for rent udbyttetab og på 4,05 mio. for skade i alt for ukrudt, og fratrækkes samtidigt 1 mia. til udgift til herbicider og maskiner, har den foretagne ukrudtsbekæmpelse i dansk jordbrug resulteret i en indtjening på mellem 1,7-2,4 mia. i 1984.

6.3. Gennemsnitligt behov for og merudbytte ved sygdomsbekæmpelse i korn, kartofler, ærter, raps, roer og græsfrø

I de følgende underafsnit vil beregningsgrundlaget for den optimale nytte-virkning af fungicidanvendelsen fremgå. Generelt er bekæmpelsesbehovet vurderet ud fra merudbytterne fra udførte forsøg. En del svampemidler har vist sig at give betydelige merudbytter, selv om et svampeangreb ikke har kunnet registreres. Dette er årsag til, at bekæmpelsesbehovet er vurderet ud fra de opnåede merudbytter. Forsøgene er regnet som værende repræsentative for hele landet. En sprøjtning er regnet for værende udført efter behov, når den har kunnet dække omkostningerne til udbringning og middel. I tilfælde med mere end 1 sprøjtning, har 2 sprøjtninger skullet give større nettoudbytte end 1 sprøjtning for at regnes med blandt dem, der har behov for en yderligere bekæmpelse. En oversigt over det samlede udbytte ved fungicidanvendelse fremgår af tabel 13 sidst i afsnittet om svampesygdomme.

6.3.1. Bejdsemidler i korn

En del svampesygdomme er frøbårne og vil forårsage syge planter i større eller mindre grad. Siden bejdsningens indførelse har disse behandlinger været med til at sikre en sund udsæd med højere udbytter til følge.

Afsvampning har i dag karakter af rutinemæssig foranstaltning. Nyere forsøgsresultater giver ikke anledning til merudbytter, og dette skyldes, at behandlingerne har karakter af at være forebyggende mere end helbredende. Tabel 7 viser afsvampningens betydning for fremspiring og udbytte. Det ses, at normal udsæd ikke giver anledning til merudbytter, mens derimod smittet udsæd giver pæne merudbytter.

Fig. 6 viser ud fra undersøgte bygprøver afsvampningsbehovet i vårbyg. Som det fremgår, er der store årsvariationer. Opbygning af smittet udsæd kan, som det ses af fig. 7 og 8, hurtigt ske. Der blev i midten af 70'erne konstateret en kraftig stigning i angrebene af byggens stribesygge, da man i en kortvarig periode slækkede på bejdsninger (K. Hansen, 1981).

Skønsmæssigt er merudbyttet for bejdsning i korn vurderet til 2%. Dette giver ved et bejdset kornareal på 1,5 mio. ha, 50 hkg i udbytte, en kornpris på 1.350 kr./t og bejdseomkostninger på 20 mio. kr., et nettoudbytte på 183 mio. kr.

Det er meget svært at beregne nyttevirkningen af de udførte bejdsninger, men der bør, som det fremgår, ikke herske tvivl om, at hvis der slækkes på omfanget, kan det hurtigt få vidtrækkende konsekvenser.

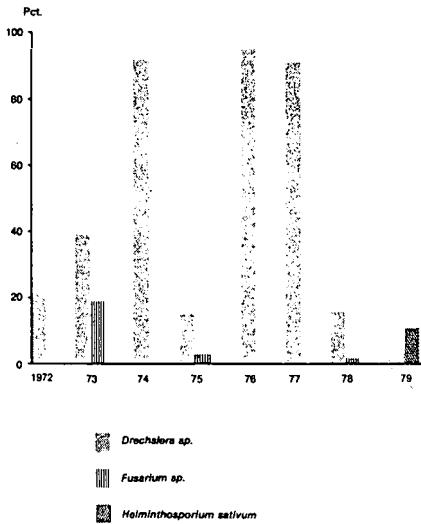


Fig. 6. Bygprøver med afsvampningsbehov 1972-79 (efter Jørgensen, 1972-79)

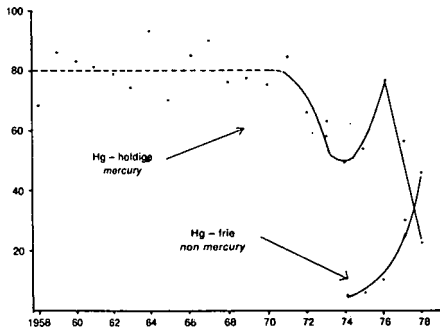


Fig. 7. Afsvampningens omfang 1958-78 (K. Hansen, 1981)

Tabel 7. Afsvampningens betydning for fremspiring og udbytte. Planteavlssarbejdet i Landbo- og Husmandsforeningerne. Oversigt over Landsforsøgene 1972-1980 (efter From Nielsen, 1984)

	Antal forsøg	hkg/ha ubeh.	Udbytte	Forholdstal ubeh. = 100 Plante-tal
Vårbyg i alt	1561	47,3	102	98
med stribesygge med spireskadende svampe	642	45,2	106	99
med »normal« udsæd	235	49,1	100	98
med »normal« udsæd	684	47,7	101	99
Hvede i alt	367	45,5	142	107
med stinkbrand	145	25,7	218	107
med brunplet	75	49,4	109	109
med »normal« udsæd	147	61,4	100	108

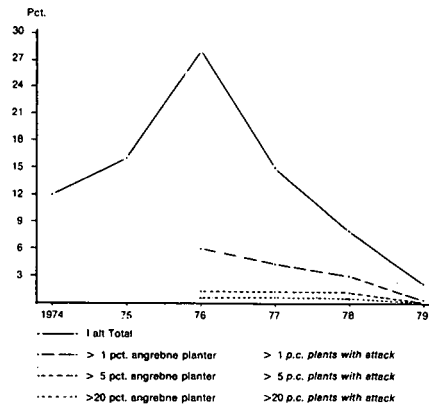


Fig. 8. Pct. marker med stribesygge samt smitteniveau 1976-79 (K. Hansen, 1981)

6.3.2. Vårbyg

Vårbyg, der er den mest udbredte afgrøde i Danmark, dyrkes under varierende betingelser, og som følge deraf varierer udbyttepotentialet meget. Erfaringsmæssigt har intensivt dyrkede afgrøder på gode jorder betydelig bedre nyttevirkning af pesticider end afgrøder, der dyrkes på marginaljorder uden vandingsmuligheder. Meldug er den vigtigste sygdom i vårbyg.

Et gennemsnitligt merudbytte dækker således over stor variation. Ud fra Landskontorforsøgene er der i gennemsnit af 120 forsøg opnået et merudbytte på 3,5 hkg/ha (From Nielsen 1984).

En svampebehandling var rentabel i 80% af forsøgene, og 2 svampesprøjtninger i ca. 50% af forsøgene (Hans Kristensen, 1985).

Ved forsøg gennemført ved Planteværnscentret er der opnået følgende merudbytter, der ligger tæt op ad resultaterne fra Landskontoret for Planteavl. Se tabel 8.

Tabel 8. Nyttevirkning ved svampebekæmpelse på vårbyg. Data for 1 og 2 behandlinger. Tallene angiver hkg/ha.

	Antal forsøg	Merudb. i alle forsøg	Omkost- ningen hkg/ha	% forsøg med pos. merudb.	Gns. merudb. i pos. forsøg	Netto udbytte i pos. forsøg
1 behandling	47	4,0	2,3	75	5,3	3,0
2 behandlinger	25	6,0	4,6	52	9,1	4,5

I 48% af forsøgene var 2 sprøjtninger bedre end 1 sprøjtning vurderet økonomisk ($> 3,0 + 2,3 = 5,3$). I disse 48% var merudbyttet 9,4 hkg/ha.

Som det fremgår, kan en sprøjtning betale sig i 75% af forsøgene, mens 2 sprøjtninger giver et bedre økonomisk resultat end 1 sprøjtning i 48% af forsøgene.

Under forudsætning af, at forsøgene er repræsentative for det samlede bekæmpelsesbehov, er der således et behandlingsbehov, der omfatter 75% af arealet. Ca. 25% har behov for én sprøjtning, mens ca. 50% har behov for 2 sprøjtninger.

Nyttevirkningen i vårbyg ved 1 sprøjtning er beregnet ud fra det merudbytte (5,3 hkg), der opnås, hvis kun 75% af vårbygarealet behandles. Li-

geledes er nyttevirkningen ved 2 sprøjtninger (9,4 hkg/ha) beregnet ud fra de 48% af forsøgene, hvor det har været rigtigt at udbringe 2 sprøjtninger.

6.3.3. Hvede

Bekæmpelsesbehovet i hvede er forholdsvis kompliceret at beregne på grund af afgrødens længere vækstsæson og et større antal af væsentlige svampesygdomme, heriblandt knækkefodsyge, meldug, gulrust og Septoria.

Landskontoret for Planteavl har i gennemsnit af 84 forsøg (1981-83) opnået et merudbytte på 8,9 hkg/ha for anvendelse af 2 bladsprøjtninger. For en knækkefodsygesprøjtning er der i gennemsnit af 57 forsøg fra 1981-82 opnået et merudbytte på 3,6 hkg/ha (From Nielsen 1984). Opnåede merudbytter ved Planteværnscentret ses i tabel 9.

Tabel 9. Nyttevirkning ved svampekæmpelse i vinterhvede 1981-85 vurderet ud fra forsøg ved Planteværnscentret. Tallene angiver hkg/ha.

Hvede	Antal forsøg	Merudb. i alle forsøg	Omkostningen hkg/ha	% forsøg med pos. merudb.	Gns. merudb. i pos. forsøg	Netto udbytte i pos. forsøg
1 knækkefodsyge	22	4,7	2,3	45	6,7	4,4
1 bladbeh.	31	6,7	2,3	77	8,7	6,4
2 bladbeh.	45	8,1	4,6	52	12,0	7,4

I 40% af forsøgene var 2 bladsprøjtninger bedre end én sprøjtning vurderet økonomisk ($> 6,4 + 2,3 = 8,7$). Gns. merudbyttet i de 40% er her 11,3 hkg/ha.

Ved vurderingen af ovenstående tal for knækkefodsyge stammer de 45% med behov for sprøjtning ikke fra forsøgsmaterialet, idet forsøgene er anlagt i marker med forholdsvis store angreb.

De 45% med behov for bekæmpelse stammer derimod fra en generel vurdering fra hele landet, som er foretaget ved Planteværnscentret ud fra angrebsgraden i en 5-årig periode.

Ud fra forsøgsmaterialet i tabel 9 er det fundet, at 40% af hvedearealet har behov for 2 bladsprøjtninger, mens der er behov for 1 bladsprøjtning i 37% af tilfældene. Disse tal danner baggrund for hvedeberegninger.

6.3.4. Vinterbyg

Vinterbyg er på linie med hveden en afgrøde med lang vækstperiode og mulighed for angreb af en lang række skadegørere.

Vinterbyg har siden dens indførelse i 1979 været omfattet af en bekendtgørelse, der betinger, at dyrkningen kun sker i forbindelse med 2 obligatoriske sprøjtninger. Især den 1. forårssprøjtning er vigtig for at reducere melduggens smittepotentiale til vårbyggen.

På grund af et relativt spinkelt forsøgsantal ved diverse forsøgsinstitutioner er materialet slået sammen og dækker perioden 1980-85.

Efterårsbehandling. Som det fremgår af tabel 10, har en enkelt efterårsbehandling generelt ikke kunnet betale sig. Da vinterbyg dog ved hyppig dyrkning i samme sædskifte kan angribes kraftigt af trådkøllesvampen, vil der være tilfælde, hvor en behandling kan redde en sådan afgrøde fra udvintring.

Tabel 10. Nyttevirkning af svampesprøjtning i vinterbyg målt i hkg/ha

	Antal	Gns. merudb. i alle forsøg	Udgift hkg/ha	% forsøg med pos. virkning	Gns. merudb. i pos. forsøg	Netto- udbytte i pos. forsøg
Efterårssprøjtning	52	1,6	2,3	35	4,5	2,2
2 sprøjtninger	50	8,5	4,6	72	10,8	6,2
2. forårssprøjtning*	44	6,4	2,3	86	7,2	4,9
3. forårssprøjtning**	11	3,4	2,3	73	4,6	2,3

* Denne sprøjtning dækker den sidste af de 2 obligatoriske forårssprøjtninger.

** Denne sprøjtning dækker over en tredje forårssprøjtning.

2 obligatoriske forårssprøjtninger. Ud fra det tilstedeværende forsøgsmateriale har det ikke været muligt at vurdere værdien af første forårssprøjtning alene, da denne har indgået som standard ('ubehandlet'). Årsagen til dette er, at man ved forsøgsplanlægningen har taget udgangspunkt i de lovbealede sprøjtninger. Den generelle opfattelse er dog, at det økonomiske merudbytte ved første sprøjtning, der falder på tidspunktet for vårbyggens fremspiring,

er lille i forhold til værdien af anden sprøjtning. Dette fremgår ved sammenholdelse af tallene for 2 sprøjtninger og for 2. sprøjtning i tabel 10.

Tredje forårssprøjtning. Under specielt kraftige sygdomsangreb kan en 3. sprøjtning komme på tale. Forsøgsmaterialet, der viser værdien af en sådan sprøjtning, er begrænset, men i 73% af tilfældene, hvor 2 sprøjtninger har betalt sig, har man kunnet vinde 2,3 hkg ekstra ved en tredje sprøjtning i forhold til 2 sprøjtninger.

Da lovgivningen p.t. foreskriver 2 sprøjtninger, er der i den økonomiske udregning brugt 8,5 hkg som grundlag for udregningen - og ikke 10,8 på 72% af arealet.

Ved en eventuel ophævelse af de 2 lovbefalede sprøjtninger vil man skulle lave en ny vurdering af sprøjtningernes nyttevirkning. En sådan vurdering vanskeliggøres af, at der p.t. ikke findes forsøgsresultater, der dækker en enkelt forårssprøjtning, ligesom udbyttereduktionen på vårbyggen som følge af et øget smittepres fra vinterbyg også kun vanskeligt lader sig beregne.

6.3.5. Vinterrug

Knækkefodsyge er langt den vigtigste sygdom i rug. Ved selv relativt lave knækkefodsygeangreb kan afgrøden gå i leje. Tidlig lejesæd forårsager ofte stor reduktion i høstudbyttet. Lejesæd har også den ulempe, at den forsinkes og vanskeliggør selve høstprocessen, ligesom kernekvaliteten let forringes betydeligt.

Med baggrund i forsøgsresultater fra Planteværnscentret og Landskontoret skønnes det, at 77% af arealet har behov for en knækkefodsygebekæmpelse. Data viser, at en efterårsbekæmpelse har givet bekæmpelse på linie med en forårsbekæmpelse.

Tabel 11. Nyttevirkning af fungicidbekæmpelse i rug målt i hkg/ha

	Antal forsøg	Gns. merudb. i alle forsøg	Udgift hkg/ha	% forsøg med pos. virkning	Gns. merudb. i pos. forsøg	Netto- udbytte i pos. forsøg
1 efterårssprøjtning	20	4,6	2,3	85	5,3	3,0
1 forårssprøjtning	57	4,0	2,3	74	5,0	2,7
2 forårssprøjtninger	31	6,4	4,6	58	9,3	4,7

I 52% af forsøgene var 2 sprøjtninger bedre end 1 sprøjtning vurderet økonomisk $> (2,7 + 2,3 = 5,0 \text{ hkg/ha})$. I disse 52% var merudbyttet i gns. 9.9.

Dette resulterer i, at 77% af arealet har behov for en knækkefodsygebekæmpelse, og 52% af arealet har behov for yderligere 1 behandling. Se tabel 11.

6.3.6. Kartoffler

Kartoffelskimmel er en meget tabsvoldende sygdom på kartofler. I år med kraftige angreb vil en afgrøde kunne ødelægges totalt; stærke angreb indtræffer ca. hvert 3. eller 4. år. Ved angreb er det ikke kun knoldproduktionen i marken, der reduceres; en lige så væsentlig faktor er kartoflernes svækkede lagringsevne.

For at foregribe kraftige angreb er der ved Planteværnscentret udviklet et varslingsystem for kartoffelskimmel, der anviser, hvornår der bør sprøjtes for at hindre angreb. På trods af disse foranstaltninger regner man med, at 15-20% af udbyttet på årsplan går tabt. Der findes en del kartoffelskimmelforsøg til belysning af knoldtabet ved angreb. Disse dækker dog over store variationer, blandt andet på grund af forskelle mellem udbytteneiveauet på spise- og fabrikskartofler.

Tabel 12 viser eksempel på udbytteforsøg i kartofler med 2 sprøjtninger.

Der er i beregningerne i gennemsnit regnet med 3 svampesprøjtninger på hele kartoffelarealet og et merudbytte på 17%.

Tabel 12. Udbytteresultater fra 4 kartoffelskimmelforsøg i 1984 (Institut for Pesticider, 1984)

	Dosering	Udbytte og merudbytte hkg/ha	rel.
Ubehandlet		425,8	100
Maneb (flydende)	2 x 4,4 l	45,9	111
Dithane M45	2 x 2,0 kg	39,0	109
Ridomil M	2 x 2,5 kg	93,6	122

6.3.7. Ærter

Ærtearealet har i det seneste år været i kraftig stigning. Afgrøden angribes af en del svampesygdomme, men betydningen af disse for afgrødens udbytte-niveau er indtil videre kun dårligt belyst.

Forsøgsarbejdet har været sparsomt, og især de optimale sprøjtetids-punkter ligger noget usikkert. Den generelle opfattelse er dog, at ærter vil have behov for en enkelt eller to svampebehandlinger for at beskytte imod svampesygdomme.

6.3.8. Raps, roer og græsfrø

Raps angribes af en række svampesygdomme, heriblandt storknoldet knoldbæ-gersvamp og skulpesvamp. Angrebsstyrken er udsat for store årsvariationer, og generelt vil en bekæmpelse ikke kunne forsvares. På grund af store udgif-ter til køreskade (2-5%) og kemikalier (400 kr.) skal der være stærke angreb til stede, før en bekæmpelse kan dække omkostningerne til udbringelse.

I gennemsnit har udbytteforsøg i raps ikke givet signifikante merudbyt-ter for svampebehandlinger. Der findes dog uden tvivl enkelte tilfælde, som berettiger til bekæmpelse.

Roer er en afgrøde, der især i etableringsfasen kan angribes af et sygdoms-kompleks, der kaldes rodbrand. Indtil videre har man ikke haft succes med bekæmpelse af rodbrand, der i visse år kan betyde, at en omsåning bliver nødvendig.

Sidst på vækstsæsonen kan roer angribes af en række bladsygdomme. Disse kan bekæmpes, men generelt er der langt imellem behov for sprøjtning, og det vil ikke her være rimeligt at indregne nogen præcis nettogevinst for anvendelse af fungicider i roer.

Inden for græsfrøavl findes en del afgrøder, der angribes af flere plantesyg-domme og derfor har behov for svampebekæmpelse.

Vores forsøgsbaggrund er på nuværende tidspunkt ikke tilstrækkelig til at kunne give en reel vurdering af nyttevirkningen ved de udbragte svampe-midler i disse afgrøder.

Tabel 13. Nettomerudbytte ved bekæmpelse af sygdomme i land- og havebrugsafgrøder

		behandlet areal (1000 ha)	afgrø- merudb. hkg/ha	depris kr./hkg	bekæm. omk. kr./ha	merudb. i alt 1000 t	værdi af merudb. mio. kr.	sml. bek. omk. mio. kr.	netto merudb. mio. kr.
SYGDOMME									
Korn	bejdsning med svampesygdomme	1.500	1,0	135	13	150	203	20	183
Vårbyg	bekæmpelse af bladsvampe - én behandling	270	5,0	135	300	135	182	81	101
	bekæmpelse af bladsvampe - 2 behandlinger	480	9,0	135	600	432	583	288	295
Vinterhvede	bekæmpelse af knækkefodsyge	135	6,5	140	300	88	123	41	82
	bekæmpelse af bladsvampe - én behandling	111	8,5	140	300	94	132	33	99
	bekæmpelse af bladsvampe - 2 behandlinger	120	11,0	140	600	132	185	72	113
Vinterrug	bekæmpelse af fodsyge - én behandling	30	5,0	140	300	15	21	9	12
	bekæmpelse af fodsyge - 2 behandlinger	62	9,5	140	600	59	82	37	45
Vinterbyg	bekæmpelse af svampe efterår	70	4,5	135	300	32	43	21	22
	bekæmpelse af svampe - 2 forårsbehandlinger	200	8,5	135	600	170	230	120	110
	bekæmpelse af svampe - 3. forårsbehandlinger	100	4,5	135	300	45	61	30	31
Kartofler	kartoffelskimmel bekæmpelse 3 x bekæmpelse	30	60	60	1200	180	108	36	72
Ærter, raps, roer, græsfrø				Samlet skøn					25
Specialafgrøder Frugt & bær Gartnerikulturer				Samlet skøn					100
									1.290

6.4. Gennemsnitligt behov for og merudbytte ved skadedyrsbekæmpelse i vårbyg, vinterhvede, raps og roer

De i det følgende anførte skøn over gennemsnitligt behov for og merudbytte opnået i de respektive afgrøder er baseret på forsøgsresultater fra forsøg udført ved Planteværnscentret og de landøkonomiske foreninger i perioden fra 1980-1985.

I det skønnede bekæmpelsesbehov indgår endvidere indberetninger til Månedsoversigter og de avlerregistreringer, som er udført i forbindelse med registrering af sygdomme og skadedyr i vårbyg, som har været gennemført af Planteværnscentret sammen med avlere i årene 1983, 1984 og 1985.

Tabel 19 sidst i dette afsnit giver en samlet oversigt over det opnåede nettoudbytte ved skadedyrsbekæmpelse i land- og havebrugsafgrøder.

6.4.1 Bladlus i vårbyg

Resultater fra bekæmpelsesforsøg med bladlus i vårbyg i årene 1980-84 udført i de landøkonomiske foreninger er anført i tabel 14.

Resultaterne angiver det gennemsnitsudbytte, som er opnået med det bedst virkende middel. Antallet af forsøg de enkelte år er anført i tabellen.

Tabel 14. Merudbytte opnået ved forsøg udført i de landøkonomiske foreninger.

År	1980	1981	1982	1983	1984	Gns. 1980-84
Antal forsøg	15	7	3	9	5	39
Merudbytte hkg/ha	0,8	2,3	3,6	7,2	2,7	3,3

Tabel 15. Merudbytter opnået ved afprøvningsforsøg udført ved Planteværnscentret.

År	1983	1984	1985
Antal forsøg	3	2	8
Merudbytte hkg/ha	8,1	5,0	15,9 **)
Gns. merudb. *)	5,8	3,9	14,4 **)

*) Gennemsnitsmerudbytte for de afprøvede midler.

**) Disse forsøg er gennemført i marker med meget kraftige bladlusangreb.

Som det fremgår af tabel 14 og 15, er der meget stor forskel mellem de opnåede merudbytter de enkelte år. Den samme forskel gør sig gældende for merudbytter opnået ved de enkelte forsøg det samme år. F.eks. blev der ved et forsøg udført af de landøkonomiske foreninger i 1981 opnået et merudbytte på 5,3 hkg i forhold til gennemsnitsudbyttet på 2,3 hkg. De anførte forsøgsresultater skal ikke tages som udtryk for, at der ville opnås et gennemsnitligt merudbytte på 3,3 hkg, hvis samtlige vårbygmarker var blevet behandlet med bladlus i årene 1980-84. Når dette ikke kan udledes, skyldes det, at forsøgene fortrinsvis gennemføres i de områder af landet, hvor bladlusangreb erfaringsmæssigt forekommer hyppigst, jvf. forsøgsresultaterne fra forsøg udført i 1985 af Planteværnscentret.

I figur 9 er vist forekomst af bladlus i korn i Danmark i perioden 1906 til 1983 baseret på indberetninger til Månedsoversigter. Det fremgår, at der i de fleste år indtil 1960 ikke forekom nævneværdige angreb af bladlus, men tilsyneladende er situationen ændret de seneste 25 år. Det skal dog understreges, at de nævnte indberetninger ikke er foretaget systematisk og derfor kan være påvirket af en række forhold.

I figur 10 er vist en typisk udbredelse af bladlusangreb i Danmark med de mest udtalte angreb i landets sydøstlige egne.

I årene 1983-85 har Planteværnscentret gennemført en avlerbaseret registrering af bladlus, hvor der har medvirket 400-600 vårbygavlere fordelt over hele landet.

På grundlag af disse registreringer kan behovet for bladlusbekæmpelse i årene anslås til at være:

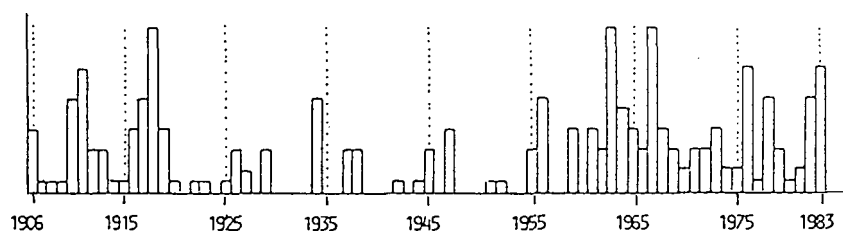
1983: 60% af markerne havde bekæmpelsesbehov

1984: 30% af markerne havde bekæmpelsesbehov

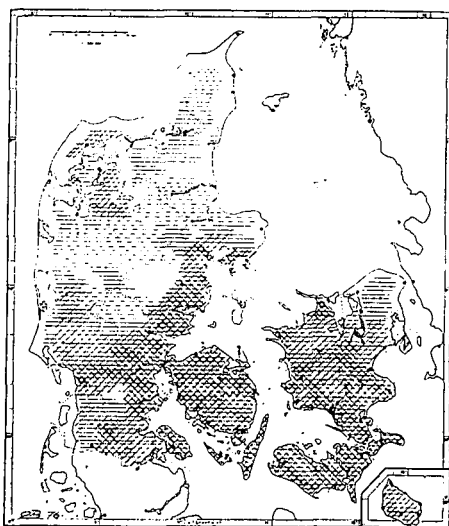
1985: 30% af markerne havde bekæmpelsesbehov

Med udgangspunkt i de anførte forsøgsresultater vedrørende bladlusbekæmpelse antages, at der i gennemsnit er behov for bladlusbekæmpelse i halvdelen af vårbygarealet ca. 500.000 ha. Endvidere antages det, at bladlusbekæmpelsen i gennemsnit medfører et merudbytte på 3 hkg - svarende til et samlet merudbytte på 1,5 mio. hkg. Med en hkg-pris på 135 kr. bliver den samlede værdi af merudbyttet 202,5 mio. kr.

Bekæmpelsesomkostningerne indeholder en pesticidpris på 60 kr. pr. ha, men udbringningen antages at ske samtidig med anden bekæmpelse, selv om man i praksis i en vis udstrækning foretager bekæmpelse alene af bladlus.



Figur 9. Angrebsforløb for bladlus i kornafgrøder i Danmark 1906-1983, skønsmæssigt vurderet efter Månedsoversigter over Plantesygdomme. (Stapel, 1983).



Figur 10. Udbredelse af bladlus i korn juni 1976 (Bagger, 1977).

6.4.2. Bladlus i vinterhvede

Resultater fra bekæmpelsesforsøg med bladlus i vinterhvede i årene 1980-84 udført i de landøkonomiske foreninger er anført i tabel 16.

Resultater angiver det gennemsnitlige merudbytte, som er opnået ved det bedst virkende middel.

Tabel 16. Gennemsnitligt merudbytte ved bladlusbekæmpelse i vinterhvede i forsøg udført i de landøkonomiske foreninger.

År	1980	1981	1982	1983	1984	1980-84
Antal forsøg	3	4	4	3	8	22
Merudbytte hkg/ha	2,3	3,1	4,6	13,5	2,2	5,1

Tabel 17. Gennemsnitligt merudbytte ved bladlusbekæmpelse i vinterhvede i forsøg udført af Planteværnscentret.

År	1983	1984	1985
Antal forsøg	3	6	9
Merudbytte hkg/ha	7,7	6,7	6,3
Gns. merudb.*	6,3	5,8	5,6

* Gennemsnitsudbytte for de afprøvede midler

Af tabel 17 fremgår resultaterne fra forsøg udført ved Planteværnscentret.

Der foreligger ingen systematiske registreringer af udbredelse af bladlusangreb i hvede.

Hvede angribes imidlertid generelt i større omfang end vårbyg, og derfor er det antaget, at der vil være behov for bladlusbekæmpelse i 70% af arealet med vinterhvede. Samtidig antages det, at bladlusbekæmpelse medfører et gennemsnitligt merudbytte på 4 hkg, samt at bekæmpelsen udføres sammen med anden bekæmpelse.

Værdien af merudbyttet er baseret på en hkg-pris på 140 kr. og en udgift til insekticider på 60 kr. pr. ha.

6.4.3. Skadedyr i raps

Glimmerbøsser, skulpesnudebiller, skulpegalmyg og bladribbesnudebiller optræder som almindeligt udbredte skadedyr i raps. Udbredte angreb af kålmøl kan forekomme, men kun undtagelsesvis. Arealet med vinterraps er relativt beskedent - i 1984 var det 23.000 ha sammenlignet med vårraps, der i 1984 var på 168.000 ha. Derfor vil en vurdering af nettoudbyttet ved skadedyrsbekæmpelse i raps alene omfatte vårraps.

Forsøgsresultater fra skadedyrsbekæmpelse i vårraps, hvor der er foretaget udbyttebestemmelse, er meget få, så derfor er vurderingen behæftet med en betydelig usikkerhed. I gennemsnit antages, at én behandling af væsentlige skadedyrsangreb giver et merudbytte på 1,4 hkg. På grund af, at skadedyrene optræder med flere generationer i løbet af en vækstperiode, vil der i en del af arealerne være behov for flere på hinanden følgende bekæmpelser. Det antages, at der opnås et gennemsnitligt merudbytte ved en følgende behandling på 0,8 hkg.

Bekæmpelsesbehovet antages gennemsnitlig at være 75% af arealet - svarende til 130.000 ha. Heraf antages, at 70.000 ha har behov for to behandlinger.

Skønnet over bekæmpelsesbehovet er baseret på indberetninger fra rapsavlere til Planteværnscentret i forbindelse med avlerundersøgelser i årene 1981-85.

6.4.4. Skadedyr i sukkerroer og fodersukkerroer

Den vigtigste skadegører i bederoer er en ferskenbladlus, som overfører virusgulrot samt bedebbladlus.

Forekomst og opformering af de nævnte bladlusarter varierer meget fra år til år. I gennemsnit antages det, at der er behov for bekæmpelse af bladlus i sukkerroer i 75% af arealet, samt at bladlusbekæmpelse fortrinsvis foretages i sukkerroearealerne.

Det er antaget, at bladlusbekæmpelse giver et merudbytte på ca. 30 hkg rod (Bagger & Stapel, 1977), og værdien af ét hkg er sat til 30 kr.

Bekæmpelsen i fodersukkerroer varierer også meget, men omfanget af bekæmpelsen er i forhold til sukkerroerne beskedent.

Et skøn over nettogevinsten ved skadedyrsbekæmpelsen i fodersukkerroer er af From Nielsen (1984) anslået til 15 mio. kr. pr. år.

Den samlede nettogevinst opnået ved skadedyrsbekæmpelse i sukkerroer og fodersukkerroer bliver ud fra de anførte skøn ca. 60 mio kr. som års gennemsnit.

6.4.5. Skadedyrsangreb i ærter, rug, kartofler, græsfrø, græs og majs

Der foreligger kun sporadiske forsøgsresultater fra forsøg med skadedyrsbekæmpelse i de nævnte afgrøder, og derfor kan der kun gives meget grove skøn over de samlede merudbytter, som kan opnås ved en effektiv skadedyrsbekæmpelse.

I tabel 18 er anført, hvor stort et areal der blev dyrket med de nævnte afgrøder i 1984, og hvilke skadedyr der har størst betydning for disse afgrøder.

Tabel 18.

Afgrøde	Areal (1000 ha)	Skadegørere
Ærter*	57*	bladrandbiller, bladlus, trips, ærtevikler
Rug	122	trips, bladlus
Kartofler	31	bladlus, knoporme
Græsfrø		mider, trips, bladlus
Græs	311	fritfluer
Majs	21	fritfluer

(Danmarks Statistisk 1985)

*) arealet med ærter er i 1985 ca. 100.000 ha og det forventes at stige yderligere

Nettoudbyttet ved skadedyrsbekæmpelse er i disse afgrøder anslået til at være 100-200 mio. kr. på årsbasis med ærter som den afgrøde, der bidrager mest til dette tal.

6.5. Behov for og nettoudbytte ved svampe- og skadedyrsbekæmpelse i specialafgrøder, frugtavl og gartnerikulturer

Der foreligger ikke data, som muliggør opgørelser som dem, der er foretaget for de dominerende landbrugsafgrøder.

Derfor er de følgende vurderinger hovedsagelig skøn baseret på enkelte forsøgsresultater. Generelt gælder, at svampe og skadedyr kan optræde som ødelæggende skadegørere i en række af de her omtalte kulturer. Samtidig gælder, at afgrødeværdien pr. arealenhed er stor - i væksthushafgrøder endog særdeles høj, og det vil i praksis betyde, at en rentabel dyrkning af disse afgrøder ofte forudsætter, at der er effektive bekæmpelsesmidler til rådighed.

Som eksempel på nødvendigheden af, at effektiv sygdoms- og skadedyrsbekæmpelse kan foretages, kan nævnes et aktuelt angreb af trips i en potteplantekultur. Den pågældende tripsart er blevet indslæbt til Danmark for relativt kort tid siden. Den er vanskelig at bekæmpe, og viden om, hvordan den bekæmpes effektivt, er mangelfuld. Tripsangrebene har medført, at store partier af potteplanter i to gartnerier er blevet kasseret, og planter til flere hundrede tusinde kroner er gået tabt. Plantetilsynets statistik over plantepartier, som er blevet kasseret, fordi der forekom skadegørere i større udstrækning, end gældende tolerancer tillader, viser, at et betydeligt antal plantepartier kasseres på grund af skadedyrsangreb.

Rentabel produktion af frugt og bær vil i stor udstrækning heller ikke være mulig, hvis ikke der kan gennemføres en effektiv bekæmpelse af skadegørere. Blandt grønsager og specialafgrøder vil produktion af bl.a. kål, gulerødder, porrer og rødbeder ej heller være økonomisk rentabel, hvis ikke der kan gennemføres effektiv bekæmpelse.

Værdien af svampe- og skadedyrsbekæmpelse i disse afgrøder anslås til at være i størrelsesordenen 10% af afgrødeværdien.

Ifølge Danmarks Statistik var produktværdien for de nævnte afgrødeområder ca. 3 mia. kr. i 1984, hvilket svarer til en værdi af svampe- og skadedyrsbekæmpelsen på 300 mio. kr. Anslås bekæmpelsesomkostningerne til 100 mio. kr., bliver nettomerudbyttet i størrelsesordenen 200 mio. kr.

Tabel 19. Nettoudbyttet ved bekæmpelse af skadedyr i land- og havebrugsafgrøder

		behandlet areal (1000 ha)	merudb. hkg/ha	afgrø- depris kr./hkg	bekæm. omk. kr./ha	merudb. i alt 1000 t	værdi af merudb. mio.kr.	sml.bek. omk. mio.kr.	netto merudb. mio.kr.
SKADEDYR									
Vårbyg	bladlusbekæmpelse	500	3,0	135	60*	150	203	30	173
Vinterhvede	bladlusbekæmpelse	210	4,0	140	60*	84	118	13	105
Raps	<u>skadedyrsbekæmpelse</u>								
	1. bekæmpelse	140	1,4	370	250	20	73	35	38
	2. bekæmpelse	75	0,8	370	250	6	22	19	3
Sukkerroer	bladlus-virus	60	30	30	140	180	54	8	46
Rug									
Ærter									
Fodersukkerroer					Samlet skøn				150
Kartofler									
Græsfrø									
Majs									
Specialafgrøder									
Frugt & bær					Samlet skøn				100
Gartnerikulturer									
									615

* dækker kun udgift til insekticider, idet det er antaget, at udbringelse sker sammen med andre midler.

6.6. Litteratur

1. Bagger, O. 1977. Ugeskr. f. agronomer, hort., forst. og lic. nr. 4. 51-55.
2. Bagger og Stapel. 1977. Varslingstjenesten for bekæmpelse af bladlus og virusgulst i bedroemarker 1957-1976. Tidsskr. f. Landsøkonomi 164. 116-143.
3. From Nielsen. 1984. Plantebeskyttelsesmidler. Deres betydning for planteproduktionen. Svampe og insektmidler. Statens Planteavlsmøde 1984.
4. Hansen, K. 1981. Forsøg med afsvampning af sædekorn II Markforsøg. Beretning nr. 1540 fra Statens Planteavlsforsøg.
5. Jørgensen og Kølster. 1975. "Bygmeldugs udbredelse og betydning. Ugeskr. f. Jordbrug nr. 18.
6. Jørgensen, Johs. (1972-1979). Meddelelser fra plantepatologisk afdeling. Statsfrøkontrollen. Beretning for 101., 102., 103., 104., 105., 106., 107. og 108. arbejdsår.
7. Kristensen & Elbek Pedersen. Oversigt over landsforsøgene 1972 til 1980.
8. Kristensen, H. 1985. Har plantebeskyttelsen et fornuftigt omfang? Agrokologisk Tidsskr. Marken nr. 4 1985.
9. Kryger, P. 1985. Muligheder for fastsættelse af skadetærskler i vårbyg. 2. Danske Planteværnskonferende. Ukrudt 1985, 203-216.
10. Stapel. 1983. Plantesygdomme i Danmark 1983, 100. årsberetning samlet ved Planteværnscentret. Statens Planteavlsforsøg.
11. Ullerup, B. 1982. Oversigt over landsforsøgene 1982, 40.

7. PLANTEVÆRNSUDSTYR OG -TEKNIK VED UDBRINGNING AF PESTICIDER

Ole Permin

Planteværnscentret

Institut for Ukrudtsbekæmpelse

Flakkebjerg, 4200 Slagelse

- 7.1. Oversigt over metoder til udbringning af pesticider
- 7.2. Oversigt over typer af planteværnsudstyr, og hvordan det anvendes i forskellige grene af jordbruget
 - 7.2.1. Marksprøjter (hydrauliske)
 - 7.2.2. Tågesprøjter
 - 7.2.3. Flysprøjter
 - 7.2.4. Kærresprøjter og rygsprøjter, (hydrauliske)
 - 7.2.5. CDA- fordelere
 - 7.2.6. Forgassere
 - 7.2.7. Granulatspredere
 - 7.2.8. Pudderblæsere
 - 7.2.9. Omfanget af planteværnsudstyrets anvendelse
- 7.3. Tekniske undersøgelser af udstyr til fordeling af plantebeskyttelsesmidler
- 7.4. Fordelingsteknik
 - 7.4.1. Vejledning til brugeren
 - 7.4.2. Forsøg og undersøgelser
- 7.5. Sprøjtetekniske faktorer, der har indflydelse på effekt og miljø
 - 7.5.1. Spredjævnhed
 - 7.5.2. Dækningsgrad
- 7.6. Afdriftens omfang og muligheder for at reducere denne
 - 7.6.1. Marksprøjter (hydrauliske) med spredbom
 - 7.6.2. Marksprøjter (hydrauliske) udstyret med sprøjtelanse eller lodret bom
 - 7.6.3. Tågesprøjter
 - 7.6.4. Flysprøjter (hydrauliske)
 - 7.6.5. Kærresprøjter og rygsprøjter (hydrauliske)

- 7.6.6. CDA-fordelere
- 7.6.7. Forgassere (Aerosoler)
- 7.6.8. Pudderblæsere
- 7.6.9. Granulatspredere
- 7.7. Sammendrag og vurdering
- 7.8. Litteratur

7.1. Oversigt over metoder til udbringning af plantebeskyttelsesmidler

Redegørelsen omhandler udbringning af plantebeskyttelsesmidler på friland og i væksthuse. De omtalte plantebeskyttelsesmidler omfatter midler til bekæmpelse af plantesygdomme, skadedyr og ukrudt, samt vækstregulering og nedvisning. Midlerne forhandles i forskellig tilstandsform som flydende, granuleret eller i pulverform. De anvendes ved udbringning som sprøjtemidler, puddere, granulater, bejdsemidler, jorddesinfektionsmidler, samt midler til forgasning og rygning.

Oversigt over antal godkendte midler til hver anvendelsesmetode fremgår af tabel 1.

Tabel 1. Antal godkendte bekæmpelsesmidler for hver anvendelsesmetode ved plantedyrkning

Metode	Ukrudts- midler nedvis- nings- midler	Vækst regu- lering	Midler mod alge- vækst	Svampe midler	Kombi- nerede svampe og in- sekter	Jord desin- fek- tion	Insekt- midler incl. mide snegle- midler	I alt	Pct.
Rygning				1			2	3	0,4
Gasning							1	1	0,1
Aerosoler	4						20	24	3,1
Sprøjtning	329	27	17	134	18		101	626	81,2
Vanding	6	1						7	0,9
Dypning							1	1	0,1
Påstrygning				4				4	0,5
Bejdsning				37	7		5	49	6,4
Strimler							1	1	0,1
Pudring		7		2	7		14	30	3,9
Strøning				2				19	2,5
(Granulater)	9	1					7		
Jordbehandling						6		6	0,8
							sum	771	100

* (1)

I tabel 1 er kun medtaget de midler, der anvendes i forbindelse med plantedyrkning inden for jordbruget. Af de i tabel 1 indførte anvendelsesmetoder kræver rygning, dypning, påstrygning og strimler ikke noget specielt udstyr. Der findes dog udstyr til påstrygning af herbicider på planten.

Jordbehandling med jorddesinfektionsmidler, som i nogle tilfælde kræver særligt dertil af arbejdstilsynet godkendt apparatur, omtales ikke. Bejdsning udføres af korn- og foderstoffirmaer eller frøfirmaer ved oparbejdning af korn og frø til udsæd. Bejdsningen sker under kontrollerede forhold i lukkede rum, inden frøene bringes ud i marken.

Udbringning af plantebeskyttelsesmidler sker primært ved sprøjtning, hvilket også fremgår af det store antal af godkendte midler, der er til sprøjtning. Af midler, der anvendes ved plantedyrkning, udgør sprøjtemidlerne i gns. 80%, af ukrudtsmidler, og af midler til nedvisning alene udgør sprøjtemidlerne 94,5%.

Aerosoler (kold) anvendes i form af spraydåser til ukrudtsmidler, som bruges i græsplæner. Til insektmidler anvendes ligeledes spraydåser med midler til sprøjtning mod insekter primært på blomsterplanter.

Aerosoler (varm) karakteriseres ved en dråbestørrelse på 0,5-25 μm . Ved hjælp af specielt udstyr, hvorved midlerne forgasses, kan mange af sprøjtemidlerne anvendes som aerosoler. Denne metode anvendes primært erhvervs-mæssigt ved fordeling af insektmidler i væksthuse.

Vanding anvendes ved udbringning af ukrudtsmidler på græsplæner og andre arealer, hvor man ønsker at undgå skader ved afdrift. Vanding anvendes dog også til at bringe midlerne ned i jorden, f.eks. med Allylalkohol, for at ødelægge ukrudtsfrø, eller med insektmidler for at ramme jordboende skadedyr.

Pudring anvendes kun i meget få tilfælde ved udbringning af plantebeskyttelsesmidler i jordbruget. Partikelstørrelse 5-20 μm . Pudring omfatter midler med talkum som bærestof. Vand er betydelig billigere end talkum, så midlerne er dyrere at anvende i forhold til sprøjtemidlerne. Udstyret til udbringning ved pudring er for adskillige af de markedsførte insektmidlers vedkommende, tabel 1, begrænset til dåser, der kan trykkes sammen, men enkelte insektmidler udbringes med pudderblæsere. F.eks. anvendes parathion-methyl-pudder til bekæmpelse af glimmerbøsser i raps og mod snudebiller i hindbær. Pudderne er særlig effektive mod biller, og metoden egner sig godt til randbehandling af marker.

Udstrøning af granulerede plantebeskyttelsesmidler, partikelstørrelse 500-1500 μm , foretages i forbindelse med, at midlerne ønskes anbragt på jorden, og uden at de bliver afsat på planterne. Dette er tilfældet med 2 typer af granulerede ukrudtsmidler atrazin og dichlobenil. Enkelte insektmidler markedsføres som granulater f.eks. carbofuran mod jordboende skadedyr.

7.2. Oversigt over typer af planteværnsudstyr, og hvordan det anvendes i forskellige grene af jordbruget.

I årene 1979 og 1980 blev der offentliggjort en redegørelse over planteværnsudstyr i Norden. Initiativtagere var de nordiske giftnævn, der overdrog opgaven til følgende styringsgruppe:

Docent Alf Nordby, formand.

Landbruksteknisk Institutt, Norge.

Statsagronom Birger Gramström.

Institutionen för Växtodling, Sverige.

Professor Osmo Kara.

Institutionen för Lantbruksteknologi, Finland.

Civilingeniør Kerstin Hagstam-Nord.

Statens naturvårdsverk, Sverige.

Videnskabelig assistent Ole Permin.

Statens Ukrudtsforsøg, Danmark.

Læge Axel Wannag.

Yrkeshygienisk Institutt, Norge.

Rapporter, der er meget omfattende, omhandler litt. (9):

Del 1. Planteværnsmidler. Bekæmpelsesmidlernes egenskaber.

Del 2. Generelt om metoder og udstyr. Historikk, metoder og udstyr, krav, undersøkelser, prøvning, standardisering, helsefarer og litteratur.

Del 3. Åkersprøjter.

Del 4. Gjennomføring av projektet, suppleringer, sammendrag, konklusjoner og tilrådninger.

Endvidere blev udarbejdet følgende beretning (12):

Sprøjtetekniske faktorerers indflydelse på plantebeskyttelsesmidlernes virkning.

I 1981 blev der med baggrund i rapporten afholdt et seminar i NJF-sektion VII Teknik. Seminaret havde titlen: "Nordisk projekt. Utredning och undersökningar av växtskyddsutrustning, Biologi, teknik, arbetsmiljö (7).

Nærværende redegørelse skal supplere og opdatere udviklingen på de væsentligste områder vedrørende planteværnsudstyr, samt i den forbindelse beskrive de mest kontroversielle forhold mellem jordbrug og miljø. De arbejdsmiljømæssige aspekter er ikke medtaget.

Der foreligger kun få statistiske oplysninger om, hvad der findes af planteværnsudstyr i de forskellige grene af jordbruget.

Danmarks Statistik foretager optællinger med flere års mellemrum. De 2 sidste tællinger er foretaget 1981 og 1985. Tællinger omfatter marksprøjter og tågesprøjter i landbrug, gartneri og planteskoler.

Tabel 2. Marksprøjter og tågesprøjter i landbrug, gartneri og planteskoler.

År	Antal maskiner		Antal bedrifter med	
	marksprøjter	tågesprøjter	marksprøjter	tågesprøjter
1981-85	42816	1152	43710	1123

(Landbrugsstatistik 1981).

Planteværnsudstyret kan efter deres anvendelsesområde og funktionsmåde deles op i følgende grupper: marksprøjter (hydrauliske), flysprøjter, tågesprøjter, CDA-fordelere, kærresprøjter, rygsprøjter, forgassere (aerosoler), granulatspredere og pudderblæsere.

I det følgende er givet en oversigt over fordelingsprincippet i udstyr til fordeling af plantebeskyttelsesmidler, samt typer og størrelser af udstyr, som i dag anvendes i dansk jordbrug. Endvidere er den metode, der anvendes ved fordeling af herbicider, fungicider og insekticider, beskrevet ved den retning, midlerne spredes i fra udstyret, og der er herunder skønnet over den effektive spredenhøjde og spred bredde.

7.2.1. Marksprøjter, (hydrauliske)

Fordelingsprincip

Ca. 99% af alle marksprøjter er hydrauliske sprøjter, dvs. at væsken forstøves fra dyser ved hjælp af væsketrykket.

Størrelser af marksprøjter

Traktormonterede: væsketanken fra 200 til 1000 l med spredebomme på fra 10 til 21 m.

Bugserede sprøjter: væsketanke fra 1000 til 2400 l med spredebomme op til 24 m.

Både bugserede og traktormonterede sprøjter kan i stedet for spredebom være monteret med sprøjtelanse eller sprøjteriffel.

Udstyr til båndsprøjtning kan monteres.

Sprøjtevæskens retning, højde og spredebredde

Landbrug og gartneri. Bredsprøjtning.

Herbicer, fungicer, insekticer, nedvisning, vækstregulering: ned i afgrøden spredehøjde, 0,4 til 1 m over jorden eller afgrøden, spredebredder fra 10 til 24 m.

Båndsprøjtning.

Herbicer: ned over planterækker i ca. 20 cm brede bånd, spredehøjde 0,2 m, sædvanligvis afskærmet.

Frugtplantager, bredsprøjtning og båndsprøjtning.

Herbicer: ned mod jorden, spredehøjde 0,4-0,6 m, spredebredder fra 2 til 10 m.

Fungicer og insekticer: 1) fra lodrette bomme ind mod kulturen, spredehøjde 2-3 m, spredebredde 5 m, 2) fra sprøjtelanse op i frugttræerne, spredehøjde ca. 5-10 m, spredebredde ca. 10 m.

Skovbrug og planteskoler.

Herbicider: 1) fra spredebomme ned mod jorden, spredehøjde 0,4-1,5 m spredebredde 3-10 m, 2) fra sprøjtelanse ned mod jorden, spredehøjde 1-2 m, spredebredde 5-10 m.

Fungicider og insekticider: 1) fra spredebomme ned mod jorden, spredehøjde 1-3 m, spredebredde 5-10 m. 2) fra sprøjtelanse, spredehøjde 1-5 m, spredebredde 5-10.

Offentlige anlæg, bredsprøjtning, båndsprøjtning.

Herbicider: fra spredebomme ned mod jorden, spredehøjde 0,2-0,6 m, sædvanligvis afskærmet, spredebredde 2 til 10 m og 2.2.

7.2.2 Tågesprøjter

Fordelingsprincip

Luftstrøm eller kombineret hydraulisk dyse og luftstrøm.

Størrelser af tågesprøjter

Traktormonterede: væsketanke fra 300 til 800 l. Bugserede med væsketanke op til 1500 l. Sprøjten er forsynet med en række tude og dyser, hvorfra væsken slynges ud.

Rygmotorsprøjte med væsketank på ca. 10 l og en tud, der styres med hånden.

Sprøjtevæskens retning, højde og spredebredde

Frugtplantager.

Insekticider og fungicider: ind i bærbuske eller op i frugttræernes kroner, spredehøjde 2-10 m, spredebredde 5 m.

Skovbrug, planteskoler, ved randbehandling.

Insekticider: hen over afgrøden fra f.eks. 2 m højde, spredebredde ca. 25-50 m.

Land- og havebrug.

Fungicider, insekticider og herbicider: ned i afgrøden fra 0,5 til 1 m højde fra spredebomme på ca. 10 m bredde.

7.2.3. Flysprøjter

Fordelingsprincip

Sprøjtevæsken forstøves under tryk fra dyser og ved en kraftig luftstrøm.

Flytyper

Fastvingede fly med spredebom ca. 10 m. Lasteevne 500-800 kg.

Helikopter med spredebom 10-15 m. Lasteevne 300-500 kg.

Sprøjtevæskens retning, højde og bredde

Landbrug og skovbrug.

Fungicider og insekticider: fra spredebomme føres sprøjtevæsken ned mod afgrøden af kraftige luftstrømme, spredehøjde 3-5 m, spredebredde ca. 10-15 m.

7.2.4. Kærresprøjter og rygsprøjter (hydrauliske)

Fordelingsprincip

Kærresprøjter og rygsprøjter er den almindelige betegnelse for hydrauliske sprøjter til behandling af mindre arealer. Væsken forstøves under tryk fra dyser.

Størrelser af sprøjter

Kærresprøjter monteret på små vogne eller trillebør med væskebeholder på ca. 100 l. Rygsprøjter båret på ryggen med væskebeholdere på indtil 10 l. Mindre sprøjter med beholdere på 1-5 l betegnes som håndsprøjter.

Begge sprøjtetyper kan være forsynet med spredebom 1-5 m eller med sprøjte-lanse.

Sprøjtetvæskens retning, højde og spredenhøjde

Gartneri og væksthuse. Offentlige anlæg, Private haver

Herbicider, fungicider og insekticider ned mod jorden fra spredébom, spredenhøjde 0,4-0,6 m, spredebredde 2-5 m.

Fungicider og insekticider: fra sprøjtelanse ned mod afgrøden, ind mod buske, op i træer.

Kærresprøjte: spredenhøjde 2 til 6 m, spredebredde 2-6 m.

Ryggsprøjte: spredenhøjde 1-3 m, spredebredde 1 til 2 m.

7.2.5. CDA-fordelere

Fordelingsprincip

Sprøjtetvæskens ledes ud på roterende skiver eller netværk. Dråbedannelsen sker ved hjælp af centrifugalkraften fra skivens kant eller netværket.

Størrelser og typer af CDA-sprøjter

Traktormonterede: væsketanke 300-600 l med spredébom på 12 m bredde eller med enkelte fordelere til behandling af frugttræer.

Håndbåret type med 1 fordelerhoved, væskebeholder 1-2 l.

Sprøjtetvæskens retning, højde og spredebredde

Landbrug og skovbrug.

Herbicider, fungicider og insekticider: fra spredébom ned mod afgrøden, spredenhøjde 0,2-0,6 m, spredebredde indtil 12 m.

Frugtplantager

Fungicider og insekticider: fra enkelte fordelere over buske eller op i træers kroner, spredenhøjde 3-5 m, spredebredde 3 m.

Skovbrug og planteskoler

Herbicider, fungicider og insekticider: fra håndbåret type med enkelt fordelerhoved: 1) ned mod jorden, spredebredde 1-1,5 m eller 2) op mod vegetationen (driftsprøjtning), spredenhøjde 1,5-2 m, spredebredde 10-15 m.

7.2.6 Forgassere, (Aerosoler)

Fordelingsprincip

- 1) Kold aerosol: pesticidet er tilsat en gas f.eks. Freon under tryk, så den er flydende. Pesticidet forstøves i gasform.
- 2) Varm aerosol: pesticidet føres ind i udstødningsgassen fra en forbrændingsmotor. Pesticidet forstøves i gasform.

Sprøjtetyper og størrelser

Kold aerosol: Håndbårne aerosoldåser med og enkelt ventil, væskebeholdere ca. 0,3 l.

Varm aerosol: Håndbårne forbrændingsmotorer med og uden enkelt udstødning, væskebeholder ca. 5 l.

Sprøjtevæskens retning, højde og spredbredde

Væksthuse.

Fungicider, insekticider: ind mod eller ud over kulturerne, spredhøjde 2-3 m, spredbredde 10-15 m.

Private haver

Herbicider, fungicider og insekticider: ned mod eller ind på planter, spredhøjde ca. 1 m, spredbredde 0,5 m (Aerosoldåser).

7.2.7. Granulatspredere

Fordelingsprincip

Faste partikler, der ved centrifugalkraften, tyngdekraften eller ved hjælp af en luftstrøm fordeles over arealet.

Typer og størrelser af granulatspredere

Traktormonterede: Kasser til granulat 200-500 kg. Udstyret med såvalser og såtragle som centrifugalspredere eller som pneumatiske granulatspredere med mange udløb.

Rygmotor eller hånddrevne granulatspredere: Kasse til 5-10 kg granulat forsynet med enkelt tududløb, der styres med hånden.

Granulaternes retning, spredenhøjde og spredbredde

Landbrug og gartneri.

Fungicider, insekticider: ned på eller i jorden, spredenhøjde 0-1 m, spredbredde 0-15 m.

Frugtplantager, skovbrug, planteskoler, offentlige anlæg, private haver

Herbicider: ned på jorden, spredenhøjde 0,2-0,6 m, spredbredde 0,5-5 m.

7.2.8. Pudderblæsere

Fordelingsprincip

Faste partikler, der ved hjælp af en luftstrøm føres ud over arealet.

Typer og størrelse af pudderblæsere

Traktormonterede: Beholdere med rumindhold på ca. 200 l udstyret med enkelte, drejelige tududløb.

Rygmotor eller hånddrevet udstyr: Beholder med rumindhold på ca. 10 l. Forsynet med enkelt tud, der styres med hånden.

Pudderets retning, spredenhøjde og spredbredde

Landbrug.

Insekticider: ud over afgrøden i vindretningen, spredenhøjde 1-2 m, spredbredde 25-50 m.

Gartneri og væksthush.

Insekticider og fungicider: ud over kulturen, spredenhøjde 0,5-1 m, spredbredde 2-5 m.

7.2.9. Omfanget af planteværnsudstyrets anvendelse

Marksprøjter (hydrauliske)

Den langt overvejende del af de plantebeskyttelsesmidler, der udbringes i jordbruget, fordeles med hydrauliske marksprøjter. Det er den sprøjtetype, som er fundet mest alsidig til løsning af alle de opgaver, der er ved udbringning af plantebeskyttelsesmidler.

I landbruget udføres sprøjtningen dels af maskinstationer, dels af de enkelte jordbrugere. Udviklingen går i retning af, at de enkelte jordbrugere

selv udfører sprøjtningerne. Dette nødvendiggøres af kravet om rettidig sprøjtning for at opnå fuld udnyttelse af midlernes virkning.

Generelt anvendes marksprøjterne forsynet med spredebom. Båndsprøjtning anvendes kun i rækkesåede kulturer som f.eks. bederoer. Fordeling med sprøjtelanse er en forældet urationel metode, som på grund af ubehageligt arbejdsmiljø ikke anvendes længere i erhvervsfrugtavl. Sprøjtelanse anvendes kun, når tågesprøjtning eller andre metoder ikke er mulige, som f.eks. i mindre frugthaver og i skovbruget på vanskeligt tilgængelige arealer.

Flysprøjter

Flysprøjtning anvendes i mindre og mindre udstrækning i landbruget. Antallet af midler, der må anvendes ved flysprøjtning, er meget begrænset. Udvikling af lette marksprøjter og opbygning af traktorer til stor frihøjde, så afgrøden ikke skades, er medvirkende til at reducere antallet af flysprøjtninger. Ligeledes har anvendelse af tågesprøjter i skovbruget reduceret antallet af flysprøjtninger. I 1984 blev der i alt sprøjtet 17.666 ha, heraf 722 ha skov, i henhold til miljøstyrelsens statistik over arealer sprøjtet fra fly.

Tågesprøjter

Tågesprøjter anvendes primært i frugtplantager. I landbruget og skovbruget anvendes tågesprøjter i begrænset omfang ved fordeling af skadedyrsmidler. Der er endvidere udviklet flere typer af marksprøjter, der fungerer efter samme princip som tågesprøjter. Sprøjterne er forsynet med spredebom, hvorfra dyser eller tude dirigerer luftstrøm og sprøjtevæske direkte ned i afgrøden. Sprøjterne er særlig velegnede til fordeling af fungicider og insekticider i høje og tætte afgrøder. Disse sprøjter er på forsøgsstadiet, og i 1985 var der under 10 af denne type i brug.

CDA-fordelere

CDA er forkortet fra engelske "Controlled droplet application" og hentyder til, at dråbestørrelsen er betydelig mere ensartet end fra hydrauliske dyser. Den ensartede dråbestørrelse er årsagen til, at der kan anvendes meget små væskemængder: fra 10-40 l væske pr. ha.

I 1985 var der mellem 10 og 20 sprøjter af denne type med spredebom og en spredebredde på 12 m i brug i landbruget.

Forsøg har vist, at anvendelse af CDA-fordelere på nuværende udviklingstrin, med enkelte undtagelser, ikke forbedrer virkningen, så dosis kan nedsættes. Forsøgene er udført i landbrugsafgrøder og i frugtplantager til sprøjtning af frugttræer (16, 17). Der sker en stadig udvikling af denne type, men udbredelsen i landbruget synes foreløbig standset.

En håndbåret type anvendes i stort omfang i planteskoler og i skovbruget, fordi den er let at transportere og kræver meget lille væskemængde; der anvendes ca. 30 l væske pr. ha, ved fordeling af herbicider ned mod jorden med en dråbestørrelse på 250 μm .

CDA-fordelere forsynet med enkelte fordelerhoveder og transport af meget små dråber med en luftstrøm eller med vinden, driftssprøjtning med 5 l væske pr. ha, anvendes kun i enkelte tilfælde i landbrug og skovbrug. Metoden anvendes ikke i erhvervsfrugtavl.

Granulatspredere og pudderblæsere

Anvendes i meget lille udstrækning. Den ringe anvendelse har sat udviklingen af udstyr til fordeling af plantebeskyttelsesmidler helt i stå. Flere nye typer gødningsspredere fordeler granulater så jævnt, at de kan anvendes til plantebeskyttelsesmidler.

7.3. Tekniske undersøgelser af udstyr til fordeling af plantebeskyttelsesmidler

Ved Statens Jordbrugstekniske Forsøg udføres undersøgelser med planteværnsudstyr for at afprøve udstyrets kvalitet og egnethed til formålet. Afprøvningen er frivillig og foregår efter en aftale mellem maskinbranchen og Landbrugsministeriet. Resultaterne offentliggøres i beretninger og meddelelser til oplysning for brugerne.

Proceduren ved afprøvning af planteværnsudstyret kan være standardiseret. Afprøvningen af marksprøjter og hydrauliske dyser sker således efter dansk standard (4).

Dansk standard er i overensstemmelse med international standard på disse områder. Det er derfor muligt direkte at sammenligne resultater udført af institutioner i andre lande.

Afprøvningen af marksprøjter omfatter foruden en vurdering af materialernes kvalitet også undersøgelser over:

1. Pumpernes ydelse uden og med stigende modtryk
2. Spredjævnhed fra spredébom ved forskellig bomhøjde
3. Omrøringens godhed i væskebeholderen

Resultater vedrørende pumpens ydelse, spredjævnheden og omrøringens godhed oplyser om mulighederne for at få en jævn fordeling ved en given dosering.

Afprøvningen af hydrauliske dyser omfatter undersøgelser over:

1. Dysernes ydelse
2. Dråbestørrelsesfordelingen

Dråbestørrelsesfordelingen angiver, hvor stor en procentdel af væsken der fordeles i form af dråber inden for størrelsesgrupper mellem 50 og 1000 μm .

Oplysninger om dråbestørrelsesfordelingen giver mulighed for vurdering af den biologiske effekt ved en sprøjtning, samt risiko for at forårsage skade på det omgivende miljø ved afdrift af sprøjtevæske.

7.4. Fordelingsteknik

7.4.1. Vejledning til brugeren

Vejledning til brugeren om, hvorledes planteværnsudstyret kan indstilles, så der opnås bedst mulig effekt uden at forårsage skade på omgivelserne, foreligger kun i meget begrænset omfang. Den gives fra officiel side i form af en pjece om "Marksprøjtning" og "Planteværn i landbruget" (18, 8), samt nogle beretninger med forsøgsresultater fra Statens Planteavlfsforsøg (12, 13, 14, 15).

Tidligere fandtes sprøjtetekniske vejledninger kun på etiketter af plantebeskyttelsesmidlet, og vejledningen var indskrænket til angivelse af væskemængde i l pr. ha. Forsøg har vist, at plantebeskyttelsesmidlernes virkning kan forbedres betydelig ved anvendelse af en hensigtsmæssig sprøjteteknik. I adskillige tilfælde kan omkostningerne ved udbringningen reduceres ved at reducere væskemængden i l/ha. Den sprøjtetekniske vejledning på midlernes etikette omfatter nu også i mange tilfælde angivelse af dysetype, dysestørrelse og tryk. Den tager kun sigte på at opnå en høj og sikker effekt af midlet.

Vejledningerne bygger i stor udstrækning på erfaringer fra den sprøjte-teknik, der tidligere er anvendt.

I de senere år er udstyret til marksprøjter blevet forbedret, så indstilling af dysestørrelse, tryk og væskemængde hurtigt kan ændres. Helt nyt udstyr som f.eks. CDA-sprøjter og tågesprøjter har helt revolutioneret opfattelsen af, hvor små væskemængder og doser der er nødvendige for at opnå tilstrækkelig virkning. En oversigt over væskemængder i l pr. ha, der anvendes med forskellige sprøjtetyper, fremgår af tabel 3.

Tabel 3. Væskemængder l/ha ved sprøjtning med plantebeskyttelsesmidler.

	Fly typer 100 km/t	Kørende typer, hastighed 5-20 km/t		
	Hydrauliske	Hydrauliske	Tågesprøjter	CDA-fordelere
Landbrug	30-50	100- 600	30-50	10-40
Gartneri	-	100- 600	30-50	10-40
Frugtavl	-	500-1000	200-1000	-
Skovbrug	30-50	300- 800	200-1000	10-40
Anlæg og haver	-	300- 600	-	-

Rygbårne typer, hastighed 3-4 km/t

	Hydrauliske	Tågesprøjter	CDA-fordelere
Landbrug	-	-	-
Gartneri	-	5-10	-
Frugtavl	-	5-10	-
Skovbrug	-	5-10	20-30
Anlæg og haver	500-1000	5-10	-

7.4.2. Forsøg og undersøgelser

Enkelte kemikaliefirmaer investerer i sprøjtetekniske undersøgelser, og det er udelukkende med henblik på at øge effekten af deres egne produkter. Der udføres endvidere forsøg ved landbo- og husmandsforeningernes, samt sukkerroedyrkernes forsøgsvirksomhed.

Ved Statens Planteavlfsforsøg, Planteværnscentret, udføres sprøjtetekniske undersøgelser både med henblik på at øge effekten, og med henblik på at skåne det omgivende miljø. Der udføres tværfaglige projekter med tilskud fra "Samrådet for Forskning og Forsøg". Et samarbejde mellem Planteværnscentret, Landboforeningerne og Statens Jordbrugstekniske Forsøg er herved etableret. Et udvalg koordinerer forsøgsplaner på området.

Der udføres primært forsøg med indstilling af hydrauliske marksprøjter, tågesprøjter og nye sprøjtetyper. Den biologiske effekt ved anvendelse af herbicider, fungicider og insekticider, samt tilsætning af olier og spredemidler måles. Endvidere måles, hvor meget sprøjtevæske der afsættes på planterne og på jorden, samt afdriftens omfang.

7.5. Sprøjtetekniske faktorer, der har indflydelse på effekt og miljø

7.5.1. Spredeljævnhed

På etiketten af plantebeskyttelsesmidlerne er anbefalet en normal dosering. Ved udbringningen af midlerne må der stilles krav til planteværnsudstyret og dets betjening om en jævn fordeling. For lav dosis giver utilfredsstillende effekt, og for høj dosis kan skade kulturplanter og miljø. Området imellem for lav og for høj dosis betegnes som midlets gunstige virkningsområde, og det kan variere stærkt fra det ene middel til det andet. Kravet om en jævn fordeling må stilles ud fra de midler, der har de snævreste gunstige virkningsområder. Set fra et biologisk synspunkt er det nødvendigt, at dosis udbringes med en variation, der ikke overstiger 30% af den fastsatte dosering, og ønskeligt, at den ikke overstiger 10%.

Det planteværnsudstyr, der findes på markedet, er forbedret stærkt i de senere år, men selv med det nyeste udstyr af hydrauliske marksprøjter er det ikke muligt at udbringe midlerne tilstrækkelig jævnt. Det er navnlig spredébommens bevægelser under kørslen, der er årsag til ujævn fordeling. På mange ældre typer af sprøjter bliver væsken ikke omrørt tilstrækkelig.

Ved sprøjtning i landbrug og gartneri med marksprøjte og spredebom har spredejævnheden stor indflydelse på midlernes gavnlige virkning. En god spredejævnhed er en forudsætning for at kunne anvende nedsatte doser, hvorved belastningen af miljøet kan formindskes. Egentlige skader på miljøet som følge af forlænget persistens ved overdosering skønnes at forekomme på mindre end 1% af det sprøjtede areal.

Overalt, hvor der anvendes sprøjtelanse eller tududløb, der dirigeres med hånden, er spredejævnheden utilfredsstillende, og risikoen for skader på miljøet er stor med midler, der har et snævert gunstigt virkningsområde. Det er dog kun små arealer, der behandles med sådant udstyr.

7.5.2. Dækningsgrad

Ved dækningsgrad forstås, hvor stor en del af pesticiderne der bliver afsat på det, der behandles.

For at give en tilfredsstillende virkning stiller de enkelte typer af pesticider forskellige krav om dækningsgrad.

Pesticider kan efter deres virkemåde deles i følgende typer:

Jordmidler.

Bladmidler: systemisk virkende
kontakt -

Jordmidler stiller ringe krav om dækningsgrad, idet de bringes til at virke og transporteres i jordvandet. Bladmidlerne stiller store krav om dækningsgrad, idet det kun er den del af midlerne, der bliver hængende på planternes blade, der kan komme til at virke. Systemiske midler, der transporteres mere eller mindre i planterne, kræver ikke lige så stor dækningsgrad som de kontaktvirkende midler.

Ved fordeling af plantebeskyttelsesmidler med marksprøjter må følgende faktorer vurderes:

1. Valg af middel
2. Tidspunkt for sprøjtning
3. Dækningsgraden
4. Sprøjteteknik
5. Risiko for afdrift
6. Klimatiske forhold
7. Dosis

Ud fra kendskabet til behov om dækningsgrad med de enkelte midler i de forskellige kulturer vælges en sprøjteteknik, der anbringer mest muligt af sprøjtevæsken på de steder i plantebestanden, hvor der er størst behov for det.

Sprøjteteknikken omfatter valg af dysestørrelse, tryk, kørehastighed og væskemængde.

Afsætningen på planterne afhænger af bladenes overflade og stilling samt af dråbestørrelse og indslagskraft. Forsøg har vist, at små dråber giver stor dækningsgrad, og de er nødvendige for at få afsat sprøjtevæsken på planteoverflader, der er vanskelige at befugte.

Andre forsøg har vist, at en lille væskemængde med højere koncentration af plantebeskyttelsesmiddel virker lige så godt og i nogle tilfælde bedre end større væskemængde og lavere koncentration.

For at opnå en høj effekt går udviklingen i retning af at anvende en lille, mere koncentreret sprøjtevæske og små dråber.

Hvor meget af sprøjtevæsken der falder på jorden på det sprøjtede areal, afhænger også af plantebestandens størrelse og tæthed. Hvor meget der falder på jorden ved anvendelse af bladmidler, kan variere fra 80 til 20% af det udsprøjtede. Der udvikles stadig nye metoder for at få afsat en større procentdel af bladmidlerne på planterne, f.eks. ved at give dråberne en elektrisk ladning.

Oplysninger om dråbestørrelse fås ved resultater fra afprøvningen af dyser udført af Statens Jordbrugsteknikke Forsøg eller hos dysefabrikanterne. Eksempler på dråbestørrelsesfordelingen målt ved sprøjtning med forskellige typer af sprøjter er vist i tabel 4.

Dråbestørrelsesfordelingen kan give oplysning om, hvor stor en del af sprøjtevæsken der kan forventes afsat på planter, samt om risiko for afdrift af sprøjtevæske. Den procentdel af væsken, der fordeles i form af dråber indtil 150 μm , kan betegnes som meget effektiv, indtil 600 μm som effektiv, over 600 μm som mindre effektiv.

Som det fremgår af tabel 4, er der stor forskel på dråbestørrelsesfordelingen fra forskellige hydrauliske dyser, fra CDA-fordelere og fra tågesprøjter. Fladsprededyser anvendes mest almindelig på marksprøjter. Tokammerhvirveldyser er specialdyser til at undgå afdrift, og anvendes disse dyser, kan der forventes nedsat effekt af plantebeskyttelsesmidlerne.

Tabel 4. Dråbestørrelsesfordeling fra forskellige typer af sprøjter.

		Væskemængde på dråber				Middel
	Ar- bejds tryk	under 150 u	150 600 u	600 1000 u	over 1000	dråbe- stør- relse
<u>Hydraulisk dysetyper</u>	Mpa	%	%	%	%	um

Fladsprede- dyser Hardi						
4110-12	0,25	14,4	83,1	2,5	-	245
	0,5	16,3	78,9	4,8	-	230
	1,0	20,1	78,4	1,5	-	195
4110-24	0,25	5,2	76,6	17,5	0,7	385
	0,5	7,2	73,6	17,6	1,6	375
	1,0	8,6	66,9	21,9	2,6	370
Tokammer hvirvel- dyse Hardi						
1553-14	0,25	0,4	15,9	37,7	46,0	910
371077	0,5	0,5	31,2	51,6	16,7	670
	1,0	1,3	48,1	42,9	7,7	555
<u>CDA</u> <u>fordelere</u> <u>omdr./min</u>						
Micromax.						
5000	0,1	99,9	-	-	-	70
2000	0,2	47,5	52,3	-	-	130
<u>Tågesprøjte</u>						
væske	0,4					
1 m fra dyse						
luft	0,5	31,3	68,8	-	-	177
3 m fra dyse						
luft		14,5	84,3	1,2	-	224

litt. (19, 20)

7.6. Afdriftens omfang og muligheder for at reducere denne

Plantebeskyttelsesmidler, der afsættes uden for det behandlede areal, betegnes som afdrift. Det er de små dråber, der kan give anledning til afdrift, og ud fra dråbestørrelsesfordelingen kan risiko for afdrift vurderes. Det er den procentdel af sprøjtevæsken, der fordeles i form af dråber mindre end 150 μm , der angiver hvor stor afdrift, der kan forventes, og den kan variere stærkt, som det fremgår af tabel 4.

For hydrauliske dyser gælder, at lille hul i dysemundstykket og højere væsketryk fordeler en større procentdel af væsken i små dråber end stort hul i dysemundstykket og lavt væsketryk. Endvidere findes der dysetyper, der specielt er konstrueret, så små dråber undgås. Dyserne betegnes tokammer-hvirveldyser og skumdyser. Endvidere er der forskel på dråbestørrelsesfordelingen fra forskellige sprøjtetyper. CDA-fordelere giver en forholdsvis ensartet dråbestørrelse og kan instilles til at fordele hele sprøjtevæsken i små eller i store dråber. Med tågesprøjter kan mellem 30 og 80% af væsken være fordelt i form af dråber mindre end 150 μm .

Efter dråberne har forladt dysen, påvirkes afdriftens omfang af klimatiske faktorer som vindhastighed og fordampning, og jo længere tid dråberne udsættes for disse faktorer, jo større bliver afdriftens omfang. Den højde, dråberne anbringes i ved en behandling, afhænger af, hvilket udstyr og hvordan det anvendes. I afsnit 7.2.1.-7.2.8. er anført, hvilken retning og højde sprøjtevæsken har ved forskellige sprøjtetyper og behandlingsmetoder. I det følgende beskrives risiko for afdrift og muligheder for at reducere denne.

7.6.1. Marksprøjter (hydrauliske) med spredebom

Der er udført en del undersøgelser over afdriftens omfang. Det tilrådes at sprøjte i stille vejr og ikke ved vindhastigheder over 6 m pr. sek. Ved vindhastigheder på 5-7 m pr. sek. er der målt afdrift afsat pr. arealenhed på 2% og 0,2% af det udsprøjtede i henholdsvis ca. 40 og ca. 80 m afstand fra det sprøjtede areal (13). Andre undersøgelser viser tilsvarende resultat (3, 10, 14). Når der f.eks. fordeles 1000 g aktivt plantebeskyttelsesmiddel i sprøjtevæsken pr. ha, på det sprøjtede areal, er der målt en afsætning svarende til 20 g og 2 g middel pr. ha. Er plantebeskyttelsesmidlet et hormonmiddel MCPA, vil mindste dosis af midlet, der kan forårsage skade på de mest følsomme kulturer som salat, være 20 g pr. ha (21, 5) og en afsætning på 2 g pr. ha vil svare til højst tilladelige indhold af sprøjterest i salat (tyske nor-

mer 0,1 ppm), hvis salathovedet konsumeres umiddelbart efter eksponeringen (13).

Ved lavere vindhastighed ca. 3 m pr. sek. og en hensigtsmæssig indstilling af udstyret, kan der sprøjtes ned til få m fra følsomme kulturer uden at forårsage skade på disse. Det kan f.eks. lade sig gøre med specielle dyser til at undgå afdrift, hvor mindre end 1% af væsken bliver forstøvet i form af dråber, der er mindre end 150 μm eller ved at anvende dyser med stor hulstørrelse og lavt tryk.

7.6.2. Hydrauliske marksprøjter udstyret med sprøjtelanse eller lodret bom

Ved sprøjtning af træer kastes sprøjtetouchen op i luften. Afdriften er øjensynlig omfattende, men der mangler målinger af afdriftens omfang. Der kan tilsættes fortykningsmidler til sprøjtevæsken, hvorved afdriftens omfang reduceres.

7.6.3. Tågesprøjter

Ca. 30-80% af sprøjtevæsken kan være forstøvet i dråber mindre end 150 μm . I enkelte undersøgelser er afdriftens omfang målt (6). Klimaet har stor indflydelse på afdriftens omfang. Afhængigt af klimaet kan afdriftens omfang variere stærkt inden for det enkelte døgn. Afdriftens omfang stiger med stigende væsketryk. Ved 18 bar er der målt en afsætning på 20 g pr. ha i ca. 80 m afstand fra det sprøjtede areal. Der mangler yderligere målinger over afdriftens omfang ved forskellig anvendelse af udstyret. Ca. 80% af den udsprøjtede væskemængde falder på jorden (17). Resultater på området udført ved Landbruketeknisk Institut, Norge, er ved at blive publiceret.

Ved sprøjtning ned i afgrøden på en almindelig plantebestand af kornplanter er der ikke målt større afdrift end fra hydraulisk marksprøjte.

7.6.4. Flysprøjter

Afdriftens omfang er meget omfattende. Der foreligger enkelte nyere målinger, (11), over afdriftens omfang. Sprøjtning i skovbrug fra helikopter ved vindhastighed op til 5 m pr. sek. viste en afdrift svarende til 1% af det udsprøjtede i 100 m afstand, og 0,25% i 200 m afstand fra det sprøjtede areal. Det fremføres, at afdriftens omfang ikke er større i 50 og 75 m afstand fra det sprøjtede areal end ved sprøjtning med rygtågesprøjte, hvor tuden er rettet

opad. Afdriften var større i 4 m højde end i 0,5 m højde i indtil 100 m afstand. Udover 100 m var der lille forskel på den målte afdrift i de 2 højder.

I andre undersøgelser er der fundet betydelig større afdrift ved flysprøjtning, der er udført under andre klimatiske forhold. Der kan tilsættes fortykningsmidler til sprøjtevæsken, hvorved afdriftens omfang bliver reduceret (1).

7.6.5. Kærresprøjter og rygsprøjter, hydrauliske

Forsynet med spredébom må afdriftens omfang være noget mindre end ved sprøjtning med hydrauliske marksprøjter, fordi spredébommen kan sættes i en lavere og mere ensartet højde.

Forsynet med sprøjtelanse øges afdriftens omfang betydeligt. Der mangler målinger til belysning af afdriftens omfang. Den bedømmes til at være omfattende, hvis der ikke anvendes specialdyser eller andre foranstaltninger til at undgå afdrift.

7.6.6. CDA-sprøjter

Foreløbige undersøgelser i landbrugsafgrøder, hvor der sprøjtes fra spredébom, har vist, at ved indstilling til en middeldråbestørrelse på 120 μm bliver afdriftens omfang større end ved sprøjtning med hydraulisk marksprøjte. Ved indstilling til en middeldråbestørrelse på 250 μm er der ikke større afdrift, selv om væskemængden er 1/10 og koncentrationen i væsken 10 gange større end ved sprøjtning med hydraulisk marksprøjte, litt. (16). Med CDA-sprøjter kan afdrift undgås ved indstilling til en passende stor og ensartet dråbestørrelse.

Håndbårne typer af CDA-sprøjter indstillet til en dråbestørrelse på 250 μm og rettet mod jorden giver ikke afdrift ud over få m. En anden håndbåret type er indstillet til at give dråber fra ca. 70 μm , og den holdes op i luften, så dråberne med vinden føres ind på det, der skal behandles (driftsprøjtning). Der kan tilsættes en olie til sprøjtevæsken, olien beskytter dråberne mod fordampning og øger effekten. Dette er ikke tilladt, medmindre det står på midlernes etikette, og denne metode bruges sandsynligvis ikke længere. Der findes også en traktormonteret CDA-sprøjte af tilsvarende type, som egner sig til f.eks. randbehandling i landbrugsafgrøder ved driftsprøjtning. Uden tilsætning af olie er metoden mindre effektiv, og den anvendes sandsyn-

ligvis ikke, fordi der kun kan bruges midler, som i forvejen er formuleret med olie dvs. emulsioner.

Til behandling i frugtplantager findes tilsvarende en traktormonteret type CDA-sprøjte. Den er afprøvet i forsøg, der viste, at væskemængden kan nedsættes meget ved denne metode, hvorved sprøjtevæskens koncentration bliver større, men den biologiske effekt var ikke helt tilfredsstillende (17, 20). Denne type sprøjte bruges derfor sandsynligvis ikke i danske frugtplantager. Med små dråber kan afdriftens omfang ikke erkendes.

Der sker en stadig udvikling med CDA-fordelere for at øge afsætningen af sprøjtevæske i form af små dråber på planternes blade. Effekten ved at give dråberne en elektrisk ladning er ved at blive undersøgt.

7.6.7. Forgassere (Aerosoler)

Bortset fra aerosoldåser anvendes forgassere kun i lukkede rum. Aerosoldåser anvendes i meget kort afstand fra det, der skal behandles. Dråberne tørrer så hurtigt ud, at de som tørre partikler forsvinder op i luften eller falder på jorden.

7.6.8. Pudderblæsere

Traktormonterede pudderblæsere giver omfattende afdrift, når pudderet med vinden føres ud over afgrøden (driftbehandling). Det har den fordel, at afdriftens omfang lettere kan vurderes, så skader kan undgås, fordi en stor del af pudderet er synlig.

7.6.9. Granulatspredere

Med ensartet partikelstørrelse i granulaterne giver denne form for spredning af plantebeskyttelsesmidler ikke anledning til afdrift.

Der har tidligere været prøvet udstyr til fordeling af mikrogranulater. Der kunne være så stor forskel i partikelstørrelsen af mikrogranulater, at der blev konstateret en betydelig afdrift.

7.7. Sammendrag og vurdering

Sprøjtning er den behandlingsmetode, som alt overvejende anvendes til fordeling af pesticider i jordbruget.

Sprøjtetyper

Hydrauliske marksprøjter er den sprøjtetype, som er fundet mest alsidig til løsning af alle opgaver, der er ved udbringning af pesticider. I landbruget udføres sprøjtninger dels af maskinstationer, dels af de enkelte jordbrugere. Udviklingen går i retning af, at de enkelte jordbrugere selv udfører sprøjtning for at opnå fuld udnyttelse af midlernes virkning.

Generelt anvendes marksprøjterne med spredebom. Sprøjtens indstilling med bomhøjde, væsketryk og sprøjtevæskens forstøvningsgrad må tilpasses til de enkelte opgaver. Inden for jordbruget kan bomhøjden variere fra 0,5 m til 5 m, og forstøvningen kan variere fra dråber, der har karakter af tung regn til dråber, der har karakter af tåge. Sprøjtevæskens koncentration, forstøvningsgrad, retning og spredehøjde har betydning for, hvor meget der afsættes på skadevolderen eller på omgivelserne. Tågesprøjter og andre typer af specialsprøjter, der ligeledes arbejder med høj koncentration af sprøjtevæske, anvendes både i landbrug, gartneri, skovbrug og frugtavl. Ved sprøjtning af buske og træer med sprøjtelanse eller med tågesprøjte kastes en del af sprøjtevæsken, lige så højt op i luften som ved flysprøjtning.

Krav til justering af sprøjter

En ensartet fordeling af midlerne fra planteværnsudstyret er nødvendig for at undgå overdoseringer, som vil være en unødigt belastning for såvel afgrøde som omgivelser. Set ud fra et biologisk synspunkt er det nødvendigt, at dosis udbringes med en variation, der ikke overstiger 30% af den fastsatte dosering, og ønskeligt, at den ikke overstiger 10%.

Det planteværnsudstyr, der findes på markedet, er forbedret stærkt gennem de senere år, men selv med det nyeste udstyr af hydrauliske marksprøjtninger er det ofte ikke muligt at udbringe midlerne tilstrækkelig jævnt. Det er navnlig spredebommenes bevægelser under kørslen, der er årsag til ujævn fordeling. På mange ældre typer af sprøjter bliver væsken ikke omrørt tilstrækkelig.

Vejledning om en hensigtsmæssig sprøjteteknik omhandler indstilling af udstyret med det formål at få størst mulig gavn af pesticiderne uden at forårsage skade på det omgivende miljø. Indstilles udstyret bedst muligt, kan effekten af midlerne øges, så dosis kan reduceres, hvilket kan spare udgifter for jordbrugerne og reducere belastningen af miljøet. For at skabe en høj effekt går udviklingen i retning af at anvende små dråber, en lille væske-

mængde og mere koncentreret sprøjtemiddel. Denne teknik øger risikoen for at forårsage skader på omgivelserne.

Skader ved afdrift

Det mest kontroversielle forhold mellem jordbrug og miljø ved udbringning af pesticider er risikoen for at forårsage skader på omgivelserne ved afdrift. Skal der særlige foranstaltninger til for at undgå afdrift, vil foranstaltningerne som regel altid medføre nedsat effekt. Skal man vente, til vinden bærer fra følsomme kulturer eller spiselige afgrøder, kan planternes udviklingstrin og klimatiske betingelser for optimal virkning hurtigt forpasses, og ofte vil det medføre, at sprøjtning slet ikke bliver mulig.

Pesticider, der afsættes uden for det sprøjtede areal, betegnes som afdrift, og ud fra dråbestørrelsesfordelingen kan risiko for afdrift vurderes. Den procentdel af sprøjtevæsken, der fordeles i form af dråber mindre end 150 μm , angiver hvor stor afdrift der kan forventes. Afdriften kan variere meget alt efter vindhastighed og spredenhøjde og dermed alt efter behandlingsmetoden.

Der er udført målinger over afdriftens omfang ved sprøjtning med marksprøjte. Målingerne viser skadelige rester på naboafgrøder i op til 80 m afstand fra det sprøjtelige areal ved en bomhøjde på 40 cm og en vindhastighed på 6 m pr. sek. Målingerne kan være forskellige alt efter den metode, der er anvendt ved opsamling af afdriften. I adskillige tilfælde mangler grundlæggende viden på dette område som f.eks. tætheden i luften af indtørrede partikler fra fordampede dråber. Endvidere mangler oplysninger om afdriftens omfang ved flere behandlingsmetoder, herunder tågesprøjtning i frugtplantager, og sprøjtning i private haver og offentlige anlæg. Ved sprøjtning med marksprøjte kan afdrift undgås, hvis brugerne forstår at indstille udstyret rigtigt. Til trods herfor forårsages mange skader som følge af afdrift hvert eneste år. Langtfra alle skader erkendes, fordi det kun er ved sprøjtning med herbicider, der forårsager deform vækst af planter, at skaderne bliver synlige. Der mangler officielle oplysninger om, hvilke afstande i vindretningen der er nødvendige, for at skader kan undgås.

Kurser i udbringningsteknik

Det vurderes, at en vis uddannelse af brugeren, der anvender planteværnsudstyr, er nødvendig for at kunne indstille udstyret korrekt. Dels for at

opnå optimal effekt af midlerne, så dosis muligvis kan nedsættes, og dels for at undgå skader opstået ved afdrift eller overdosering, samt vurdering af risiko for helseskade ved sprøjtingens udførelse. Muligheder for uddannelse omtales i kapitel 8.

7.8 Litteratur

1. Akesson Norman, B., Yates Wesley, E. 1974. The use of aircraft in agriculture. Food and agriculture organisation of The United Nations 94, 1-217.
2. Anonym. 1985. Oversigt over godkendte Bekæmpelsesmidler. Miljøstyrelsen, Strandgade 29, Kbhv. K, 1-197.
3. Byass, J.B. and Lake, J.R. 1977. Spray Drift from a Tractorpowered Field Sprayer. Pestic. Sci. 1977, 8, 117-126.
4. Dansk Standardiseringsråd 1974. Marksprøjter. Afprøvningsmetode til bestemmelse af kapacitet og karakteristik. Dansk Standard, DS. 6023, 1-8.
5. Elliott, J.G. 1983. The influence of weather on the efficiency and safety of pesticide application. The drift of herbicides. Occasional Publication No. 3. The British Crop Protection Council, 1-135.
6. Gohlich, von H. (et al.). 1979. Einfluss klimatischer und gerätetechnischer Faktoren auf die Drift im Pflanzenschutz. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutz. 31(1), 1-9.
7. Hagenvall, H., Svensson K. 1982. Nordisk projekt. Utredning och undersökningar av växtskyddsutrustning, Biologi, teknik, arbetsmiljö. Rapport 76. Institutionen for arbetsmetodik och teknik. Sveriges lantbruksuniversitet Ultuna, Uppsala.
8. Kristensen, Hans (et al.). 1985. Planteværn i landbruget, 1-12. Landbrugets Informationskontor, 52-53.
9. Nordby, A. (et al.). Nordisk Projekt. Utredning og undersøkelser med plantevernutstyr.
 1. Plantevernsmidler. 1980. Nr. 598, 1-32.
 2. Generelt om metoder og udstyr 1979. Nr. 597, 1-83.
 3. Åkersprøyter. 1979. Nr. 599, 1-200.
 4. Sammendrag konklusjoner og tilrådninger. 1980. Nr. 600, 1-52.

Stensiltryk fra Landbruksteknisk Institutt Ås. NLH, Norge.

10. Nordby, A. og Skuterud, R. 1974. The effect of boom height, working pressure and wind speed on spray drift. *Weed Research* 14, 385-395.
11. Nordby, A. Lund-Høje, K. 1976. Laukratetsprøying av Plantefelt. Avdrift ved sprøyting fra Helikopter. *Norsk Skogbruk* nr. 6/7-1976.
12. Permin, O. 1979. Sprøjtetekniske faktorerers indflydelse på plantebeskyttelsesmidlernes virkning. *Statens Planteavlsforsøg. Beretning* nr. S1469. 49 pp.
13. Permin, O. 1980. Forskellige metoder til at undgå afdrift ved marksprøjtning, og virkning på ukrudt ved sprøjtning med herbicider. *Tidsskr. f. Planteavl* 84, 75-88.
14. Permin, O. 1982. Virkning af reduceret væskemængde og dosis på afdriftens omfang og ukrudt. I *Systemiske herbicider. Tidsskr. f. Planteavl* 86, 151-165.
15. Permin, O. 1983. Fordeling af bladherbicider med hydrauliske dysetyper. *Tidsskr. f. Planteavl* 77, 69-96.
16. Permin, O. 1983. Resultater af orienterende forsøg med CDA-fordeling 1982. *Tolvmandsbladet*, 1, 23-26.
17. Vang-Petersen, O. 1982. Spraying of apple trees with air mist blower and Ultra Low Volume sprayer with normal and reduced amounts of pesticides. *Tidsskr. f. Planteavl* 86, 255-295.
18. Rasmussen, Højgård, P. (et al.). 1985. Marksprøjtning. *Landbrugets Informationskontor*, 1-27.
19. Tønnesen, Aa. 1981. Undersøgelser af dyser til marksprøjter. *Statens Jordbrugstekniske Forsøg. Beretning* nr. 9, 49 pp.
20. Tønnesen, Aa. 1981. Undersøgelser af ULV- sprøjteteknik. *Statens Jordbrugstekniske Forsøg. Beretning* nr. 8, 1-25.
21. Way, J.M. 1962. The effects of sublethal doses of MCPA the morphology and yield of vegetable crops. I *Lettuce Weed Research* 2, 233-246.

8. OPLYSNING, UNDERVISNING OG EFTERUDDANNELSE

A. From Nielsen

Planteværnscentret

Planteværnsafdelingen på Godthåb

8660 Skanderborg

A. Nøhr Rasmussen

Planteværnscentret

Institut for Pesticider

2800 Lyngby

Det ret store udbud af pesticider, der kan anvendes i planteproduktionen, medfører et stort behov for oplysning og undervisning om den mest hensigtsmæssige anvendelse, både set ud fra et økonomisk og et miljømæssigt synspunkt.

Erhvervsorganisationerne, erhvervsskolerne og Statens Planteavlsforsøg udfører da også løbende et betydeligt arbejde for at tilgodese det stigende behov for undervisning og efteruddannelse. I det følgende omtales kort nogle af disse aktiviteter.

Landbrugs- og havebrugsskolerne

Både på grundskole og ved driftslederkurser indgår plantebeskyttelsen som en integreret del af undervisningen. Fra 1986 indgår endvidere på landbrugsskolerne et specielt kursus med henblik på opnåelse af "sprøjteførerbevis".

Brancheudvalget for jordbrugets arbejdsmarkedsuddannelser

Brancheudvalget arrangerer forskellige kurser blandt andet vedrørende plantebeskyttelse. Kurserne, der afholdes på specialarbejderskolerne, tilbydes inden for alle jordbrugets driftsgrene. Kurserne, der varer 14 dage, er åbne for alle, der søger beskæftigelse ved jordbruget.

Havebrugsskolerne

afholder hvert år kurser af 3-5 dages varighed med henblik på efteruddannelse af erhvervets udøvere. Også ved disse kurser indgår plantebeskyttelsen som en del af programmet.

Landbrugets Informationskontor

tilbyder i samarbejde med Landboorganisationernes Faglige Landscenter og landbrugsskolernes specielle efteruddannelseskurser - "en uge på landbrugs-

skole". Disse kurser er oftest afgrødeorienterede, hvor plantebeskyttelsen indgår som en del af programmet. De kan dog være specielt rettet mod anvendelse af pesticider.

Landbrugets Informationskontor udgiver endvidere forskelligt kursusmateriale og en lang række pjecer, der også omfatter plantebeskyttelse. Blandt det udgivne materiale kan anføres "Planteværn i landbruget", der giver en omtale af plantebeskyttelsesmidlerne samt en vejledning i anvendelsen.

Landboorganisationernes lokale konsulenttjeneste

I de lokale landbo- og husmandsforeninger gennemføres hvert år et stort antal markforsøg bl.a. med pesticider. Resultaterne af disse forsøg danner - sammen med resultater fra Statens Planteavlsforsøg - grundlag for den faglige vejledning bl.a. vedrørende plantebeskyttelse.

De lokale konsulentcentre har stor betydning for efteruddannelse af driftsledere. Der arrangeres korte kurser, afholdes markvandring og forskellige møder. Der udsendes forskelligt informationsmateriale, avlerbreve m.v. Den individuelle vejledning med bl.a. bedriftsbesøg spiller en væsentlig rolle.

Havebruksorganisationernes konsulenttjeneste

Havebrugets Plantebeskyttelsesudvalg gennemfører hvert år en lang række forsøg med pesticider. Resultaterne samles i en beretning, som udsendes til erhvervets konsulenter.

Disse resultater danner, sammen med resultater fra Statens Planteavlsforsøg, grundlaget for konsulenternes faglige artikler og foredrag vedrørende plantebeskyttelse. Vigtigt i denne forbindelse er gartnerierhvervets klubber, som er kulturorienteret. Disse klubber afholder gartnerivandring, mødeaftener etc., hvori konsulenterne deltager.

Landboorganisationernes faglige Landscenter

Landskontoret for Planteavl samler, bearbejder og udgiver "Beretning over planteavlsarbejdet i de landøkonomiske foreninger". Beretningen udkommer hvert år, og sammendrag og oversigter samles i "Oversigt over landsforsøgene". Materialet har stor vejledningsværdi, også på plantebeskyttelsesområdet. Materialet anvendes i vid udstrækning ved forskellige møder.

Der arrangeres de såkaldte "sprøjtekurser", der er dagskurser specielt rettet mod anvendelse af pesticider. Der afholdes et kursus pr. region hvert år. Landskontoret udarbejder forskellige oversigter og artikler, holder en lang række foredrag og medvirker ved kurser og møder.

"Markstyring", der fuldt udbygget er et EDB-baseret styringsredskab for produktionen i den enkelte mark, er udviklet af Landskontoret for Planteavl. I dette system søges indarbejdet et af Statens Planteavlsforsøg udviklet varslingsprogram for bekæmpelse af plantesygdomme og skadedyr, foreløbig i byg. Landskontoret udarbejder endvidere forskelligt materiale til støtte for de lokale planteavlskonsulenter, bl.a. oplæg til telefonavis og "Planteavlsorientering". Sidstnævnte indeholder aktuelt nyt fra ind- og udland.

Ligeledes med henblik på efteruddannelse af planteavlskonsulenterne afholdes forskellige møder og 1-dages kurser.

Kursusinstitutionen Tune Landboskole og kursusinstitutionen Koldkærgård Landboskole

Disse institutioner afholder hele året kurser af 1 uges varighed. Kurserne, der omhandler alle emner inden for jordbrugserhvervet, herunder plantebeskyttelse, tager specielt sigte på efteruddannelse af rådgivere og lærere inden for jordbruget.

Kurserne tilrettelægges i samarbejde med brugerne, hvorved der sikres en meget høj grad af aktualitet. Efteruddannelsen tillægges stor betydning og udnyttes i vid udstrækning.

Dansk Erhvervsgartnerforening, Dansk Erhvervsfrugtavl og Dansk Plante-skoleejerforening

Disse foreninger arrangerer 1-2-dages kurser i plantebeskyttelse for erhvervets udøvere. Kurserne afholdes efter behov.

Statens Planteavlsforsøg

Planteværnscentret udarbejder og udsender "Planteværnsmeddelelser", der omhandler prognose og/eller varslings for bekæmpelse af plantesygdomme og skadedyr. Disse meddelelser sendes primært til planteavlskonsulenterne. Resultaterne af forsøg og undersøgelser offentliggøres i "Tidsskrift for Planteavl" og "Meddelelser". Planteværnscentret udgiver desuden vejledninger for

plantebeskyttelse i de vigtigste landbrugsafgrøder og "Grønne Blade", der omhandler plantepatologiske emner i en kortfattet, populær form. Endvidere udarbejdes der forskellige oversigter og en lang række artikler i fagblade og fagbøger.

"Dansk Planteværnskonference", der planlægges og afholdes af Planteværnscentret, er et 2-dages møde, hvor de nyeste resultater fremlægges. Konferencen er åben for alle, men deltagerne er i hovedsagen personer fra rådgivningstjenesten og forskningsinstitutionerne.

Ved Planteværnscentrets afdelinger udføres et ret omfattende diagnostiseringsarbejde på indsendte planteprover, hovedsagelig fra rådgivningstjenesten. Der ydes ligeledes en omfattende telefonservice for erhvervsorganisationernes fagkonsulenter. Endelig medvirkes ved kurser og ekskursioner, og der holdes en lang række foredrag om emnet plantebeskyttelse.

Miljøstyrelsen

afholder kurser i brugen af Tx-midler, de såkaldte "rygekurser". Det er dagkurser, der afsluttes med en skriftlig prøve, der skal bestås for at opnå tilladelse til indkøb og brug af midler i fareklassen "meget giftig" samt brug af "giftige" midler i tågesprøjte i væksthuse.

Kurserne, der afholdes en gang årligt på de 3 havebrugsskoler Beder, Søhus og Vildvorde, indgår som et led i den teoretiske uddannelse af væksthushusgartnere.

Kurserne omfatter bl.a. lovgivning, personlige værnemidler og udbringningsteknik.

Miljøstyrelsen har endvidere de senere år arrangeret 1-dages kurser vedrørende muldvarpebekæmpelse. Disse kurser afsluttes med en skriftlig prøve. Den opnåede tilladelse gælder i 3 år.

Fremtiden

De ovennævnte aktiviteter vil formentlig blive øget i de kommende år. Dertil kommer, at datateknikken uden tvivl fremover i stedse stigende grad vil blive udnyttet i informations- og vejledningstjenesten. Som et led i denne udvikling arbejder såvel Statens Planteavlsvforsøg som Landskontoret for Planteavl med projekter vedrørende informatik i jordbruget, herunder bl.a. opbygning af en informationsdatabase for planteværnsrådgivning og database til brug ved produktionsstyring.

9. PROBLEMER VED PESTICIDANVENDELSEN

Anvendelse af pesticider medfører risiko for en række utilsigtede effekter umiddelbart i forbindelse med udbringelsen såvel som på længere sigt.

De umiddelbare konsekvenser er vurderet ved de betingelser, der fastsættes for godkendelse og anvendelse af midler.

De sikkerhedsmæssige og miljømæssige krav til pesticider fastsættes af Miljøstyrelsen og skal sikre, at en forskriftsmæssig anvendelse af pesticider ikke medfører risici for de mennesker, som arbejder med pesticiderne. De skal ligeledes sikre, at der ikke er risici i forbindelse med anvendelse af de behandlede afgrøder, samt at de miljømæssige påvirkninger holdes på et acceptabelt niveau.

Hvor forskrifterne ikke følges, vil der kunne opstå umiddelbart negative effekter ved pesticidanvendelsen som f.eks. forgiftning af bier, overskridelse af fastsatte grænseværdier for indhold af pesticider i planteprodukter eller skade på afgrøder. Disse forhold vil forholdsvis let kunne registreres.

Det er derimod yderst vanskeligt at fastslå en evt. diffus langsigtet påvirkning af flora og fauna, en evt. langsom nedsivning af pesticidrester til dræn- og jordvand eller en langsom stigning i den generelle baggrundsbelastning af disse stoffer i vores omgivende miljø.

Pesticiders indflydelse på planteproduktets kemiske sammensætning og pesticidernes indflydelse på mikrofloraen i jord og på planter er andre forhold, som kun i ringe grad er belyst, og som samtidig er vanskelige at påvise.

Ved stadig anvendelse af pesticider er udvikling af pesticidresistens hos skadegørere et andet aspekt af betydning. Den udbredte stuefluebekæmpelse, som blev indledt i midten af dette århundrede, medførte hurtigt udvikling af resistente stuefluer, og dermed blev mulighederne for en effektiv bekæmpelse stærkt reduceret. Lignende, men mindre udtalte eksempler, kendes blandt ukrudt, sygdomme og skadedyr.

Den effektive skadegørerbekæmpelse, som kan opnås ved anvendelse af pesticider, kan også medføre positive langsigtede effekter - f.eks. vil en effektiv ukrudtsbekæmpelse ikke alene medføre umiddelbar gevinst, men indebærer også, at den totale ukrudtsbestand bliver reduceret på længere sigt. Et mindre hensigtsmæssigt forhold i denne forbindelse er, at ukrudtssammensætningen samtidig ændres imod arter, der er vanskelige at bekæmpe med de i praksis mest anvendte midler.

9.1. Planter og planteprodukter

E. Kirknel og P. Odgaard

Planteværnscentret

Analyselaboratoriet for Pesticider

Flakkebjerg, 4200 Slagelse

- 9.1.1. Generel problematik vedrørende rester af pesticider i planter
- 9.1.2. Grænseværdier, ADI-værdier
- 9.1.3. Overholdes disse grænseværdier?
- 9.1.4. Rester af pesticider i plantedele, som ikke anvendes til konsum og foder
- 9.1.5. Resultater af danske undersøgelser over pesticiders nedbrydning i planter
 - 9.1.5.1. Fungicider og insekticider
 - 9.1.5.2. Herbicider
- 9.1.6. Pesticiders indflydelse på næringsværdi
 - 9.1.6.1. Korn
 - 9.1.6.2. Kartoffler
 - 9.1.6.3. Konklusion

9.1.1. Generel problematik vedrørende rester af pesticider i planter

Pesticider efterlader rester i planten, efter at den er behandlet. Umiddelbart efter behandlingen sker der dels en nedbrydning af pesticidet og dels en fortynding af pesticidet, når planten vokser i volumen. Nedbrydningen resulterer i dannelse af nedbrydningsprodukter, som oftest er mindre giftige end det oprindelige pesticid, men også kan være giftigere. Nedbrydningsprodukterne benævnes ofte metabolitter. Ved undersøgelser af planten for rester af pesticider tages der højde for, om metabolitterne er giftige eller uden toksikologisk interesse. I fald metabolitterne er giftige, sker der ligeledes en bestemmelse af disses koncentration i planten. Kemisk analyse af pesticider samt eventuelle metabolitter kaldes restkoncentrationsundersøgelser. Udtages med passende tidsinterval prøver i en sprøjtet afgrøde til restkoncentrationsundersøgelse, kan der fremstilles en nedbrydningskurve. Den af væksten fremkaldte fortynding, plantens evne til at nedbryde pesticidet samt plantens form (f.eks. overflade, blomkål/korn) er forskellig fra plante til plante. Derfor har samme pesticid forskellig nedbrydningskurve på forskellige plantearter og derfor kan man ikke nøjes med at fremstille en nedbrydningskurve gældende for pesticidet, men må fremstille den for de plantearter og de dyrkningsvilkår, der er aktuelle.

Nedbrydningskurven er ofte af en sådan beskaffenhed, at en vis del af pesticidet forsvinder i et bestemt tidsrum. Vælges denne del til halvdelen, kan man fremstille et udtryk for, hvilken tid der skal forløbe, før halvdelen af pesticidmængden forsvinder. Hvis vi eksempelvis forestiller os, at der ved påsprøjtning af et pesticid på gulerødder, dvs. den første dag, er en restkoncentration på 4 ppm (4 dele pesticid for hver million dele gulerod), og der den tredje dag (efter 2 døgn) er 2 ppm tilbage, er halveringstiden (fra 4 ppm til 2 ppm) 2 dage. Efter yderligere 2 dage er restkoncentrationen nede på 1 ppm (fra 2 ppm til 1 ppm). Det ses således, at det ikke er den samme mængde, men en vis brøkdel, her halvdelen, der forsvinder i samme tidsinterval. Der ses således altid at være en lille rest tilbage i de behandlede planter. Skal vi anvende pesticider, må vi acceptere denne rest. Denne problematik er ikke ukendt fra andre forhold i hverdagen. Vi må acceptere en vis mængde nitrat i drikkevandet, som vel at mærke skal være så lille, at den ikke skader os. Hvor lille skal denne restkoncentration være? Da giftvirkningen er afhængig af dosis, skal den selvfølgelig være så lille som overhovedet mulig. Dette forhold gøres der rede for i 9.1.2.

Men jordbrugeren må have nogle faste holdepunkter for, hvor lang tid der skal gå imellem behandling af afgrøden med pesticid og høsttidspunktet. Denne tid kaldes karenstid eller sprøjtefrist og udtrykkes i dage. Statens Levnedsmiddelinstitut og Statens Planteværnscenter udfører det, som kaldes kontrollerede sprøjteforsøg, hvor nye pesticiders nedbrydningskurver bliver fastlagt på bestemte afgrøder. Miljøstyrelsen fastlægger, bl.a. på baggrund af disse data, sprøjtefristerne. Disse sprøjtefrister angives på pesticidemballagen og skal absolut overholdes. Se nærmere herom 9.1.2. og 9.1.3.

De klimatiske forskelle fra år til år, eller snarere de klimatiske forskelle fra år til år i dele af vækstperioden, vil give forskellig vækst og dermed forskellig fortyndingseffekt. Dette kan, under dårlige vækstforhold, resultere i højere rester end under gode vækstforhold. Disse ting tages der højde for ved fastsættelse af sprøjtefristen.

9.1.2. Grænseværdier, ADI-værdier

Ved en grænseværdi af et givet pesticid i et næringsmiddel (vegetabilsk eller animalsk) forstås den koncentration af pesticidet, som ikke må være overskredet på det tidspunkt, hvor det pågældende næringsmiddel distribueres til konsum eller til fødevarerfremstilling.

Der er her i landet fastsat grænseværdier for en række pesticider, hvis anvendelse kan medføre rester i næringsmidler (Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 1 af 5. januar 1982). Også internationalt (EF og FAO/WHO) er der fastsat sådanne værdier, der ofte er retningsgivende for de enkelte landes myndigheder i tilfælde, hvor nationale grænseværdier ikke er fastsat.

Grundlaget for fastsættelse af en grænseværdi er i hovedtræk følgende: Der gennemføres fodringsforsøg med forskellige pattedyrarter. Herigennem finder man frem til den mængde af pesticidet, som dyret kan indtage dagligt over lange tidsrum uden at påvirkes, den såkaldte "No Effect Level". Ved at gange med en sikkerhedsfaktor (fra 1/10 til 1/100) fås den mængde af det givne pesticid, som det skønnes forsvarligt, at et menneske dagligt indtager gennem hele livet, kaldet ADI (Acceptable Daily Intake). For et næringsmiddel, f.eks. en grønsag, kan grænseværdien dernæst beregnes ud fra ADI og forbrugsmønstret af den pågældende grønsag. Her tages også hensyn til sammensætningen af vegetarkost.

Inden et pesticid kan godkendes til brug i en bestemt afgrøde, kræves som nævnt under 3.2. dokumentation for, hvilke rester der maksimalt vil være

i den salgsklare afgrøde, når "god landbrugsmæssig praksis" er tilgodeset. Denne dokumentation fremskaffes normalt af forhandler/importør, men kan også være et resultat af forsøg og analyser ved Statens Planteværnscenter. Om nødvendigt fastlægges en sprøjtefrist (karenstid), der skal sikre, at der ikke forekommer for høje rester ved høst af afgrøden. Såfremt den gode landbrugsmæssige praksis resulterer i rester væsentlig lavere end en grænseværdi svarende til ADI for det pågældende pesticid, vil en eventuel grænseværdi blive fastsat på det lavere niveau.

Ligeledes skal der, hvis pesticidet ønskes markedsført til brug i foder-afgrøder, skaffes dokumentation for, at der ikke under iagttagelse af god landbrugsmæssig praksis vil være risiko for overskridelse af grænseværdier i de animalske produkter, som anvendes til konsum.

9.1.3. Overholdes disse grænseværdier?

Normalt anvendes der pesticider i afgrøder bestemt til humankonsum eller husdyrfoder.

For at sikre, at de i planten stadig forekommende pesticidrester holdes på et forsvarligt lavt niveau, først og fremmest ved overholdelse af sprøjtefristerne, foretager Statens Levnedsmiddelinstitut i samarbejde med Landsdelslaboratorierne en kontrol af hjemmeproduceret og importeret frugt og grønt til humankonsum. Denne kontrol findes ikke for foder til husdyr undtagen for importeret kraftfoder, hvor der især søges efter pesticider, der kan ende i smør, mælk og kødprodukter fra de fodrede dyr.

Markedskontrollen for frugt og grønt kan kun blive en stikprøvekontrol, da hjemmeproduktionen i 1980 var på 660.000 tons og importen på 290.000 tons. I 1980 blev der således udtaget 1 prøve pr. 394 tons hjemmeproduceret og pr. 1.362 tons importeret frugt og grønt. Der er flest overskridelser af grænseværdierne for importeret produktion. I 1976/78 androg overskridelserne her 4-6%, i 1981 under 2%. Hjemmeproduktionen havde i 1976/78 fra 1-2% overskridelser. I 1981 var andelen under 1%. Det ses således, at overskridelserne har en faldende tendens.

9.1.4. Rester af pesticider i plantedele, som ikke anvendes til konsum eller foder

Når plantedele ikke anvendes til konsum eller foder, vil de ifølge sagens natur ikke udgøre sundhedsmæssige risici, selv om de eventuelt indeholder pe-

sticidrester. Som væsentlige andre anvendelsesområder kan nævnes frø til udsæd, tekstilfibre, planter til dekorative formål samt gavntræ og brænde, herunder halm og flis til opvarmningsformål.

Halm til strøelse bør principielt betragtes som et fodermiddel, fordi den ofte ædes af dyrene.

Halm og stubrester (ikke afbrændt), kartoffeltop o.l., affaldne blade samt alle roddele, der ikke finder anvendelse, udgør en heterogen gruppe, som har det tilfælles, at de føres direkte tilbage til jorden med deres eventuelle pesticidindhold. Der kan dog være tale om en forudgående kompostering, som generelt må antages at have en nedbrydende effekt på pesticider.

Både direkte og indirekte tilbageførsel af planterester til jorden anses i de fleste sammenhænge for at være gavnlig. I "pløjelaget" foregår en kraftig omsætning af organisk stof. Også pesticidrester nedbrydes (nærmere omtalt under 9.2.).

Skadevirkninger kan imidlertid ikke i alle tilfælde udelukkes. Såfremt rester af pesticider eller vækstregulerende stoffer frigøres i væsentligt omfang, er der mulighed for, at den efterfølgende afgrøde hæmmes i spiring eller vækst.

Eksempelvis har der fra praksis af og til været fremført klager over skader i visse afgrøder, som man mente skyldtes herbicidrester i halm anvendt til jorddækning.

Til belysning heraf er der i 1985 udført pottforsøg med jord iblandet hvede og bygghalm fra parceller, hvor kornet var sprøjtet med dichlorpicolin-syre i juni eller glyphosat kort før høst. Begge stoffer gav skade på forskellige testplanter. Altså kan de under visse forhold frigives i tilstrækkelig mængde til at forårsage skader.

Et andet eksempel vedrører også glyphosat, som må anvendes i korn indtil 10 dage før høst. Rester på kornet udgør således ikke en sundhedsmæssig risiko; men i efteråret 1984 viste der sig i mange udsædspartier af vinterbyg en unormal spiring. En nærmere undersøgelse viste en statistisk sikker sammenhæng mellem glyphosatbehandling og unormal spiring. Forsøgs-mæssigt blev den samme effekt klart påvist.

9.1.5. Resultater af danske undersøgelser over pesticiders nedbrydning i planter

9.1.5.1. Fungicider og insekticider

Statens Levnedsmiddelinstitut og Statens Planteværnscenter udfører som omtalt under 9.1.1. kontrollerede sprøjteforsøg for at vurdere, hvilke rester af pesticider der kan forventes ved regelret anvendelse.

Tabel 1 viser et udvalg af forsøgsresultaterne for fungicider og insekticider i korn og roer. Det bemærkes, at der i de fleste tilfælde er mange gange højere rester i halmen end kernen. Som nævnt tidligere eksisterer der ikke en markedskontrol for hjemmeavlet foder, endsige faste grænseværdier. Hvorvidt de tilsigtede restindhold i hjemmeavlet foder overholdes, kan der ikke siges noget sikkert om. På dette område har myndighederne kun interesseret sig for rester af pesticider i de færdige produkter, dvs. mælkeprodukter og kød. For mælkeprodukter undersøges hovedsagelig for chlorerede pesticider (DDT, dieldrin, lindan o.l.). Disse pesticider stammer fra importeret kraftfoder, som analyseres for pesticidrester af Statens Foderstofkontrol. Animalsk fedt analyseres ligeledes for chlorerede pesticider, medens kød tidligere blev analyseret for organophosfaster, carbaryl, 2,4-D, 2,4,5-T og dichlorprop.

På grund af, at rester i kød ikke har kunnet konstateres, er disse analyser ophørt fra 1980.

I tabel 2 er vist maximalt forventede restindhold af fungicider og insekticider i dansk produceret frugt og grønt. Alle værdier holder sig under de af Miljøstyrelsen tilladte maximale grænseværdier. Statens Levnedsmiddelinstitut og Landsdelslaboratorierne foretager en stikprøvekontrol af bl.a. frugt og grønt, og resultater fra disse undersøgelser viser, at de aktuelle restindhold i de fleste tilfælde ligger langt under de forventede.

9.1.5.2. Herbicider

I de fleste tilfælde sker ukrudtsbekæmpelse på et tidligere tidspunkt end bekæmpelse af plantesygdomme og skadedyr. Derfor kan forekommende rester af herbicider generelt set forventes at være mindre end rester af de øvrige pesticider; men det må ikke tages som en regel.

Tabel 1

Eksempler på pesticidindhold i korn og roer. Statens Levnedsmiddelinstitut og Statens Planteværnscenters kontrollerede sprøjteforsøg. Koncentrationen angivet i ppm. (mg/kg).

Pesticid		Afgrøde	Korn		Roer		Bemærkninger
			strå	kerne	top	rod	
Azinphos							
Metyl	(i)	roer				0,05	
Benomyl	(f)	byg	1,04	<0,1			
Bromophos	(i)	roer				0,01	
Carbofuran	(i)	kålroer				0,03	
Carbofuran	(i)	roer				0,03	
Diazinon	(i)	kålroer			<0,005	<0,005	
Fenvalerat	(i)	byg	6,2	0,15			Halmen må ikke opfodres
Maneb	(f)	hvede	4,4-11,4	0,17-0,5			
Metiram	(f)	hvede	6	0,01			
Oxycarboxin	(f)	hvede	1	<0,1			
Parathion	(i)	byg		<0,01			Ensileres grøn byg (helsæd), stopper nedbrydningen af pesticider. Sprøjtefristen skal overholdes.
Parathion	(i)	kålroer				0,01	
Prochloraz	(f)	byg	0,46	0,02			
Triadimefon	(f)	byg	0,23	0,02			
Tridemorph	(f)	byg	<0,2	<0,2			
Zineb	(f)	hvede	5,38	<0,1			Ikke normal anvendelse, men illustrerer forholdet imellem strå og kerne.

(f) = fungicid
(i) = insekticid

Tabel 2

Eksempler på pesticidindhold i frugt og grønsager i Statens Levnedsmiddelinstitut og Statens Planteværnscenters kontrollerede sprøjteforsøg. Koncentrationen angivet i ppm (mg/kg).

Pesticid		Afgrøde	ppm
Benomyl	(f)	æbler	0,8
Benomyl	(f)	jordbær	0,44
Carbofuran	(i)	hvidkål	0,05
Cypermethrin	(i)	gulerødder	0,002
Diazinon	(i)	gulerødder	0,5
Dimethoat	(i)	æbler	1,5
Fenarimol	(f)	æbler	0,07
Fenarimol	(f)	solbær	0,7
Fenarimol	(f)	jordbær	0,23
Fenitrothion	(i)	jordbær	<0,005
Fenvalerat	(i)	blomkål	0,17
Iprodion	(f)	agurk	0,35
Permethrin	(i)	blomkål	<0,005
Permethrin	(i)	gulerødder	<0,01
Thiabendazol	(f)	tomater	0,7
Thiabendazol	(f)	jordbær	0,6
Triadimefon	(f)	æbler	<0,03
Triadimefon	(f)	solbær	0,2
Vinclozolin	(f)	tomater	1,0

Frugt og grønsager

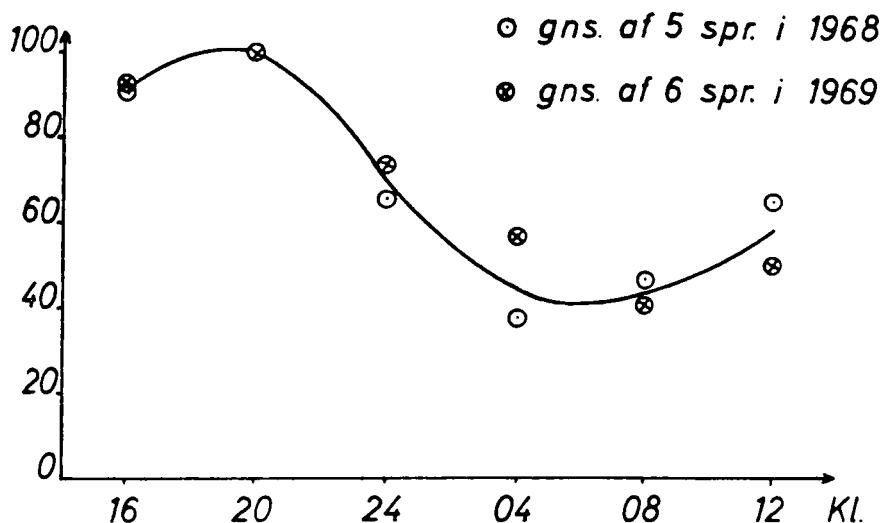
Der er i de sidste 20 år foretaget en mængde undersøgelser over restindholdet af herbicider efter forsøgsbehandlinger i frugt- og grønsagsafgrøder. Ofte er der på høsttidspunktet meget små eller upåviselige rester ved forskriftsmæssig brug af herbiciderne. Som et eksempel herpå kan nævnes linuron i gulerødder. Ved normale doseringer og sprøjtetidspunkter samt normal optagningstid ligger indholdet typisk under 0,05 mg/kg. Udsættes sprøjtetids-

punktet væsentligt, eller er der tale om gulerødder til tidlig optagning, kommer linuronindholdet op i nærheden af 0,2 mg/kg, som er grænseværdien for linuron i rodfrugter.

Carbetamid og chloroxuron er eksempler på midler med en kort persistenstid i jorden. Ved regelret behandling af jordbær har der ikke kunnet påvises rester i bærrerne. Lenacil, der også må bruges i jordbær, men ikke efter 20. april, har en lang persistenstid i jorden. Ved regelret anvendelse er der heller ikke fundet rester af dette herbicid i bærrerne, dvs. indholdet er under 0,05 mg/kg, hvorimod der efter sprøjtning sidst i maj er fundet op til 0,3 mg/kg.

Anvendelse af jordherbicidet propyzamid er ikke tilladt i salat, men er forsøgsmæssigt afprøvet. I salathovederne blev der målt fra under 0,02 (påvisningsgrænsen) til 0,08 mg/kg. Følgende forhold så ud til at have øgende effekt på indholdet: 1) nedharvning af midlet, 2) stigende dosering og 3) udsættelse af sprøjtetidspunktet.

Til nedvisning af kartofler anvendes svidningsmidlet diquat. Dette medfører påviselige rester af diquat i knoldene, men indholdet kan minimeres. Flere faktorer har betydning herfor, en af de vigtigste er tidspunktet af døgnet for sprøjtningens udførelse.



Figur 1. Relativ diquatrest i kartoffelknolde.

Af figur 1 ses, at den laveste rest opnås ved sprøjtning om morgenen. Det hænger sammen med, at den hurtigste dræbning af toppen sker, mens det er lyst, og den hurtigste visning er ensbetydende med en mindre transport ned til knoldene.

Den anden faktor er en optimal dosering, ikke mindre, da det vil resultere i ufuldstændig eller væsentlig langsommere visning og dermed større transport. En overdosering er selvsagt ingen interesseret i.

En tredje faktor er planternes vandforsyning. Specielt ved begyndende tørke er der større fare for transport af diquat til knoldene end under gode vækstforhold.

Foderafgrøder

Her skal omtales fenoxysyrer (hormonmidler). Disse midler har en sprøjtefrist på kun 2 uger. Herefter må afgrøden anvendes til foder.

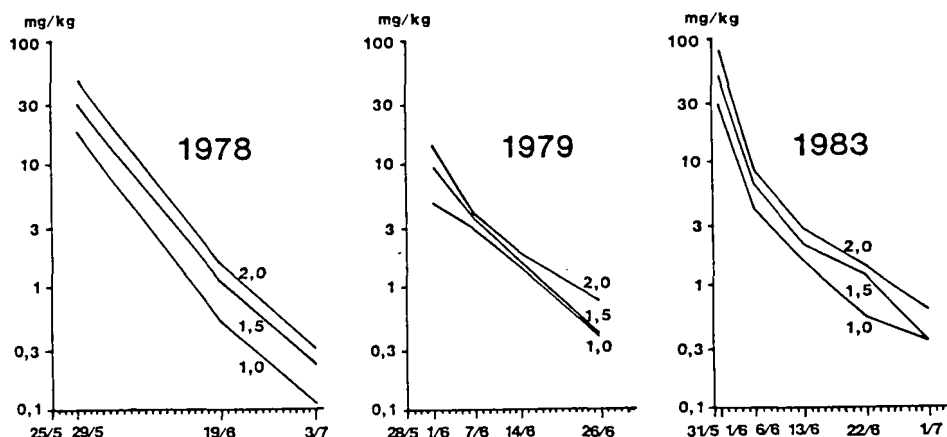
En undersøgelse i 1970 over indholdet af fenoxysyrer i italiensk rajgræs blev foretaget for at belyse, om en ensilering af græsset medførte, at fenoxysyrerne blev mere tilgængelige. Man vidste, at de efter optagelse i græs-
ser blev inaktiveret gennem binding til visse plantestoffer.

Tabel 3. Restkoncentrationer af dichlorprop, mechlorprop og MCPA i græs, dels nedfrosset, dels ensileret 14 dage efter sprøjtningen.

	Dichlorprop ppm			Mechlorprop ppm			MCPA ppm		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
kg v.st./ha									
Græs	1,4	2,4	4,0	2,0	5,8	8,1	2,1	2,9	3,9
Ensilage (efter ½ år)	4,0	5,5	8,1	4,7	7,5	10,8	3,2	4,4	8,9
Rest i græs i % af rest i ensilage	35	44	49	43	77	75	66	66	44

Tabel 3 viser dels, at der 14 dage efter sprøjtningen er påvist betydelige rester i græsset, dels at der ved den anvendte analysemetode yderligere må være rester, som er bundne, men som frigøres ved ensileringsprocessen.

I perioden 1979-85 er en anden undersøgelse foretaget i byg med henblik på at følge indholdet af fenoxysyrer i afgrøden fra sprøjtning frem til tidspunktet for helsædhøst. Desuden er ensilerede prøver undersøgt for at se, hvilken indflydelse ensileringstidens længde har på fenoxysyrerne.



Figur 2. Indhold af dichlorprop i grøn byg efter behandling med 1,0, 1,5 og 2,0 kg v.st./ha i 3 forskellige år.

Fig. 2 viser nedgangen i byggets indhold af dichlorprop. For en stor del skyldes nedgangen vækstfortynding og derfor ikke nedbrydning; men det er påvist, at afskylning med regn spiller en væsentlig rolle især de første dage efter sprøjtningen.

Tabel 4. Koncentration, mg/kg, af dichlorprop i bygensilage og den korresponderende friske afgrøde. Forsøg i 1978.

Høst- dato	Ensilerings- periode, uger	Dichlorprop-behandling 30/5, kg v.st./ha		
		1,0	1,5	2,0
15/6	0	1,5	2,4	3,9
	2	1,3	2,5	4,8
	8	1,7	2,7	4,6
	32	1,2	2,0	3,5
10/7	0	0,2	0,4	0,6
	2	0,3	0,4	0,8
	8	0,3	0,4	0,6
	32	0,3	0,4	0,7

Af tabel 4 fremgår, at der i denne undersøgelse kunne påvises nogenlunde den samme mængde dichlorprop i den grønne afgrøde som i ensilagen. Det kan skyldes, at der i analyserne indgik en hydrolyse, dvs. en "oplukning" af bindingerne. Endvidere synes der ikke at ske væsentlig nedbrydning under ensilagens opbevaring.

9.1.6. Pesticidernes indflydelse på planternes næringsværdi

Alle dyrkningsfaktorer, som vi udsætter planterne for, påvirker plantens kemiske sammensætning. Sandjord giver en anden kartoffel end lerjord. Gødskningsniveau, nedbør, temperatur osv. er ligeledes faktorer, som influerer på plantens kemiske sammensætning og hermed plantens værdi som fødeemne eller foder. Ligeledes er der forskel på forskellige hyldesorters indhold af vitamin C. Pesticiderne udgør ingen undtagelse her. Hvis vi fjerner ukrudtet i en gulerodsmark med herbicider, fjerner vi samtidig gulerodens konkurrent om de knappe dyrkningsfaktorer som lys og gødning, og guleroden vil som følge af ændrede vækstvilkår ændres mht. den kemiske sammensætning. Denne effekt kan måles ved at håndluge gulerodsmarken. Man vil efter en sådan håndlugning kunne måle betydelige ændringer i den kemiske

sammensætning. En sådan ændring i gulerodens kemiske sammensætning forårsaget af et herbicid må vi acceptere, hvis vi ønsker ukrudtet fjernet fra marken.

En af de bedst kendte ændringer, der sker, er et forøget udbytte. Som følge af udbyttetigningen sker der ændringer i sukkerindhold, fedtindhold, mineralindhold, vitaminindhold og proteinindhold. Disse ændringer kan være positive eller negative i sit udslag. En negativ ændring er ikke nødvendigvis negativ i en næringsmæssig henseende. Problemet, hvorledes guleroden egentlig skal se ud, det vil sige, hvilken kemisk sammensætning den skal have for at opfylde vore krav til et lødigt føde- eller foderemne, skal ikke omtales nærmere, men er nok værd at tænke lidt over.

Vore kulturplanter har oprindeligt ikke set ud, som de gør i dag, men er over et meget langt tidsinterval blevet udvalgt af mere eller mindre rationelle grunde. Tænk blot på blomkål, som sammenlignet med tidlige former af korsblomstrede nærmest må betegnes som noget af et misfoster!

Men det er ikke altid, at vi slipper lige nemt om ved at forklare årsagerne til, hvorfor pesticider kan ændre planternes kemiske sammensætning. Der findes mange eksempler på, at pesticiderne kan ændre den kemiske sammensætning uden påviselig grund. Det virker således noget ejendommeligt, at dimethoat kan reducere vitamin C-indholdet i solbær med 40%, især da dimethoat er et insekticid, som ikke burde påvirke solbærbusken. Insekticidet chlorfenvinphos er set i stand til at øge karotinindholdet i gulerødder med 22%.

Går man litteraturen igennem, ser billedet ret broget ud. Det er næsten umuligt at karakterisere de enkelte pesticiders evne til at ændre planternes kemiske sammensætning. Det ene år kan voldsomme positive eller negative ændringer måles, det næste år er der ingen udslag for pesticidbehandlingen.

I 1982 besluttede Planteværnscentret at foretage nogle danske undersøgelser af, hvorledes pesticider påvirker næringskvaliteten og den kemiske sammensætning i 2 vigtige afgrøder. Den ene afgrøde var korn, da korn beslaglægger ca. 70% af det dyrkede areal. Den anden afgrøde var kartofler, der bidrager med ca. 45% af det danske grøntsagskonsum. Kornet blev anvendt til biologiske forsøg med rotter, og kartoflerne blev analyseret for næringsvigtige stoffer. Kornet blev desuden analyseret for restindhold af pesticider. Disse restindhold lå meget lavt, under 0,01 ppm.

9.1.6.1. Kornforsøgene

Der blev udført biologiske forsøg med rotter med 3 bygsorter og 2 hvedesorter. Marksprøjtningen blev udført som normalt med 0,5 l Tilt (25% propiconazol). I hvedeforsøgene er ligeledes anvendt 1 l Fenitron (47,5% fenitrothion). Der blev sprøjtet 1, 2 eller 3 gange med Tilt. De biologiske forsøg med rotter strakte sig over 9 døgn med en forperiode på 4 døgn og en balanceperiode på 5 døgn. Rotterne tildelt 10 g tørstof pr. dyr/dag under hele forsøget. Proteinkoncentrationen justeredes til 9,4% med et proteinfrit foder.

I forsøgene målt proteinets sande fordøjelighed, biologiske værdi, nettoproteinudnyttelsen og fordøjelig energi. Ved undersøgelserne krævedes analyser for N i prøven (korn), fæces og urinen. Ved bestemmelse af fordøjelig energi målt bruttoenergien i foderet og fæces.

Efter biologiske forsøg med rotter med pesticidbehandlet byg og hvede kan det konkluderes, at behandling med Tilt (propiconazol) og Tilt + Fenitron (fenitrothion) medfører en ændring i næringsværdien i de 2 kornarter (se figur 3 og figur 4).

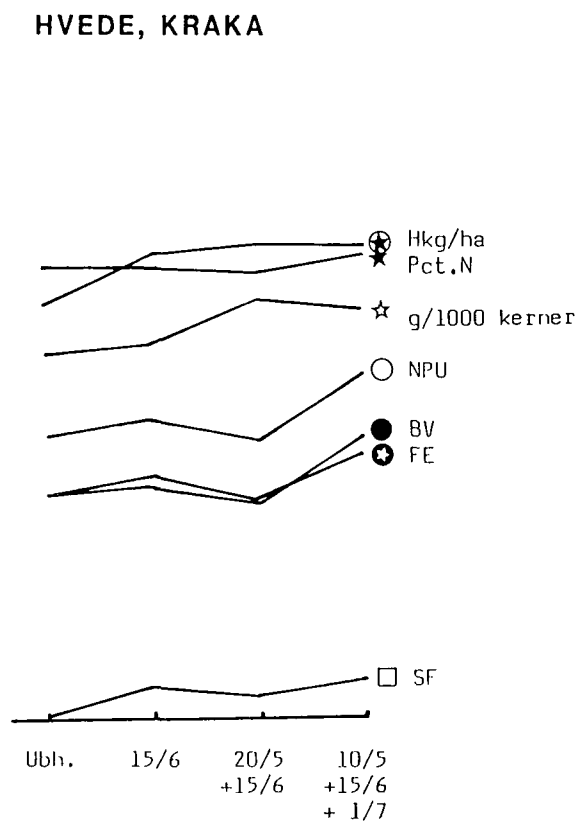
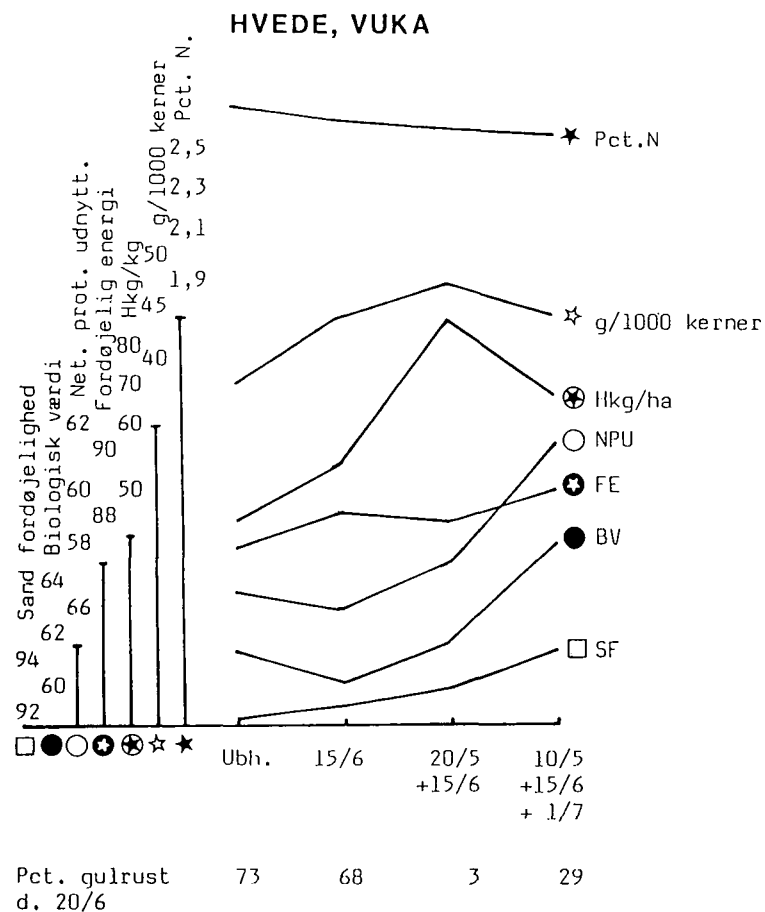
Der er fundet en positiv korrelation imellem antal behandlinger og kerneproteinets næringsværdi i hvedesorten Vuka. Hovedeffekten af fungicidet har tilsyneladende været en bekæmpelse af gulrust med forøgede merudbytter til følge. Den gulrustmodtagelige Vuka reagerede kraftigere på behandlingerne med Tilt end den mere resistente Kraka, hvor kun meget små udslag var at spore i ændret udbytte og næringsværdi.

Den biologiske værdi af Vuka kommer først efter 3 gange behandling med Tilt op i nærheden af den biologiske værdi for den ubehandlede Kraka.

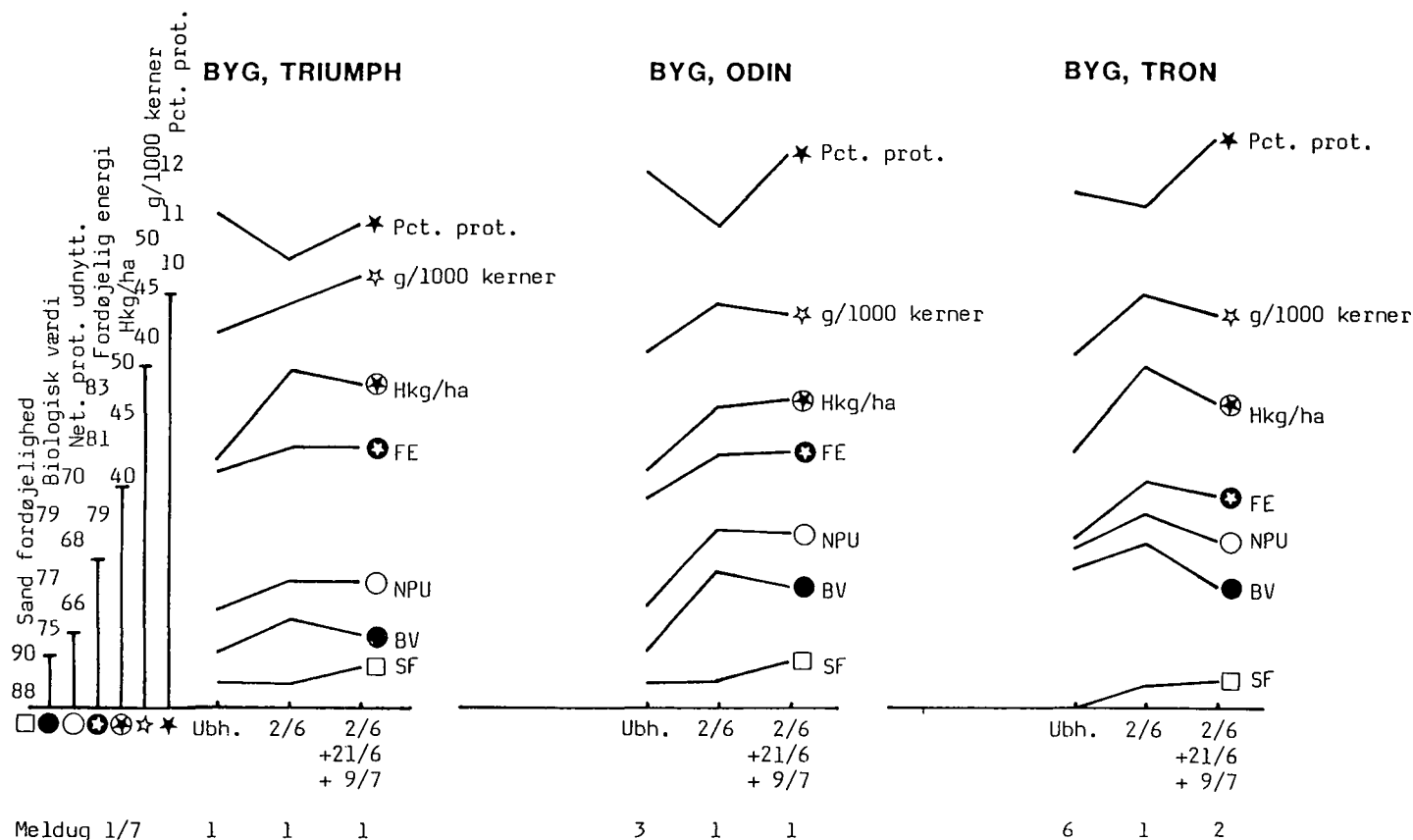
Forsøget med hvede understreger således værdien af sygdomsresistente sorter, samt vigtigheden af at opnå et bedre kendskab til sammenhængen imellem dosis af fungicid og biologisk respons og denne sammenhængs sortsafhængighed.

I vårbyg medfører sprøjtningen med 1 gang Tilt + Fenitron øgede udbytter og en sikker forbedring af kerneproteinets biologiske værdi. Den biologiske værdi af kerneproteinet er signifikant forskellig i de 3 sorter. Lavest er den for Triumph fulgt af Odin og derefter Tron.

Den sande fordøjelighed er efter 1 gangs behandling med Tilt ens for de 3 sorter. Resultatet bliver derfor, at nettoproteinudnyttelsen forbedres væsentlig efter 1 gangs sprøjtning. Sprøjtning 3 gange med Tilt + Fenitron medfører reducerede udbytter og lavere biologiske værdier.



Figur 3. Effekt af Tilt-sprøjtninger på to hvedesorter 1983. Sorterne sprøjtet enten 1, 2 eller 3 gange, hver gang med 0,5 l Tilt pr. ha. Sand fordøjelighed(SF), biologisk værdi(BV) og fordøjelig energi (FE) er bestemt ved fodringsforsøg med rotter. NPU=Nettoproteinudnyttelse. Markforsøgene er udført af Slagelseegnens Landboforening.



Figur 4. Effekt af Tilt plus Fenitron (0,5 l plus 1,0 l pr. ha) på 3 bygsorter i 1983. Sorterne sprøjtet 1 eller 3 gange. Sand fordøjelighed (SF), biologisk værdi (BV) og fordøjelig energi (FE) er bestemt ved fodringsforsøg med rotter. NPU = Nettoproteinudnyttelse. Markforsøgene er placeret ved Carlsbergs forsøgs-gård "Allindemaglegård" ved Ringsted. Meldug er bedømt efter 9-skala, 1 = intet angreb og 9 = bladene dækket af meldug.

I byg er der indikationer på, at Tilt + Fenitron (der var få bladlus i 1983) har haft andre virkninger end bekæmpelsen af svampesygdomme. Dette ses både af de store merudbytter i Triumph, som næsten ikke var angrebet af meldug eller andre svampe, samt af det reducerede merudbytte ved 3 gange sprøjtning.

Både for hvede og byg gælder, at fordøjelig energi er højere i fungicid-behandlet korn end i ubehandlet.

Det skal pointeres, at det normale antal sprøjtninger i vårbyg normalt er 1 gang Tilt.

9.1.6.2. Kartoffelforsøgene

Forsøgene i kartofler bestod i en praktisk anvendelse af 2 fungicider og 1 insekticid. Ud over normaldoseringen gennemførtes forsøg med 1/4 og 4 x normal dosering. Doser og midler blev anvendt hver for sig og i kombination. Efter optagning analyseredes kartoflerne for indhold af næringsvigtige stoffer. Resultaterne er gengivet i tabel 5.

Tabel 5.

Procentuel variation af en række næringsvigtige komponenter i kartofler ved pesticidesprøjtning. Variationen er den totale variation imellem ubehandlede, 0,25, 1 og 4 gange normal dosering (Kirknel, Leth 1985). Maneb, Ridomil, Pirimor, eller alle 3 samtidig.

	Variation (%)
Vit. B1, B6, C, K, Mg, aske, protein, tørstof	2 - 10
Fe, Folacin	6 - 15
Na, Ca	6 - 32

Da det foreliggende materiale ikke er færdigbearbejdet, må konklusionerne begrænses til tabel 5. Der ses således at være nogen variation i indholdet af de målte næringsvigtige komponenter, som er både positiv og negativ korreleret til pesticidbehandlingen. Men generelt er udslagene små. Udslagene omfatter også en betydelig analyseusikkerhed.

9.1.6.3. Konklusion

I de nævnte undersøgelser, som er de første danske foretaget på dette felt, er der ingen grund til at være specielt opmærksom på ændringer i næringsværdien forårsaget af pesticider. I kornforsøgene sås betydelige ændringer i næringsværdien, men disse ændringer kan forklares med ændrede udbytteforhold. Forskelligt gødskningsniveau, jordtyper, vandforsyning, sorter osv. er faktorer, som i langt højere grad påvirker næringsværdien af plantemateriale til foder.

9.2. Pesticider i jord

Arne Hølweg

Planteværnscentret

Analyselaboratoriet for Pesticider

Flakkebjerg, 4200 Slagelse

9.2.1. Indledning

9.2.2. Hvordan fjernes midlerne fra jorden

9.2.2.1. Fjernelse og binding

9.2.2.2. Mikrobiel nedbrydning

9.2.3. Omgivelsernes betydning for nedbrydningen

9.2.3.1. Temperaturen indflydelse på nedbrydningshastigheden

9.2.3.2. Vandindholdets indflydelse på nedbrydningshastigheden

9.2.3.3. Beskrivelse af nedbrydning i jord

9.2.3.4. Jordtypens indflydelse på nedbrydningshastigheden

9.2.3.5. Koncentrationens indflydelse på nedbrydningshastigheden

9.2.4. Nedbrydningstider for bekæmpelsesmidler

9.2.5. Oversigt

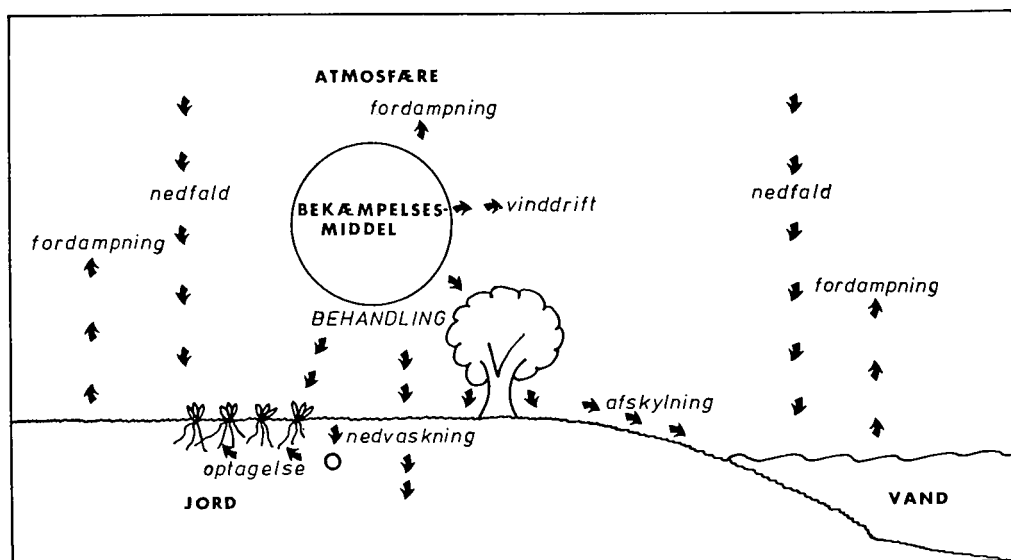
9.2.6. Litteratur

9.2.1. Indledning

En af forudsætningerne for, at vi kan anvende kemiske bekæmpelsesmidler er, at vi kender de anvendte midler. Vi skal vide, hvor længe de virker, hvor meget af midlet der lander i afgrøden, og om midlet transporteres fra marken til andre dele af vort miljø.

Man må ikke tage for givet, at den mængde bekæmpelsesmiddel, som er tiltænkt en bestemt afgrøde eller et bestemt areal, kun rammer det pågældende, og at det efter behandlingen bliver der. Den globale spredning af DDT gennem luften kan nævnes som eksempel på flytning over større afstande. PCB og visse kviksølvforbindelser er andre eksempler på, at kemiske stoffer kan træffes langt fra anvendelsesstedet. Mere lokalt må man regne med, at selv om det er en afgrøde, man regner med at behandle, så vil en meget stor del af midlet lande i jorden, og også i jorden kan der ske transport, specielt med det nedsivende vand. Hvor meget midlet spredes afhænger i øvrigt af, hvordan udbringningen sker. For pesticider har specielt damptryk, dråbestørrelse, vindhastighed, og udbringningshøjde betydning for transporten i luft, medens specielt adsorption og vandopløselighed har betydning for transport i jord og vand.

Figur 1 viser skematisk, hvordan transporten af et bekæmpelsesmiddel kan ske mellem forskellige miljøer.



Figur 1. Transport af bekæmpelsesmidler i vore omgivelser. Når man anvender et bekæmpelsesmiddel, må man være opmærksom på, at ikke kun det område eller de planter, man ønsker at behandle, kommer i kontakt med midlet. Som figuren viser, kan der ske transport både gennem vinddrift, fordampning, afskylning og nedvaskning (Helweg, 1980).

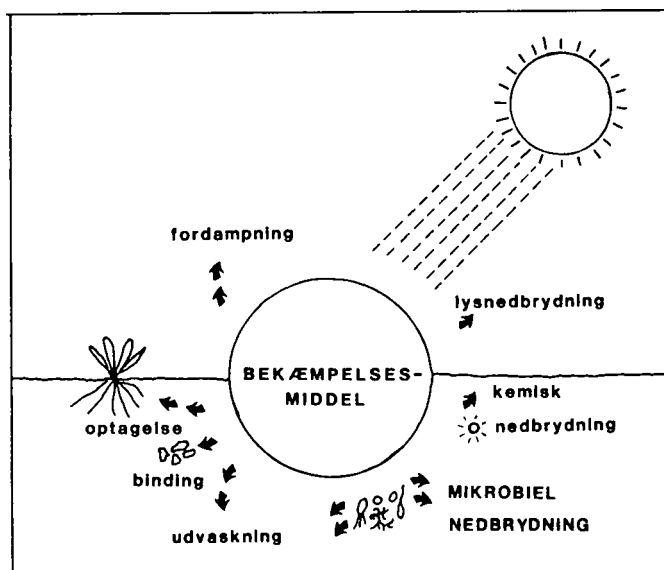
9.2.2. Hvordan fjernes midlerne fra jorden?

Et bekæmpelsesmiddel bliver i jorden udsat for en mængde forskellige påvirkninger, som kan tjene til at fjerne eller nedbryde midlet. Figur 2 viser, at en egentlig nedbrydning forårsages af 3 faktorer (højre side af figuren). På overfladen af jord og planter kan sollyset spalte nogle bekæmpelsesmidler (fotokemisk nedbrydning). Ved kontakten med jordvæske og aktive overflader i jorden kan der også ske nedbrydning, og endelig kan mange af jordens svampe og bakterier producere enzymer, som kan spalte bekæmpelsesmidlerne (biologisk nedbrydning). Denne sidste type nedbrydning er langt den vigtigste årsag til, at bekæmpelsesmidlerne bliver gjort uvirksomme i jorden.

9.2.2.1. Fjernelse og binding

Venstre side af figur 2 viser, hvordan midlerne kan blive utilgængelige i et behandlet område uden at blive nedbrudt. Ved fordampning fra jordoverfladen

og fra overfladen af behandlede plantedele kan nogle midler som allerede nævnt fjernes. Specielt for de mere stabile forbindelser som DDT og lindan har fordampningen stor betydning.



Figur 2. I jorden udsættes bekæmpelsesmidlet for en lang række forskellige påvirkninger, hvorved midlet nedbrydes, flyttes eller bindes. Hastigheden vil afhænge af midlets opbygning og af omgivelserne. (Frit efter Fryer and Evans, 1968).

Der er også en vis risiko for, at et bekæmpelsesmiddel kan vaskes ned i jorden eller skylles af jordoverfladen med risiko for forurening af grund- eller overfladevand. Afskylning foregår sædvanligvis i forbindelse med jorderosion, og risikoen herfor vil være størst i kuperede områder under kraftige regnskyl. Risikoen for nedvaskning i jorden er størst, hvor man har behandlet jorder med lavt indhold af organisk stof med midler, som kun bindes lidt i jorden (se afsnit 9.3. og Helweg, 1984).

Bindingen i jord har også betydning for midlernes tilgængelighed for planteoptagelse. Man angiver ofte denne binding ved pesticidets K_d -værdi,

som angiver forholdet mellem den mængde pesticid, som er adsorberet til jorden og koncentrationen af pesticid i en vandig opslemning, som jorden rystes med, når ligevægt har indstillet sig (mg pr. kg jord/mg pr. 1 vand).

Tabel 1 viser K_d -værdier for en række pesticider. Man vil se, at værdierne varierer fra 0 for TCA, altså ingen binding, til 130.000 for DDT, som bindes meget kraftigt.

Tabel 1. Eksempler på adsorption af pesticider i jord udtrykt ved stoffernes K_d -værdi. (Stor K_d = stor adsorption).

Pesticid	K_d	
TCA	0	Streibig, 1980
maleinhydrazid	0,4	Helweg, 1983
2,4-D	0,8	Hamaker & Thompson, 1972
simazin	1,8	Streibig, 1979
lindan	25	Hamaker & Thompson, 1972
DDT	130.000	Hamaker & Thompson, 1972

Jordens sammensætning er en af de faktorer, som har stor betydning for adsorptionen. Som illustration af jordtypens betydning viser tabel 2, at både for chloridazon og for carbendazim er K_d -værdien (adsorptionen) størst i jorden med det højeste indhold af organisk stof. Disse resultater illustrerer, at et pesticides tilgængelighed er størst på jorder med lavt indhold af humus.

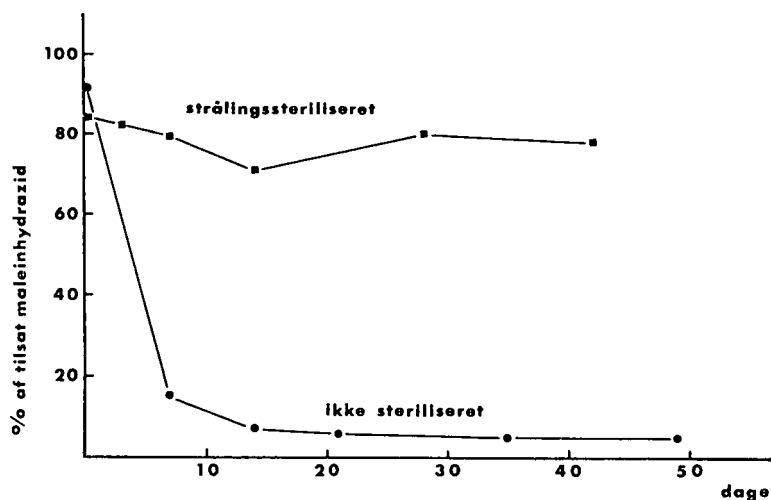
Tabel 2. Humusindholdets indflydelse på adsorptionen af chloridazon (Pyramin, Pyrazon) og carbendazim (Derosal) i jord.

Pesticid	% humus	% ler	K_d	Reference
Carbendazim	2,2	12,2	3,5	Helweg, 1983
Carbendazim	2,7	4,8	7,4	Helweg, 1983
Chloridazon	2,1	7,4	1,3	Streibig, 1980
Chloridazon	12,4	12,0	5,9	Streibig, 1980

9.2.2.2. Mikrobiel nedbrydning

Den vigtigste årsag til, at bekæmpelsesmidler nedbrydes i jorden er, som nævnt, at en del af jordbundens bakterier og svampe kan producere enzymer, som kan spalte midlerne. Det er specielt i det øverste jordlag, mikroorganismerne er talrige. Undersøgelser fra pløjelaget viser, at 1 gram jord ofte vil indeholde 10-100 mill. bakterier og 10-100 meter svampehyfe. En litteraturgennemgang har vist, at i de tilfælde, hvor man har undersøgt mikrofloraens betydning for nedbrydningen, viser det sig næsten altid, at nedbrydningen går næsten helt i stå, hvis mikroorganismene dræbes, eller hvis deres aktivitet blokeres (Helweg, 1983).

Et eksempel på, hvad jordens mikroorganismer betyder for nedbrydningen af et bekæmpelsesmiddel, kan ses i figur 3. Figuren viser nedbrydningen af ukrudtsmidlet maleinhydrazid (MH) i jordprøver, hvor mikroorganismene er dræbt ved radioaktiv bestråling, sammenlignet med midlets nedbrydning i en jordprøve, hvor mikroorganismene ikke er dræbt. Den øverste kurve viser klart, at i den steriliserede jordprøve holder koncentrationen af MH sig nogenlunde uændret i hele forsøgsperioden, medens der sker en hurtig nedbrydning i den jordprøve, som ikke er steriliseret (nederste kurve). I øvrigt kan man af den nederste kurve se, at en rest på 5-10 % af det tilførte MH efterlades, efter at størstedelen af den tilsatte pesticidmængde er blevet nedbrudt. En sådan mindre rest vil i jorden være bundet til jordpartikler, hvorfra det langsomt frigøres og nedbrydes.



Figur 3. Nedbrydning af ukrudtsmidlet maleinhydrazid (MH) i jord. Figuren viser hurtig nedbrydning i de ikke steriliserede jordprøver, men ingen nedbrydning i de jordprøver, hvor jordens mikroorganismer er dræbt ved radioaktiv bestråling (Helweg, 1971).

9.2.3. Omgivelsernes betydning for nedbrydningen

Hvadenten et kemisk stof fjernes ved en kemisk eller ved en biologisk nedbrydning, så er der flere forhold i jorden, som har betydning for, hvor hurtigt det foregår. Figur 4 angiver de forhold, som vil have størst betydning for, hvor hurtigt et middel forsvinder.

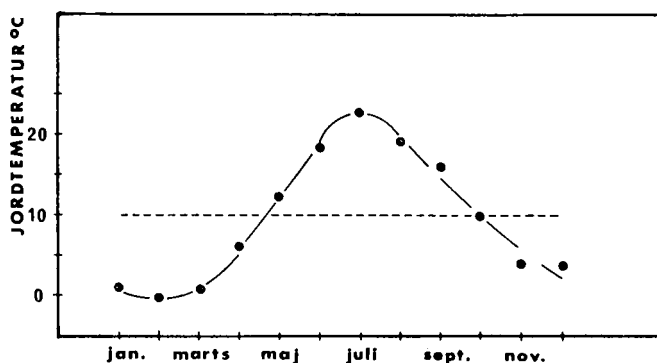
TEMPERATUR I JORDEN
VANDINDHOLD I JORDEN
JORDTYPE
DOSERING AF MIDLET
SAMMENSETNING AF MIDLET

Figur 4. Forhold, som har betydning for nedbrydningshastigheden af bekæmpelsesmidler i jord.

9.2.3.1. Temperaturen indflydelse på nedbrydningshastigheden

Jordens temperatur er en af de omgivelsesfaktorer, som har størst indflydelse på, hvor hurtigt nedbrydningen sker, jo lavere temperaturen er, des langsommere sker nedbrydningen, hovedsagelig fordi mikroorganismernes (og enzymernes) aktivitet i jorden hænger nøje sammen med temperaturen. Selv om der findes mikroorganismer, som er aktive helt nede omkring frysepunktet (psykrofile), så er den generelle aktivitet i jorden lav ved lave temperaturer. I øvrigt hænger hastigheden af kemiske reaktioner, som ikke styres af enzymer, også nøje sammen med jordens temperatur.

Figur 5 viser, hvordan gennemsnitstemperaturen er i det øverste jordlag gennem et år. Det ses, at fra oktober til april er temperaturen under 10°C , vist ved den vandrette punkterede linie. Et eksempel på temperaturens indflydelse på nedbrydningshastigheden fremgår af tabel 3, som viser, hvor lang tid der går, før halvdelen af ukrudtsmidlet propyzamid er forsvundet fra jordprøver inkuberet ved henholdsvis 23°C (svarende til sommertemperatur), ved 8°C (svarende til forår og efterår) og ved 3°C (svarende til vintertemperaturen). Som tabellen viser, sker der kun meget ringe nedbrydning i den kolde jord i vinterperioden. I en række undersøgelser har det vist sig, at der sker mellem en 2- og en 4-dobling af nedbrydningshastigheden, for hver 10°C temperaturen stiger.



Figur 5. Gennemsnitstemperaturer i 2,5 cm dybde under en græsmark. Fra oktober til april (6 mdr.) er gennemsnitstemperaturen under 10°C , vist ved den vandrette, punkterede linie (K. J. Kristensen, 1959).

Tabel 3. Temperaturen indflydelse på nedbrydningen af ukrudtsmidlet propyzamid. Tabellen viser, hvor mange dage der forløber, til halvdelen af den tilsatte propyzamid (Kerb 50) er nedbrudt ved temperaturer på henholdsvis 23, 8 og 3°C. Vandindhold 12%. (Efter A. Walker, 1978).

Temperatur	Halveringstid
23°C	29 dage
8°C	120 dage
3°C	245 dage

9.2.3.2. Vandindholdets indflydelse på nedbrydningshastigheden

Den indflydelse jordens vandindhold har på nedbrydningshastigheden, hænger sammen med både kemiske og biologiske faktorer. Den skyldes, at vandindholdet påvirker både mikroorganismernes aktivitet og stoffernes binding, transport og kemiske nedbrydning i jorden.

Tabel 4 viser et eksempel på, hvordan nedbrydningstiden hænger sammen med jordens indhold af vand. Tabellen viser halveringstiden for ukrudtsmidlet simazin i jord tilsat 16% vand sammenlignet med halveringstiden i jord med kun 4% vand. Som det fremgår af tabellen, er halveringstiden noget nær dobbelt så stor i prøven med det lave vandindhold. I øvrigt optræder den største indflydelse af vandindholdet først, når jorden er næsten lufttør (med ca. 2% vand), hvor nedbrydningen næsten går i stå. Efter den tørre sommer i 1976 så man på flere markjorder, hvordan det medfølgende lave vandindhold havde hæmmet nedbrydningshastigheden, idet flere ukrudtsmidler gav skadevirkninger i 1977-afgrøden.

Tabel 4. Vandindholdets indflydelse på nedbrydningen af ukrudtsmidlet simazin i jord. Figuren viser, hvor mange dage der forløber, til halvdelen af det tilsatte simazin er nedbrudt, når jorden indeholder henholdsvis 16 og 4% vand. Temperatur 25°C. (Efter A. Walker, 1978).

Vandindhold	Halveringstid
16%	23 dage
4%	40 dage

9.2.3.3. Beskrivelse af nedbrydning i jord

Det ser ud til, at man relativt simpelt kan beskrive indflydelsen af jordens temperatur og vandindhold på et pesticides nedbrydning. Det er derfor nærliggende at søge at opstille en simulationsmodel, som det er gjort af Walker (1974) og Walker and Barnes (1981). Deres model anvendes til at beregne pesticides nedbrydning i jord ved varierende temperatur og vandindhold.

Det er dog en forudsætning for modellen, at man fra laboratorieforsøg kender det pågældende pesticides bestandighed under kontrollerede betingelser, og yderligere skal man vide, hvordan stoffets nedbrydning påvirkes af jordens temperatur og vandindhold. En test af modellens anvendelighed til at beskrive simazins nedbrydning i forskellige lande er netop afsluttet (Walker et al., 1983). Testen viste, at der stadig er en del problemer, som ikke er løst, tilsyneladende primært knyttet til forskelle i jordtypen.

9.2.3.4. Jordtypens indflydelse på nedbrydningshastigheden

Som nævnt indgår der i Walkers model en bestemmelse af nedbrydningshastighed og effekt af temperatur og vandindhold på nedbrydningen i netop den jord, som man vil benytte i simuleringsforsøget. Det er nødvendigt at have jorden med, fordi der er meget stor variation mellem forskellige jorders evne til at nedbryde et pesticid, en variation, som man indtil videre ikke er blevet i stand til at forudsige.

Tabel 5 viser nogle eksempler på den vældige variation, der kan være mellem forskellige jordtyper (Laskowski et al., 1983). I tabellen er kun citeret undersøgelser, som er udført under identiske betingelser. Med de meget store forskelle, som er observeret, vil det selvsagt være nødvendigt at kende nedbrydningshastigheden i netop den jord, hvor simuleringen skal foretages. Det begrænser anvendeligheden af disse modeller ganske væsentligt. Tabel 5 viser i øvrigt også, at når man skal vurdere et pesticides nedbrydningshastighed, så vil det være mest rimeligt, at nedbrydningen er målt i flere forskellige jordtyper, og at halveringstiden eller nedbrydningstiden, er et gennemsnit af disse målinger.

I betragtning af den store variation, der er i nedbrydningshastigheden i forskellige jorder, er der ikke noget at sige til, at f.eks. Nilsson (1980) og Stark (1982) ikke kan påvise nogen indflydelse af klimaet i Syd- og Nordsverige på herbiciders nedbrydning. I vinterhalvåret vil der sandsynligvis være langsomst nedbrydning i Nordsverige, men denne effekt kan meget let blive skjult af de forskelle, som skyldes variation i jordbundsforhold.

Tabel 5. Variation i nedbrydningshastigheden i forskellige overfladejorder (Laskowski et al., 1983).

Pesticid	Antal jorder	Variation mellem jorderne
Aldicarb	2	2x
Diazinon	4	2x
Glyphosat	4	19x
Picloram	13	19x
Carbofuran	4	25x

9.2.3.5. Koncentrationens indflydelse på nedbrydningshastigheden

Nedbrydningstiden for en høj koncentration af et kemisk stof er ofte væsentlig længere end for det samme stof i lav koncentration. Den forlængede nedbrydningstid kan enten skyldes, at stoffet er giftigt for mikroorganismer i høj koncentration eller, at mikroorganismene kun har mulighed for at nedbryde en begrænset mængde af midlet, fordi de ikke egentlig lever af det, men blot producerer enzymer, der kan nedbryde midlet, samtidig med deres øvrige livsfunktioner. Stoffer, som nedbrydes kemisk, vil ofte vise det samme nedbrydningsbillede. Som eksempel på et middel, der nedbrydes langsomt i høj koncentration, kan nævnes parathion. Normalt nedbrydes det inden for få måneder, men efter forurening af jord med en høj koncentration af dette middel blev det fundet 5 år efter, at forureningen var sket. Risikoen for, at et stof skal blive vasket ned i dybere jordlag, er også væsentlig større ved høj koncentration.

9.2.4. Nedbrydningstider for bekæmpelsesmidler

Det er fremgået af de foranstående oplysninger, at både temperatur, vandindhold, jordtype og koncentration har stor indflydelse på nedbrydningstiden. Det er derfor umuligt at give nøjagtige tider for bestandigheden af de enkelte midler, fordi forholdene varierer fra år til år og fra det ene område til det andet.

Den kemiske opbygning af et bekæmpelsesmiddel viser sig ikke uventet at være afgørende for midlets stabilitet. Under de samme forhold kan 2 midler

have så forskellige nedbrydningstider som fra flere år for DDTs vedkommende til få dage for malathion.

Tabel 6 viser nogle eksempler på både meget stabile og meget let nedbrydelige plantebeskyttelsesmidler. De meget stabile midler kan give problemer med rester i afgrøden, og de kan også give problemer for næste års afgrøde, når det er ukrudtsmidler, det drejer sig om. Hvis et svampe- eller insektmiddel er stabilt, er der forøget risiko for, at resistente svampe eller skadedyr skal optræde, fordi organismerne igennem lang tid udsættes for et selektionspres, som giver de resistente arter de bedste vilkår. De meget hurtigt nedbrydelige stoffer har også deres ulemper, specielt fordi deres virkning ofte ophører for hurtigt. Man ønsker jo ofte en vis varighed af plantebeskyttelsen, for at blive fri for at sprøjte meget ofte.

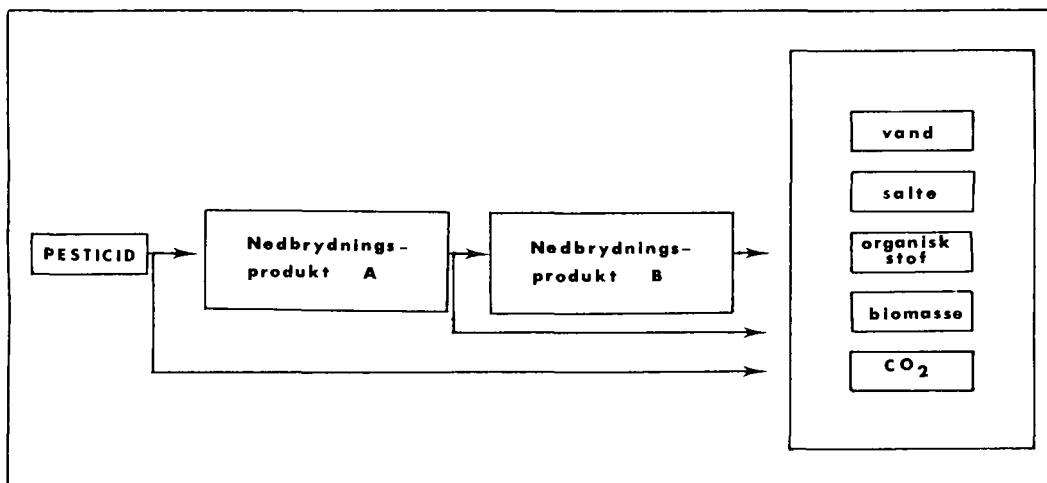
Tabel 6. Stabilitet af bekæmpelsesmidler i jord.

Over 1 år	3 mdr.-1 år	Under 3 mdr.
benomyl (Benlate)		captan
carbendazim (Derosal)		maneb
propiconazol (Tilt)		
quintozen (Brassicol)		
triadimefon (Bayleton)		
DDT	cypermetrin (Ripcord)	malathion
lindan	fenvalerat (Sumicidin)	pyrethrum
	permetrin (Ambush, Talcord)	
	parathion	
atrazin	lenacil (Venzar)	2,4-D
simazin	linuron (Afaion)	dalapon
		dichlorprop
		MCPA
		mechlorprop

Vurdering af et bekæmpelsesmiddels nedbrydningstid kompliceres yderligere af, at uanset om midlets virkning er ophævet ved nedbrydning, så behøver det ikke at betyde, at det er helt spaltet, idet man ofte ser, at rester af et bekæmpelsesmiddel-molekyle kan optræde som stabile nedbrydningsprodukter. Dette forhold er der ikke taget højde for i tabel 6, men det tages med i

den toksikologiske og økotoksikologiske vurdering af et middel, som foretages af Miljøstyrelsen, før et middel godkendes til brug her i landet.

Figur 6 viser skematisk, hvordan et kemisk stof via adskillige nedbrydningsprodukter til sidst har gennemgået en fuldstændig mineralisering til CO_2 , vand og indbygning i organisk stof og i mikroorganismer i jorden.



Figur 6. Skematisk fremstilling af nedbrydningsforløbet for et pesticid.

9.2.5. Oversigt

Nedbrydningen af pesticider i jord foretages primært af jordbundens bakterier og svampe. Hastigheden er stærkt afhængig af, hvilket stof der er tale om, og af jordmiljøet (temperatur, vandindhold og jordtype).

Nedbrydningstiden for forskellige stoffer varierer fra 10-30 år for de mest stabile og helt ned til få dage for de lettest nedbrydelige.

Temperaturens indflydelse hænger sammen med, at denne faktor påvirker både væksten og aktiviteten af de nedbrydende mikroorganismer, reaktionshastigheden af enzymatiske og af andre kemiske processer i jorden og pesticidets adsorption og opløselighed. Jordens vandindhold påvirker også væksten og aktiviteten af de nedbrydende mikroorganismer og adsorption og opløselighed af pesticid. Samtidig vil vandindholdet også påvirke pesticidets transport i jorden.

Jordtemperaturen i 10 cm dybde varierer fra ca. 0°C om vinteren til 18-20°C om sommeren, medens vandindholdet varierer fra vandmættet i vintermånederne til større eller mindre grad af udtørring i sommerperioden. I de kolde vintermåneder vil nedbrydningen forløbe meget langsomt, og i sommerperioder med ringe nedbør kan jorden blive så udtørret, at nedbrydningen går i stå.

Jordtypen og koncentrationen af pesticid har også en stor indflydelse på nedbrydningshastigheden. Generelt tager nedbrydningen af en høj koncentration længere tid end en lavere, medens det er mere vanskeligt at generalisere om jordtypens indflydelse.

Pesticider kan bindes til jordpartikler, og den mængde pesticid, der kan optages i planterne, vil derfor ofte afhænge af jordtypen. I humusrige jorder vil en mindre mængde normalt være tilgængelig for planterne end i sandjorder.

En dyrkningssikker og miljømæssigt forsvarlig pesticidanvendelse kræver, at man har kendskab til pesticidernes opførsel i jord. Man søger derfor at tage hensyn til disse forhold både i vejledningen om brug af pesticider og i Miljøstyrelsens godkendelsesordning.

9.2.6. Litteratur

- Fryer J. P. and Evans, S.A. (1968): The fate and significance of herbicides in plants and soil. In Weed Control Handbook, 5th Ed., Blackwell Sci. Publ., Oxford, p. 152.
- Hamaker, J.W. and Thompson, J.M. (1972). Adsorption. In Organic Chemicals in the Soil Environment. (C.A.I. Goring and J.W. Hamaker, eds.) 49-143. Marcel Dekker, New York.
- Helweg, A. (1971): Maleinhydrazids nedbrydning og indflydelse på respirationen i jord. Tidsskr. Planteavl, 75, 84-89.
- Helweg, A. (1980). Nedbrydning og transport af pesticider i terrestriske systemer. Ugeskr. f. Jordbrug, 125, 103-107.
- Helweg, A. (1983): Mikrobiologisk nedbrydning og effekt af maleinhydrazid, carbendazim og 2-aminobenzimidazol i jord. Disputats, 153 sider, Den kgl. Vetr.- og Landbohøjskole, ISBN 87-981433-0-1, Statens Planteavlskontor, (02) 85 50 57.
- Helweg, A. (1984): Udvaskning af pesticider. En risikovurdering med forslag til et måleprogram. Ugeskr. f. Jordbrug, 129, 617-624.

- Kristensen, K. J. (1959): Temperature and heat balance of soil. *Oikos*, 10, 103-120.
- Laskowski, D. A., Swann, R. L., McCall, P. J. and Bidlack, H. D. (1983): Soil degradation studies. *Res. Rev.*, 85, 139-147.
- Nilsson, H. (1980): Herbicides persistens i jord. Undersökningar 1975-1979, Rapport 89 fra Institutionen for Växtodling, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Stark, J. (1982): Persistence of herbicides in forest soils. Dissertation, Rapport 15 fra Institutionen For Mikrobiologi, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Streibig, J. C. (1979): Soil properties influencing soil adsorption and phytotoxicity of atrazine and simazine in nine Danish soils. *Acta Agric. Scand.*, 29, 33-41.
- Streibig, J. C. (1980): Phytotoxicity and adsorption of TCA and chloridazon in nine Danish soils. *Acta Agric. Scand.*, 30, 364-368.
- Walker, A. (1974): A simulation model for prediction of herbicide persistence. *J. Environ. Quality*, 3, 396-401.
- Walker, A. (1978): Simulation of Herbicide Persistence in Soil. In *Simulation of Herbicide Persistence in Soil. Symp. At The Weed Science Society of America*, 36 pp.
- Walker, A. (1978): Simulation of persistence of eight soilapplied herbicides. *Weed Res.*, 18, 305-313.
- Walker, A. E. and Barnes, A. (1981): Simulation of herbicide persistence in soil; a revised computer model. *Pestic. Sci.*, 12, 123, 132.
- Walker, A. et al. (1983): EWRS Herbicide-soil Working Group: Collaborative experiment on simazine persistence in soil. *Weed Res.*, 23, 373-383.

9.3. Vand

Gitte Felding

Planteværnscentret

Institut for Ukrudtsbekæmpelse

Flakkebjerg, 4200 Slagelse

- 9.3.1. Indledning
- 9.3.2. Pesticidets kemiske og fysiske egenskaber
 - 9.3.2.1. Opløselighed
 - 9.3.2.2. Bindingsevne
 - 9.3.2.3. Bevægelighed
 - 9.3.2.4. Nedbrydning
 - 9.3.2.5. Koncentrationen af pesticidet og behandlingstidspunktet
- 9.3.3. De hydrologiske processer
 - 9.3.3.1. Nedbør
 - 9.3.3.2. Nedsivning
 - 9.3.3.3. Grundvand
 - 9.3.3.4. Drænvand
- 9.3.4. Jordtyper
 - 9.3.4.1. Adsorption
 - 9.3.4.2. Permeabilitet
- 9.3.5. Konklusion
 - 9.3.5.1. Klassificering af potentielle vandforurenende pesticider
 - 9.3.5.2. Potentielle risikoområder
- 9.3.6. Litteratur

9.3.1. Indledning

Som det fremgår af tidligere afsnit, har der været en stadig stigning i forbruget af kemiske bekæmpelsesmidler, således at forbruget nu ligger på ca. 8.000 tons pr. år, og det kan forventes at stige yderligere. Længst størstedelen af pesticiderne anvendes på den dyrkede jord, og da den største del af befolkningen forsynes med drikkevand fra brønde og borer i områder med landbrugsmæssig drift, vil det være u hensigtsmæssigt, hvis brugen af pesticider medfører en udvaskning af kemikalier fra rodzonen og en nedsivning til grundvandet.

De forhold, som særligt er af betydning for risikoen for udvaskning, er:

- 1) anvendelsestidspunktet og de anvendte mængder
- 2) pesticidets opløselighed, evne til at blive bundet og stabilitet
- 3) vejrforholdene (temperatur og nedbør)
- 4) jordtypens evne til at binde.

9.3.2. Pesticidets kemiske og fysiske egenskaber

9.3.2.1. Opløselighed

En af forudsætningerne for, at der kan ske en udvaskning af pesticider er, at de er opløselige i vandfasen i jorden. Et pesticides opløselighed i vand større end ca. 30 ppm (mg/l), vurderes det som potentielt grundvandsforurenende (Cohen, 1984). Eksempler på opløseligheden af en række anvendte pesticider ses i tabel 1. Det, at et pesticid er let opløseligt i vand, behøver dog ikke medføre, at det er en potentiel grundvandsforurener, idet pesticidet kan bindes til ler eller humuspartikler i jorden.

Tabel 1. Opløselighed i vand af en række vigtige insekt-, svampe- og ukrudtsmidler. (Edwards, 1973, Fryer and Evands, 1968; Freyer and Makepeace, 1977, og Spencer, 1968). (g stof opløst i 1 l vand ved 20-25°C).

	g/l
TCA (Na-salt)	1200
Dichlorprop (K-salt)	900
Natriumchlorat	(v. 0°C) 790
Chlormequat (chlorid)	740
Mechlorprop (diethanolaminsalt)	740
Maleinhydrazid (diethanolaminsalt)	700
Dalapon (Na-salt)	500
Paraquat (dichlorid)	380
Dicamba (Na-salt)	270
MCPA (Na-salt)	45
2,4-D (Na-salt)	8
Methylisothiocyanat	8
2,3,6-TBA	2,2
Dinoseb (acetat)	2
Chlorpicrin	2
Dichlorpropylen	0,4
Picloram	0,08
Linuron	0,07
Atrazin	0,01
Zineb	0,008
Carbendazim	0,005
Simazin	0,002
Parathion	0,001
Lindan	0,0004
Trifluralin	<0,0005
Captan	0,000004
DDT	

9.3.2.2. Bindingsevne

Hvorvidt et organisk pesticid bindes i jorden afhænger bl.a. af, om det er ionisk eller nonionisk; de ioniske kan være kationiske, basiske eller sure. Da både ler og humus fungerer som store negativt ladede ioner, vil de være i stand til at tilbageholde positivt ladede ioner (Weber, Weed, 1974, samt Streibig, 1975). De sure pesticider vil på grund af deres negative ladning samt deres opløselighed i vand være potentielt udvaskelige. De forskellige pesticiders bindingsevne til jord angives ved deres K_d -værdi. Eksempler på forskellige pesticiders K_d -værdi fremgår af tabel 2. Har et pesticid en K_d -værdi mindre end 1-2, bliver det af Cohen (1984) betragtet som udvaskeligt.

Tabel 2. Eksempler på adsorption af pesticider i jord udtrykt ved stoffernes K_d -værdi. K_d angiver forholdet mellem koncentration af pesticid i opløsning i en suspension af jord og vand. (Stor K_d = stor adsorption).

Pesticid	K_d	
TCA	0	Streibig, 1980
maleinhydrazin	0,4	Helweg, 1983
2,4-D	0,8	Hamaker & Thompson, 1972
simazin	1,8	Streibig, 1979
lindan	25	Hamaker & Thompson, 1972
DDT	130.000	Hamaker & Thompson, 1972

9.3.2.3. Bevægelighed

Pesticiders evne til at blive udvasket kan også vurderes ud fra, hvor let de transporteres i jordsøjler, som udsættes for gennemsivning med vand, eller efter deres bevægelighed i jord bestemt ved tyndtlagskromatografi med jord som det faste bærestof og vand som eluent. Tabel 3 viser en opdeling efter vandring på tyndtlagsplader, hvor man som tidligere nævnt kan se, at de sure pesticider befinder sig i den mest mobile gruppe (gruppe 5).

Tabel 3. Bevægelighed af pesticider i jord (Helling, Kearney and Alexander, 1971), klasse 5: meget bevægelige, klasse 1: ubevægelige a) Rhodes (1980).

1	2	3	4	5
benomyl	azinthosmethyl	alachlor	amitrol	dalapon
chloroxuron	chloridazon	atrazin	bromacil	dicamba
DDT	chlorpropham	propachlor	2,4-D	2,3,6-TBA
dieldrin	chlorthiamid	propham	dinoseb	TCA
diquat	diazinon	simazin	hexazinon ^{a)}	
lindan	dixhlobenil	terbacil	MCPA	
paraquat	diuron			
parathion	EPTC			
trifluralin	linuron			
zineb				

9.3.2.4. Nedbrydning

Nedbrydningstiden varierer for de forskellige pesticider fra få dage til flere år. Parametre som temperatur, koncentration, vandindhold og jordtype er væsentlige for nedbrydningen. Eksempelvis vil et temperaturfald på 10°C betyde, at pesticidets nedbrydningstid forøges mellem 2 og 4 gange (Helweg 1983).

9.3.2.5. Koncentrationen af pesticidet og behandlingstidspunktet

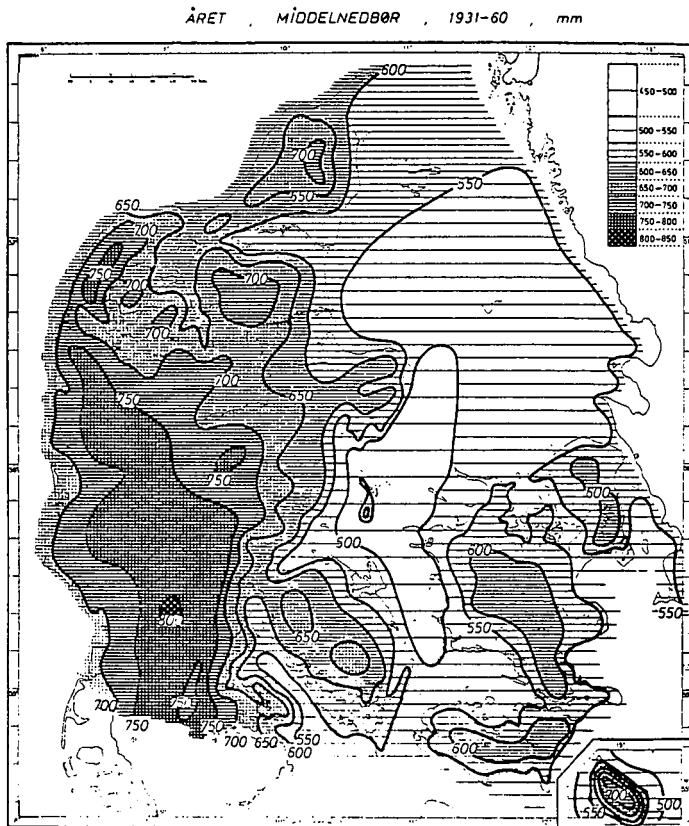
Ifølge Rao og Davidsen (1979) vil bevægeligheden af et pesticid i jord stige med øget pesticidkoncentration, for jo mere stof der er i opløsning, desto mere stof vil være tilgængeligt for udvaskning. Høje koncentrationer af pesticid kan øge nedbrydningstiden betydeligt for en lang række stoffer og dermed øge risikoen for udvaskning. For de fleste pesticiders vedkommende anvendes der sjældent mere end 1-2 kg pr. ha. (aktivt stof). Herbicider som amitrol, dalapon og TCA anvendes dog i mængder fra 7-20 kg pr. ha, men er på vej ud af markedet. Jorddesinfektionsmidler anvendes op til 1-200 kg pr. ha. (aktivt stof).

Tidspunktet for behandling er også af stor betydning for udvaskningsrisikoen, eksempelvis vil forårsudbragte midler udgøre en mindre risiko end efterårsudbragte, idet der er et nedbørsoverskud fra medio september til medio marts, se figur 4, og dermed et vandoverskud til nedsivning eller afstrømning. I samme retning virker vinterhalvårets lavere temperatur, som øger pesticidernes nedbrydningstid.

9.3.3. De hydrologiske processer

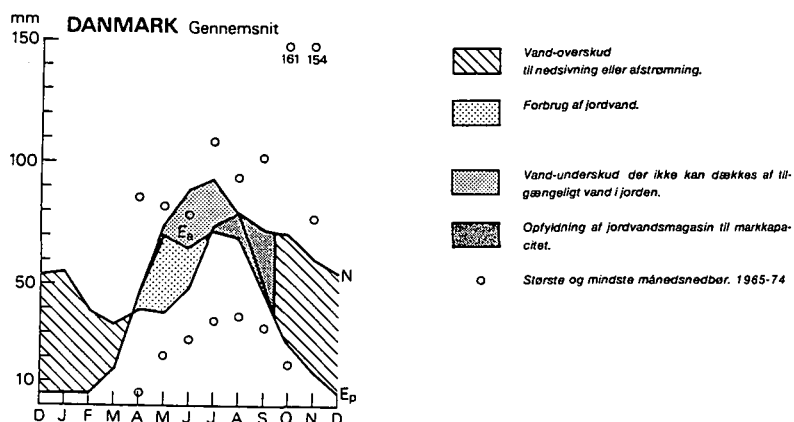
9.3.3.1. Nedbør

Som det fremgår af figur 1, varierer årets middelnedbør således, at nedbøren er mindst over kystzonen. Generelt er nedbøren større i Jylland end på Øerne. Nedbørsmængden varierer med årstiden, den er mindst sidst på vinteren og det tidlige forår, og størst i efteråret.



Figur 1. Meteorologisk Institut.

En udvaskning af pesticidet og dets eventuelle metabolitter kræver et vist nedbørsoverskud. Som det ses af figur 2, vil risikoen for udvaskning derfor være størst fra medio september til medio marts. I samme periode vil nedbrydningstiden for pesticiderne i jorden være reduceret på grund af den lavere temperatur.



Figur 2. Når nedbøren N bliver større end den potentielle fordampning E_p (den aktuelle E_a), fyldes jordvandsmagasinet til markkapacitet, hvorefter nedsvivning begynder. Ved beregningen af E_a er det forudsat, at forholdet mellem aktuel og potentiel fordampning her er afhængigt af, hvor meget af jordvandet der gradvis er forbrugt (Hasholt, 1976).

9.3.3.2. Nedsvivning

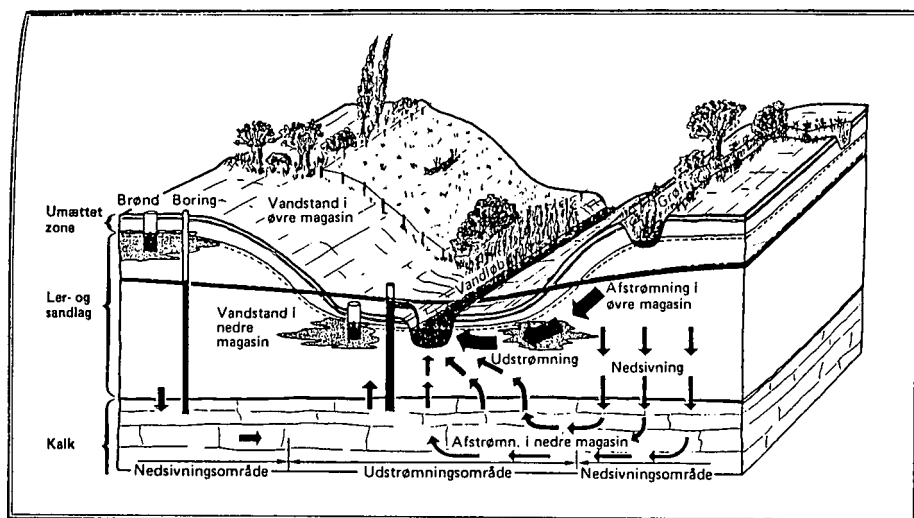
Nedsvivningen er den del af nedbøren, som ikke fjernes ved evapotranspirationen eller overjordisk afstrømning. Størrelsen af nedvisning kan ikke bestemmes direkte, men man kan få en fornemmelse af størrelsesordenen og dens arealmæssige fordeling ved at undersøge tritiumindholdet i jordlagene fra terræn til grundvandszonen. Grundvandets tritiumindhold giver information om vandets alder, idet tritium, som er en radioaktiv isotop af brint, indbygges i vandmolekyler, som dernæst indgår i nedbøren. Grundvand uden måleligt indhold af tritium er mere end 25 år gammelt. Grundvand med måleligt tritiumindhold er yngre end 1960 eller opblandet med ungt vand (Sevel, 1981).

Nedsvivningshastigheden kan påvirkes af det nedsivende vands viskositet samt eventuelle salte i vandet. Efterhånden som vandet synker ned gennem jorden, vil trykpotentialgradienten aftage og infiltrationskapaciteten, som er maksimumsraten, hvormed vand kan absorberes af jorden under de givne betingelser, vil derfor aftage med tiden og tilnærme sig en konstant værdi, som primært er bestemt af jordens hydrauliske ledningsevne ved pågældende fugtighedsgrad.

Den hydrauliske ledningsevne er i vandfyldt jord for fint ler ca. 1 mm pr. døgn og for groft sand og grus op til mere end 100 mm pr. døgn. I jord, som ikke er vandfyldt, er den hydrauliske ledningsevne ikke konstant, men aftager med aftagende vandindhold (Hasholt, 1973). Figur 4 viser den langt større vandtransport i groft sand end i lerjord.

9.3.3.3. Grundvand

Vandbevægelsen i den umættede zone sker lodret (Dyhr-Nielsen, 1981); i den mættede zone afhænger vandbevægelsen af vandtrykkets fordeling, og som følge heraf kan vandet bevæge sig i alle retninger. Figur 3 viser et eksempel på vandets kredsløb i et velbeskrevet dansk agerland (Suså-området).



Figur 3. Illustrerer i store træk grundvandets bevægelser, i Suså-området (Fra rapporten Suså-H A2).

9.3.3.4. Drænvand

Nedsivende regnvand løber ikke undervejs ud gennem drænrør, men synker forbi disse, indtil drænrørenes underkant er i niveau med grundvandsspejlet. Ved grundvandsspejlet og i drænrørene er der atmosfæretryk, mens trykpotentialet i den umættede jord er mindre end atmosfæretrykket. Potentialgradienten vil derfor gå fra drænrørene mod den omgivende jord. Drænvandets

bidrag til vandløbenes afstrømning er årstidsbestemt. Er der udvaskelige pesticider i jorden, kan vandløbene modtage disse via dræn- og grundvandet.

9.3.4. Jordtyper

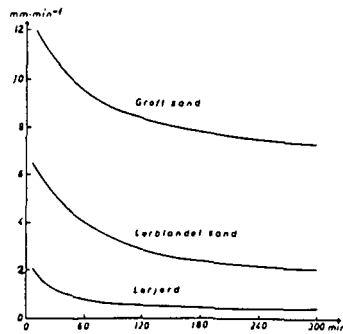
9.3.4.1. Adsorption

Som omtalt under afs. 9.3.2.2. er et pesticides K_d -værdi et udtryk for pesticidets adsorption til den pågældende jord og hermed et mål for risikoen for udvaskning. Det er især jordens indhold af organisk stof, som er af betydning for K_d -værdiens størrelse (Helweg, 1984b). I grundvandszonen, hvor humusindholdet er lavt, er det lerindholdet, som er bestemmende for jordens adsorptionskapacitet.

I Danmark findes podsoljorder udbredt på sandede aflejringer. Nedsivningen af overskudsnedbør i dele af året medfører en udvaskning af jordens baser (Ca, Mg, K og Na), jorden bliver sur, og der dannes et morlag (Madsen, 1976). Forsuringen af jorden medfører, at jern og aluminium i organiske forbindelser sammen med humus kan transporteres ned gennem profilet, hvor de udfældes og danner det for podsoljorder karakteristiske al-lag. Det ringe indhold af organisk materiale i podsoljorderne betyder, at udvaskningsrisikoen i disse er større end for jord med et højere indhold af organisk materiale. I det østlige Danmark findes brunjorderne udviklet på lerrigt materiale. Udvasningen af disse jorder har, selv ved samme nedbørsmængde som på sandjorderne, været mindre, da ler, humus og eventuelt CaCO_3 optræder som buffer over for forsuringen. Brunjordernes A-horizont har pH-værdi mellem 5-6 og muldkarakter.

9.3.4.2. Permeabilitet

Et finkornet materiale har mindre mellemrum end et grovkornet; permeabiliteten vil som følge heraf være mindre i ler end i sand og grus. Alene pga. permeabiliteten er der en større udvaskningsrisiko forbundet med sandjorderne i forhold til lerjorderne.



Figur 4. Overfladeinfiltrationskapacitet som funktion af tiden (Aslyng, 1968).

9.3.5. Konklusion

Det er vanskeligt at vurdere risikoen for udvaskningen af et pesticid, idet man ved laboratorieforsøg ikke kan kopiere miljøet fuldstændigt, men man kan opstille nogle parametre for henholdsvis pesticidets egenskaber og miljøets. Jo flere af disse karakteristika pesticidet og miljøet er i besiddelse af, desto større sandsynlighed er der for, at pesticidet når grundvandet (Cohen, 1984).

Pesticidets egenskaber:

- en vandopløselighed større end ca. 30 ppm (mg/l).
- en K_d -værdi mindre end 1 - 2.
- et vist damptryk.
- en negativ ladning ved pågældende pH.
- halveringstiden for hydrolysen skal være større end 25 uger.
- halveringstiden for photolysen skal være større end 1 uge.
- halveringstiden for jordens nedbrydning skal være større end 2-3 uger.

Miljøets indflydelse:

- områder med et vandoverskud til nedsivning.
- områder med højtliggende grundvand.
- jordtyper, som har en høj hydraulisk ledningsevne.
- jorder med et pH, som virker stabiliserende på det pågældende pesticid.
- lav temperatur (øger nedbrydningstiden).
- områder, hvor grundvandet har et højt nitrattindhold.

9.3.5.1. Klassificering af potentielle grundvandsforurenende pesticider

Ud af godt 200 danske anvendte pesticider er godt 30 udvalgt som potentielt grundvandsforurenende (Helweg, 1984a) pga. deres store opløselighed i vand og deres forholdsvis svage binding til jorden. Af de godt 30 udvalgte er de højst prioriterede, amitrol, bromacil, dalapon, 3,6-dichlorpicolinsyre, 1,3-dichlorpropen, dinoseb, methylisothiocyanat, natriumchlorat, 2,3,6-TBA, TCA og terbacil. Se tabel 4.

Tabel 4. Pesticider, som kan følge vandbevægelser i jorden, og som derfor kan betragtes som potentielle dræn- og grundvandsforurenende stoffer. Karakterer efter skønnet risiko for udvaskning I-III (III = Største udvaskningsrisiko). (Helweg, 1984b).

I	II	III
Atrazin		Aldicarb
Benazolin (forår, sommer)	Benazolin (efterår)	Amitrol (efterår)
Carbaryl	Dicamba	Bromacil
Carbofuran	3,6-Dichlorpicolin- syre (forår, sommer)	3,6-dichlorpicolin- syre (efterår)
Chlorsulfuron	1,3-dichlorpropylen: D-D (forår) og Ditrapex (forår)	1,3-dichlorpropylen: D-D (efterår) Ditrapex (efterår)
Cyanazin		
2,4-D	Hexazinon	Dinoseb (efterår)
Dalapon (forår)	Oxamyl	Methylbromid
Dichlorprop	TCA (forår)	
Dimethoat		Methylisothiocyanat: Basamid, Metam-Na og Ditrapex
Dinoseb (forår)		
Diuron		Natriumchlorat
(grusunderlag)		2,3,6-TBA
Ethylenthiourea: Maneb, Zineb og Mancozeb		TCA (efterår) Terbacil
MCPA		
Methomyl		
Metribuzin		
Phosalon		
Phosphamidon		
Tetradifon		

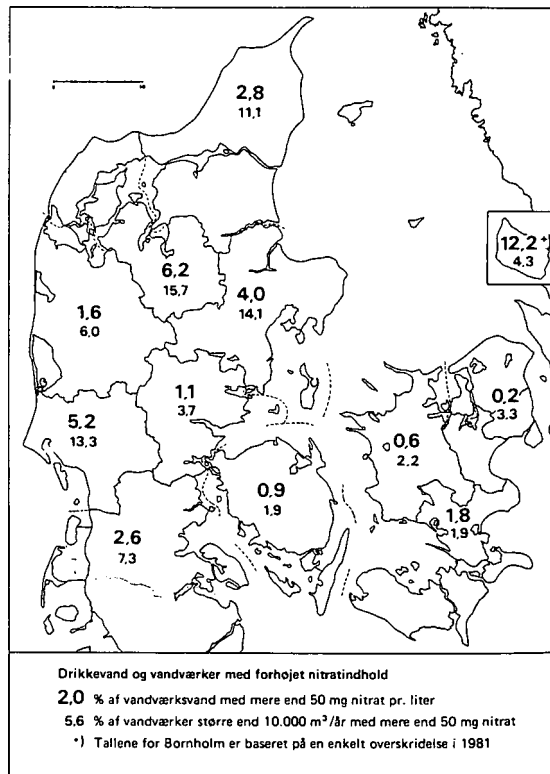
Sammenholdes tabel 4 med nedenstående resultater fra EPA-analyserne (Cohen, 1984), fremgår det, at visse pesticider fra de 3 grupper er fundet i grundvandet i USA.

Følgende pesticider er målt i forbindelse med USA's grundvandsmonitoring (Cohen, 1984). (De pesticider, som ikke anvendes i Danmark, er udeladt).

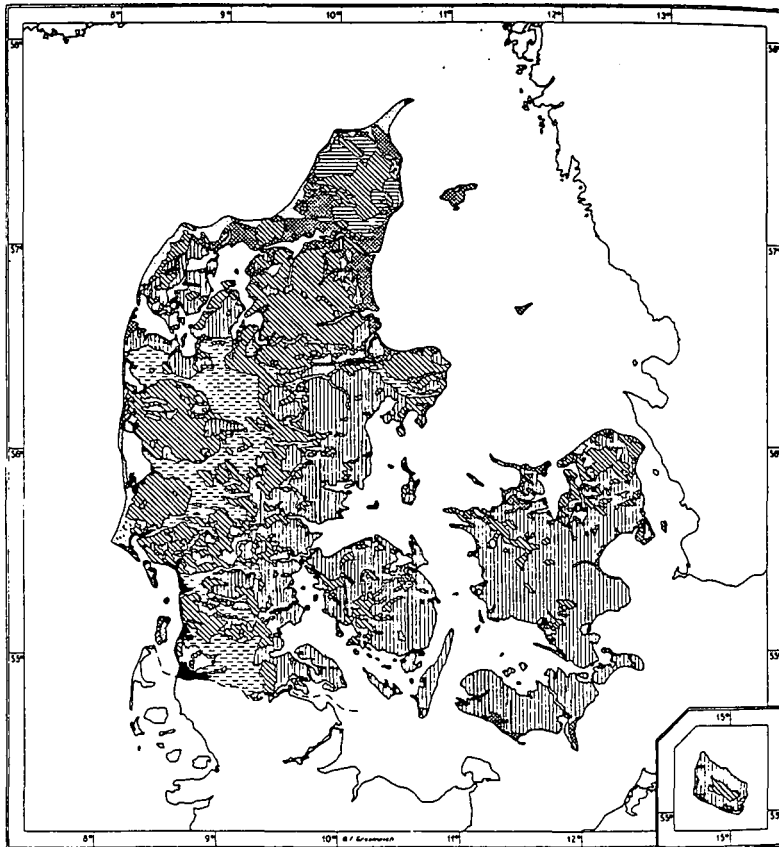
Pesticid	målt i ppb ($\mu\text{g/l}$)
alachlor	0,04
aldicarb (sulfoxid og sulfon)	1-50
atrazin	0,3-3
bromacil	300
carbofuran	1-5
1,2-dichlorpropan	1-50
dinoseb	1-5
oxamyl	5-65
simazin	1-2

9.3.5.2. Potentielle risikoområder

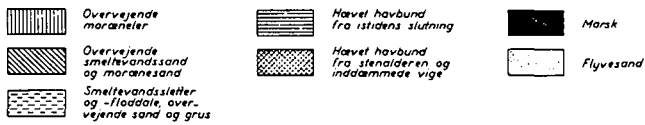
Som nævnt af Cohen (1984) er højt nitratinhold i grundvandet "tracer" for pesticidforurening. Til at få et indtryk af, hvor i Danmark risikoen for ned-sivning af pesticider er størst, kan man derfor bruge tallene for nitratinhold i drikkevandet. Figur 5 viser nitratinholdet. De områder, som har den største nitratbelastning, og som derfor formodes at være de mest risikable med hensyn til pesticidudvaskning, ligger i Jylland. Figur 6 viser et kort over de geologiske aflejringer, og man ser de store områder med sandede aflejringer i netop de jyske områder.



Figur 5. NPO-redegørelsen 1984.



GEOLOGISK KORT OVER DANMARK.
JORDBUNDSKORT.



DANMARKS GEOLOGISKE UNDERSØGELSE 1954.

KELD MILTHERS.

Figur 6.

9.3.6. Litteratur

- Aslyng, H. C., (1968). Klima, jord og vandbalance i jordbruget.
- Cohen, S. Z., Creeger, S.M., Carsel, R.F. og Enfield, C.G. (1984). Treatment and disposal of pesticide wastes, cap. 18, 297-326.
- Dyhr-Nielsen, M., (1981). Vandindvindingens påvirkning af det hydrologiske kredsløb. Rapport Suså-H A2.
- Edwards, C. A. (1973). Pesticides in Air, Rain and Water in "Persistent pesticides in the Environment" CRC Press, Ohio, USA, 1973, p 22.
- Hamaker, J. W. and Thompson, J. M. (1972). "Adsorption. In Organic Chemicals in the soil Environment". (C.A.I. Goring and J.W. Hamaker, eds.) 49-143. Marcel Dekker, New York.
- Hasholt, B. (1973). Kompendium i hydrologi. Geografisk Centralinstitut.
- Hasholt, B. (1976). Naturen og det daglige brød. Særtryk af GO 76-5; 354-367.
- Helling, C. S., Kearney, P. C. and Alexander, M. (1971). Behavior of pesticides in soils. Adv. in Agronomy, 23, 147-240.
- Helweg, A. (1983). Mikrobiologisk nedbrydning og effekt af maleinhydrazid, carbendazim og 2-aminobenzimidazol i jord. Disputats, 153 sider. Statens Planteavlsskontor.
- Helweg, A. (1984a). Beskrivelse af pesticiders nedvaskning i jord. Statens Planteværnscenter.
- Helweg, A. (1984b). Nedbrydning af kemiske stoffer i dybe jordlag. Ugeskrift for Jordbrug 1984, nr. 40, 1089-1093.
- Madsen, H. (1976). Naturen og det daglige brød. Særtryk af GO 76-5; 342-354.
- Rao, P. S. C. and Davidson, J.M. (1979). Adsorption and movement of selected pesticides at high concentrations in soils. Water Research, 13, 375-380.
- Rhodes, R. C. (1980). Soil studies with 14-labelled hexazinone. J. Agric. Food Chem., 28, 311-315.
- Sevel, T., Kelstrup, N. og Binzer, K., (1981). Nedsivning. Rapport Suså-H 6.
- Spencer, E. Y. (1968). Guide to chemicals used in crop protection Research Branch, Canada Dept. of Agriculture, Ottawa, Canada.

- Streibig, J. C. (1975). Nogle edafiske og klimatiske faktorerers indflydelse på herbicidernes fytotoksiske effekt. Litteraturreview ved licentiatkursus, s. 1-2, duplikeret.
- Streibig, J. C. (1979). Soil properties soil adsorption and phytotoxicity of atrazine and simazine in nine Danish soils. *Acta Agric. Scand.*, 30, 364-368.
- Streibig, J. C. (1980). Phytotoxicity and adsorption of TCA and Chloridazon in nine Danish soils. *Acta Agric. Scand.*, 30, 364-368.
- Weber, J. B. and Weed, S. B. (1974). Effect of soil on the biological activity of pesticides in "Pesticides in Soil and Water", W.D. Guenzi, Ed. Soil Sci. Soc. Amer., Inc., USA, 223-256.

9.4. Flora

Søren Thorup

Planteværnscentret

Institut for Ukrudtsbekæmpelse

Flakkebjerg, 4200 Slagelse

9.4.1. Markukrudtet gennem 75 år

9.4.2. Konklusion

9.4.3. Litteratur

9.4.1. Markukrudtet gennem 75 år

De første danske undersøgelser over markukrudtets artssammensætning og mængde skete i 1911-15 (Ferdinandsen, 1918). Når rodukrudtet dengang udgjorde en langt større andel af bestanden, skyldes det de væsentlig dårligere dyrkningsbetingelser og begrænsede, direkte bekæmpelsesmuligheder.

Datidens hestetrukne redskaber var gennemgående primitive og kunne kun suppleres med lugning, stikning og optrækning af ukrudtet. Trods ihærdig mekanisk og manuel indsats - gentagne efterårsplojninger mod rodukrudtet og forårsbearbejdning over flere uger mod frøukrudtet og med årene øget brug af ukrudtsharven - var ukrudtet ofte stærkt udbyttebegrænsende. Halv- og helbrak, som fortsat indgik i omdriften, blev først delvis overflødiggjort af de følgende 20-30 års kulturforanstaltninger.

Den samtidig stigende anvendelse af uorganiske salte til ukrudtsbekæmpelse f.eks. kobbersulfat, svovlsyre og kalkkvælstof medvirkede til, at specielt de gule korsblomstrede blev mindre generende. I samme periode blev der benyttet natriumklorat mod rodukrudt, og der toges mere rationelle bearbejdninger i brug mod alm. kvik.

Dette, sammen med anskaffelse af bedre redskaber, resulterede i en følelig tilbagegang af rodukrudtsmængden i årene før 2. verdenskrig. Lokale undersøgelser og vurderinger tyder dog på, at denne udvikling begunstiger frøukrudtet. Et eksempel fra Sengeløse viser, at natriumklorat ændrer ukrudtsfloraens sammensætning. Før behandlingen var der 9-71 skud af agertidsel + gns. 43 frøukrudtsplanter pr. m². Året efter var der 0-12 agertidsler og 106 enårige, tokimbladede. To år senere var antallet af agertidsel øget en

smule, men samtidig var bestanden af enårige mere end tredoblet. En næsten tilsvarende udvikling skete i slutningen af 40'erne på "Albertslund" i forsøg med hormonmidler mod agersvinemælk. Disse blev næsten udslettet, til gengæld øgedes antallet af frøkrudtsarter fra 17 til 30, hvoraf enkelte, bl.a. alm. fuglegræs, i løbet af et par år blev ganske dominerende.

Den næste større undersøgelse af ukrudtsbestanden skete i 1944-45 (Thorup og Petersen, upubl.) umiddelbart før brugen af hormonmidler. Resultaterne herfra, som Haas (1971) og Haas og Streibig (1979) har sammenholdt med Ferdinandsens materiale, viser at såvel artssammensætning som mængden af de enkelte arter er ændret i løbet af de ca. 30 år. Planteantallet hos de flerårige er formindsket, mens antallet af visse frøkrudtsarter er øget ganske betydeligt. Som sammenligningsgrundlag er også medtaget resultaterne fra en tredje registrering af ukrudt på agerjord udført i begyndelsen af 60'erne (Laursen, 1966). Af sidstnævnte materiale fremgår det, at frøkrudtsbestanden som helhed er formindsket, mens mængden af flerårige arter er aftaget en smule.

Studeres disse sidste resultater, der er indsamlet efter ca. 15 års sprøjtning med MCPA, 2,4-D og "gule midler", er det første indtryk, at arter som ærenpris (flerfarvet og storkronet), skivekamille og natlimurt er øget stærkt i antal siden 1945. Det samme gælder ferskenpileurt, og i nogen grad også glat vejbred, mens konstansen af alm. fuglegræs er uændret.

Den ensidige, flerårige sprøjtning med hormonacetater burde have hindret en forøgelse af en følsom art som glat vejbred. Når dette tilsyneladende ikke er sket, må årsagen være, at registreringen er sket på forskellige lokaliteter - i Midt- og Østsjælland i 1944-45 og på Fyn og i Østjylland i begyndelsen af 60'erne. Grundlaget for sammenligning er dermed faldet bort - materialet giver ikke sikker mulighed for at afgøre, om glat vejbred er tiltagende eller aftagende. Tilsvarende gælder ferskenpileurt med en konstans på 0 i 1944-45 og på 60 i begyndelsen af 60'erne. Da nævnte art nu normalt forekommer på ejendomme, hvor den ikke fandtes i 1944-45, må der være sket en opformering i de mellemliggende år. En anden mulighed er, at spiringsbetingelserne, primært klimaforholdene, har været så ugunstige, at arten er udeblevet. Lignende er senere konstateret ved optællinger over en årrække på samme mark.

Tiltaget af ærenprisarter og den bemærkelsesværdige forøgelse af ferskenpileurt kan også bero på den ensidige sprøjtning med hormontyper, som

er lidet virksomme over for disse arter. Den almindelige antagelse, erfaringen og ikke mindst resultaterne fra ukrudtsforsøgene landet over tyder stærkt på, at MCPA og 2,4-D har favoriseret de nævnte arter. Alm. fuglegræs og enkelte andre arter har tilsvarende været begunstiget af den ensidige sprøjtning. Midt- og Østsjælland afviger dog herfra, idet bestanden af alm. fuglegræs allerede i 1944-45 havde nået en konstans på 94 - mod 73 i samme område i 1918.

Årsagen til den tidlige opblussen af alm. fuglegræs skyldes formentlig de bedre, dvs. mere lerholdige jorder i forbindelse med et mere ensidigt afgrødevalg end gennemsnittet for landet. Endelig kan det vitterligt større N-forbrug på Sjælland være medvirkende til, at netop en nitrofil art som alm. fuglegræs tidligt har gjort sig gældende.

Når jordtypen fremhæves som en væsentlig og ofte afgørende faktor for de enkelte arters forekomst, sker det bl.a. på baggrund af 4-årige undersøgelser (Thorup og Pinnerup, 1983). Disse viste, at en række arter er naturligt hjemmehørende på en given jordtype, og at de dér - og kun dér - har optimale betingelser for udvikling og opformering.

Dette fremgår også af registreringer af ukrudt i 1942-43 og igen i 1981-82 i de samme 11 marker fordelt på 4 jordtyper (Thorup, upubl.). Registreringen uden opgivelse af antal planter er sket i en diagonal - og oprindelig i 15 marker med korn, hvoraf 4 var tilsået med andre afgrøder ved sidste registrering. Af bilag 1 ses, at visse arter foretrækker svær jord og ikke findes på sandjorden - og omvendt. Ifølge bilaget måtte en del nærtstående arter pga. usikkerhed i artsbestemmelsen slås sammen ved gennemgangen i 1981-82, hvor de fleste marker umiddelbart før var hormonsprøjtede. Antallet af arter er derfor kun tilnærmelsesvis rigtigt:

Af de 70-75 registrerede forekom de

41-46 på lerjord i 1942-43 og ca. 30 i 1981-82

46-50 på lermuld i 1942-43 og ca. 30 i 1981-82

42-45 på sandmuld i 1942-43 og ca. 20 i 1981-82

30-35 på sandjord i 1942-43 og ca. 16 i 1981-82

Antallet af arter på de enkelte jordtyper er i god overensstemmelse med antallet på nogenlunde samme jordtyper i bearbejdningsforsøgene ved Rønhave, Roskilde og Tylstrup (Thorup og Pinnerup, 1983). Af bilaget ses også,

at der på de nævnte lokaliteter kun er kommet yderst få nye arter, hvorimod indtil halvdelen af de tidligere observerede ikke er genfundne.

I de mellemliggende år er besætningerne på de pågældende ejendomme reduceret til et minimum, pH er øget med næsten 3 enheder, gødningsforbruget er steget stærkt og udbytterne tilsvarende. Markerne, der i begyndelsen af 40'erne var normalt forurened med ukrudt, er stadig ikke mere ukrudtsfyldte end gennemsnittet for landet. Krydserne i 1982 er derfor generelt udtryk for forekomsten af et "normalt" plantetal.

Bilaget giver også et indtryk af arternes foretrukne voksebund. Kiddike, rødknæ, krumhals og blåmunke foretrækker sandede jorder, mens agersennep, burresterre, svinemælk og lølfod udvikles bedst på lerjord. Alm. fuglegræs forekom ikke på den rene sandjord og var generelt svagere på sandmuld end på lermuld. Strukturforhold, næringsbetingelser og de enkelte jordtypers vandholdende evne er formentlig hovedårsagen til, at arterne trives uens på de forskellige jordtyper.

En tredje faktor, som for 100 år siden var afgørende for såvel afgrødens som ukrudtets trivsel, er jordens Rt-værdi. For at belyse dette, blev der optalt ukrudt i 1945 i det ca. 30-årige kalkforsøg i Lyngby. Resultaterne er vist i bilag 2 (Thorup, upubl.). I samråd med C. A. Jørgensen, KVL og N. C. Nielsen, Hedeselskabet, er arterne opdelt i surbunds-, basebunds- og neutralbundsplanter. Efter datidens opfattelse - efter at mergling og kalkning havde spillet en så stor rolle - havde reaktionstallet større indflydelse på ukrudtet end de forannævnte faktorer.

På baggrund af tallene i bilaget kan der ikke være tvivl om, at Rt har betydning for adskillige arters forekomst. Notater fra de forudgående år bekræfter, at flere af arterne gradvis har tilpasset sig et givet reaktionstal, og at det skete hurtigere for basebundsplanterne end for surbundsplanterne - hvilket også antydes af tallene i bilaget. I begge grupper er der tydeligvis arter, som klarer sig bedst ved et henholdsvis lavt og højt Rt. Gul okseøje hører til førstnævnte gruppe; et eksempel fra praksis viser dog, at gul okseøje klarer sig godt på lermuld med Rt på 6,9. Efter kalkning til Rt 7,4-7,5, som ikke påvirkede udbyttene, forsvandt den dog totalt. Enårig rapgræs, der normalt foretrækker en svag sur jordbund (bilag 2), er derimod ifølge optællinger tiltaget i mængde inden for de sidste 10 år.

Blandt de 47 arter i bilaget er der flere, som i lige så høj eller højere grad påvirkes af næringsforholdene som af Rt. Det gælder ikke mindst agertidsel, der i de gamle gødningsforsøg ved Askov i 1945-46 forekom med indtil 3 gange så mange skud i $1/2$ N og 1 N som i ugødet. Til sammenligning blev der i aug. 1953 optalt tidselskud i stubben af 4 afgrøder i KVL's gamle og usprøjtede forsøgsmark. Tallene viste følgende (Thorup, upubl.):

	0 N	$\frac{1}{2}$ N	1 N
Antal skud	54	501	585
" pr. m ²	0,48	4,47	5,22

Agertidslens afhængighed af næringstilførsel blev flere gange bekræftet under de 4-årige optællinger af ukrudt i forbindelse med reduceret jordbehandling i 1979-82.

Forudgående og senere undersøgelser af ukrudtets reaktion over for reduceret bearbejdning tyder på, at agertidsel også begunstiges af ikke-pløjning. Det gælder også for alm. kvik, hvis der ikke bearbejdes i mindst 5-7 cm dybde, eller hvis handlingerne sker på fugtig jord, specielt forud for vintersæd. Landmænd, som har praktiseret pløjefri bearbejdning over flere år, har generelt ikke større kvikproblemer end andre. Når de fastholder deres bearbejdningsmåde, er det pga. de mindre omkostninger og et væsentligt mindre sortiment af frøkrudsarter. Det sidste bevirker, at valget af herbicid er lettere, og virkningen af sprøjtningen - selv med reduceret dosering - er bedre end landsgennemsnittet.

Når en af disse landmænd har været tvunget til at pløje efter raps, er der det følgende år fundet 16-21 frøkrudsarter mod normalt 5-8 arter. Dette er af anden grund bemærkelsesværdigt, idet spiringsundersøgelser i jordprøver udtaget i marts-april i pløjedybde kun har præsteret 2-5 planter mod 40-60 i den efterårspløjede mark.

Der er næppe tvivl om, at der på forskellig måde kan ændres på det traditionelle dyrkningssystem, hvorved den direkte ukrudtsbekæmpelse billiggøres og lettes

9.4.2. Konklusion

Ukrudtsbestanden på dyrket jord er i de forløbne ca. 75 år af flere årsager ændret ganske betydeligt. Forbedret dyrkningsteknik, gødskning, udsæd og en kemisk bekæmpelse har inden for de sidste 35-40 år samtidig har reduceret arbejdsomkostningerne og forbedret afgrødernes udbytte og kvalitet. Datidens ukrudtsfyldte marker, hvor en række rod ukrudtsarter ofte var dominerende (tidsler, svinemælk, bynke, følfod, skræppe, m.fl.) er begrænset til enkeltplanter, som fortsat skal holdes i ave for at undgå opformering. Kun alm. kvik synes at holde stand, hvilket skyldes en kombination af manglende sædskifte og for sen erkendelse af, at kvik breder sig rekordagtig hurtigt.

Frø ukrudtsmængden i samme periode anslås til at være formindsket med mindst 25%. De tidligere så altdominerende "agerkål", som for 10 år siden var i stærk tilbagegang, er nu mere almindelige. Årsagen hertil er, at hormonacetaterne og de gule midler i stigende grad er afløst af propionater, som er mere effektive over for den tiltagende mængde af bl.a. fuglegræs og pileurter. Da disse nu stort set er under kontrol, er de mere propionatresistente arter som f.eks. stedmoder tiltaget.

Tid efter anden, hvor en eller flere arter truer med kraftig opformering, er der kommet specialmidler på markedet, f.eks. mod kamille og hanekro. Denne udvikling er fortsat med en række kombinerede midler og videreført med meget effektive herbicidtyper, hvor ganske få gram pr. ha har tilstrækkelig virkning mod de fleste ukrudtsarter uden at skade afgrøden.

Stedmoder er en af de få tokimbladede, som overlever denne type af midler. Det må derfor forventes, at både denne og eventuelt andre modstandsdygtige arter kan tage overhånd. Mark ukrudtsfloraen består i strengeste forstand af ca. 200 arter, hvoraf 30-40 optræder som væsentlige ukrudtsarter. Blandt disse eller blandt de ca. 150 øvrige er der arter, som er meget lidt herbicidfølsomme, eller som spirer frem efter normal sprøjtetid, og som derfor pludselig kan blive problematiske. Det gælder hundepersille, liden nælde, natlimurt og vindaks - og mere lokalt arter af kortstråle og amarant.

Vindaks er en græsart, der for 10-15 år siden kun forekom i vintersæd på de lettere jorder. Nu findes den på alle jordtyper og i samtlige forårssåede afgrøder. Den ensidige korndyrkelse er formentlig hovedårsagen. Kemisk bekæmpelse af vindaks og en række andre græsarter, som af samme grund er øget i mængde overalt i landet, er mulig.

6.4.3. Litteratur

- Ferdinandsen, C. (1918): Undersøgelser over danske ukrudtsformationer på mineraljorde. Tidsskr. Planteavl. 25, 629.
- Haas, H. (1971): Herbicidernes uønskede virkninger på floraen. Forureningsrådets publ. nr. 17.99.
- Streibig, J. C. og Haas, H. (1979): Zusammensetzung der Dänischen Unkrautflora und deren Veränderung in den letzten 60 Jahren. Proc. EWRS Symp.: The Influence of Different Factors on the Development and Control of Weeds. 273.
- Thorup, S. og Pinnerup, S. P. (1983): Jordbearbejdning og efterafgrøde ved bygdyrkning. 3. Indflydelse på ukrudtsbestanden. Tidsskr. Planteavl. 87, 237.

Bilag 1.

Forekomst af ukrudtsarter i korn i de samme marker med 19 års mellemrum (Thorup, upubl.).

Lerjord, (Tune) 6 marker i 1942-43 - 4 marker i 1981-82

Lermuld, (Esby) 3 " " " - 2 " " "

Sandmuld, (Esby) 3 " " " - 2 " " "

Sandjord, (Fuglsø) 3 " " " - 3 " " "

x angiver tilstedeværelse af den pågældende art.

(x) angiver 1-2 planter eller sprøjteskadede rester af arten.

o angiver ikke observeret.

	Lerjord 1943-82	Lermuld 43-82	Sandmuld 43-82	Sandjord 43-82
<u>Arter</u>				
A-sennep	x -- o	x -- o	? -- o	o -- o
Kiddike	o -- o	(x) -- o	x -- (x)	x -- (x)
Lugtløs kamille	x -- x	x -- (x)	x -- (x)	o -- o
Fersken- og bleg pileurt	x -- x	x -- x	x -- o	x -- o
Vej-pileurt	x -- x	x -- x	x -- x	o -- o
Snerle-pileurt	x -- (x)	x -- (x)	x -- o	x -- o
Hvidmel. gåsefod	x -- o	x -- (x)	x -- x	x -- x
Alm. fuglegræs	x -- x	x -- x	x -- (x)	o -- o
Kornblomst	x -- o	x -- o	x -- o	(x) -- o
Kornvalmue	x -- o	x -- o	x -- o	o -- o
Stedmoder-arter	x -- x	x -- x	x -- (x)	x -- x
Vejbred-arter	x -- o	x -- o	x -- o	o -- o
Mark-forglemmigej	(x) -- x	(x) -- x	x -- x	x -- x
Storkronet ærenpris	x -- x	x -- x	x -- (x)	o -- o
Andre ærenpris-arter	x -- x	x -- x	x -- o	x -- x
Vortemælk-arter	x -- x	x -- x	x -- (x)	o -- o
Liden og rød tvetand	x -- x	x -- x	x -- (x)	? -- o
Burresnerre	x -- (x)	x -- (x)	o -- o	o -- o
Brunelle	o -- o	x -- o	x -- o	o -- o
Hanekro-arter	(x) -- o	(x) -- x	o -- x	o -- o
A-gåseurt	x -- o	x -- o	(x) -- o	o -- o
Skiver kamille	x -- o	x -- x	x -- o	o -- o
Rød arve	x -- x	x -- x	x -- ?	o? -- o
Storkenæb-arter	x -- o	x -- (x)	x -- x	x -- x
Grå bynke	o -- o	(x) -- o	x -- o	(x) -- (x)
Alm. spergel	o -- o	o -- o	x -- (x)	x -- (x)
Enår. knavel	o -- o	(x) -- o	(x) -- o	x -- x
Rødknæ	o -- o	o -- o	x -- o	x -- (x)

	Lerjord 1943-82	Lermuld 43-82	Sandmuld 43-82	Sandjord 43-82
Krumhals	0 -- 0	0 -- 0	x -- 0	x --(x)
Hønsetarm	(x)-- 0	x -- 0	x --(x)	x -- x
Vikke-arter	0 -- 0	x -- 0	0 -- 0	x -- 0
Blåmunke	0 -- 0	0 -- 0	0 -- 0	x -- 0
Gul okseøje	0?-- 0	(x)-- 0	x --(x)	x --(x)
Svinemelde	x -- x	x -- x	0 -- 0	0 -- 0
Klinte	0 -- 0	x -- 0	x -- 0	0 -- 0
Høgeurt-arter	0 -- 0	x -- 0	0 -- 0	0 -- 0
Mælkebøtte	x -- 0	x --(x)	x -- 0	(x)-- 0
A-mynte	x -- 0	x -- 0	0 -- 0	0 -- 0
Sneglebælg	x -- 0	0 -- 0	x -- 0	0 -- 0
Kær-gälletand	x -- 0	0 -- 0	0 -- 0	0 -- 0
Hyrdetaske	0 -- x	x -- 0	x -- 0	0 -- 0
Ranunkel-arter	x -- x	x -- 0	0 -- 0	0 -- 0
Alm. brandbæger	x -- 0	x -- 0	x -- 0	x -- 0
Vår-brandbæger	0 -- 0	0 -- 0	0 -- 0	x -- x
Alm. dværgløvefod	0 -- 0	0 -- x	0 -- 0	x -- x
Sump-evighedsblomst	0 -- 0	0 -- 0	(x)-- 0	(x)--(x)
Gederams	0 -- 0	0 -- 0	0 -- 0	x -- 0
Haremad	x --(x)	(x)-- 0	0 -- 0	0 -- 0
Hundepersille	0 --(x)	0 -- 0	0 -- 0	0 -- 0
Læge-jordrøg	x --(x)	x --(x)	0 -- x	0 -- 0
Ager-tidse	x --(x)	x --(x)	x --(x)	(x)-- 0
Kruset tidse	x -- 0	(x)-- 0	0 -- 0	0 -- 0
Slangehoved	0 -- 0	0 -- 0	0 -- 0	x -- 0
Svinemælk-arter	x --(x)	(x)--(x)	(x)-- 0	0 -- 0
Følfod	0 --(x)	0 -- 0	0 -- 0	0 -- 0
Skræppe-arter	x -- 0	0 -- 0	x -- 0	0 -- 0
Tudse-siv	0 -- 0	0 -- 0	x -- 0	0 -- 0
Alm. kvik	x -- x	x --(x)	x --(x)	x -- 0
Enår. rapgræs	x -- x	x -- x	x -- x	(x)-- 0?
Vindaks	0 --(x)	0 -- 0	0 -- 0?	0 -- 0
Flyvehavre	x --(x)	0 -- 0	0 -- 0	0 -- 0
Hundegræs	x -- 0	x -- 0	x -- 0	x -- 0
Andre fodergræsser	x -- x	x -- x	x --(x)	(x)-- 0

Bilag 2.

Reaktionstallets indflydelse på de enkelte ukrudtsarters forekomst. Optælling i september 1945 i Virumgårds mangeårige kalkforsøg (Thorup, upubl.).

Rt.	4.8	6.0	6.5	7.0
<u>Surbundsplanter, 14 arter:</u>				
Rødknæ	-	-	1	-
Enår. knavel	52	2	10	3
Kiddike	-	1	-	-
Gul okseøje	33	29	9	2
Sump-evighedsblomst	200	411	56	40
Mark-viol	24	-	2	-
Alm. spergel	903	259	112	15
Krumhals	-	-	-	2
Alm. dværgløvefod	-	14	32	60
Fremligg. firling	-	-	-	5
Bleg pileurt	198	44	30	17
Tudsesiv	222	63	55	26
Gederams	-	-	-	2
Håret frytle	-	1	-	-
I alt	1632	824	307	172
<u>Basebundsplanter, 14 arter:</u>				
Svine-mælde	-	3	15	-
Storkron. ærenpris	-	35	94	105
Liden tvetand	-	-	23	-
Rød tvetand	-	-	2	-
Fligblad. storkenæb	-	50	36	46
Blød storkenæb	-	-	5	12
Alm. fuglegræs	-	7	8	5
Rød arve	-	-	17	9
Ager-svinemælk	-	8	9	15
Kruset skræppe	-	-	-	17
Ager-tidsel	1	42	97	27
Læge-oksetunge	-	-	6	17
Glat vejbred	-	30	19	19
Ager-gåseurt	7	26	62	49
I alt	8	201	393	321

Rt.	4.8	6.0	6.5	7.0
Neutralbundsplanter, 19 arter:				
Enårig rapgræs	1025	1302	1063	717
Vej-pileurt	-	4	5	2
Snerle pileurt	6	5	7	-
Hundegræs	3	2	5	8
Hvidmel. gåsefod	-	2	2	4
Alm. hyrdetaske	-	18	22	19
Hanpagt-hanekro	-	-	2	-
Hvidkløver	-	-	-	3
Rajgræs	2	-	-	1
Tveskæg-ærenpris	-	2	-	-
Høgeurt	2	-	-	-
Hør	8	50	99	48
Alm. kvik	209	-	-	9
Alm. hønsetarm	3	204	71	122
Alm. brandbæger	14	21	83	77
Mark-ærenpris	3	-	6	-
Mælkebøtter	-	6	20	13
Ager-stedmoder	36	115	143	67
Vandgr. ranunkel	-	-	1	2
I alt - enår. rapgræs	1311	1731	1529	1092

9.5. Pesticidernes indflydelse på nytteinsekter og øvrige fauna

Lise Samsøe-Petersen & P. Esbjerg

Planteværnscentret

Institut for Plantepatologi

2800 Lyngby

9.5.1. Indledning

9.5.2. Nyttedyr

9.5.3. Pesticidernes virkning på nyttedyr

9.5.3.1. Markforsøg

9.5.3.2. Laboratorieforsøg

9.5.3.3. Resultater

9.5.4. Pesticidernes indflydelse på fauna'en generelt

9.5.5. Muligheder for at skåne fauna'er yderligere

9.5.6. Litteratur

9.5.1. Indledning

Pesticider er beregnet til at ødelægge levende organismer. Det gælder såvel insekt-, svampe- som ukrudtsmidler. De i dag anvendte midler er meget effektive over for den eller de organismer, de bruges imod - og en del af dem påvirker også andre arter end lige netop "målgruppen". De senere års forskning i disse virkninger peger på muligheder for nedsættelse af denne påvirkning.

I og omkring marken er der orme, insekter, mider og edderkopper til stede. Nogle er skadedyr, men de fleste er arter, man ikke sigter mod ved anvendelsen af pesticider. Blandt de sidstnævnte er der mange arter, som på den ene eller den anden måde er nyttige. Bier og regnorme er velkendte, og der gøres allerede meget for at skåne dem. Desuden er der en lang række planteædende arter, som ikke lever af afgrøderne (men f.eks. af ukrudt). Disse arter tjener ofte som føde for dyr, vi gerne vil have - f.eks. fasaner og agerhøns. Endelig er der en stor gruppe insekter o.l., der er nyttige, fordi de er med til at begrænse udviklingen af skadedyrsbestande. Det er rovdyr og snylttere, der lever af skadedyr, og de betegnes almindeligvis som nyttedyr. Denne gruppe er den, der er bedst undersøgt for reaktioner på pesticider.

9.5.2. Nyttedyr

Et af de bedst kendte nyttedyr er mariehønen, der æder bladlus. Mariehønen er et eksempel på den type rovdyr, der kun æder én slags dyr (den er specifik). Det betyder at den - når den er der - er meget effektiv. Til gengæld optræder den først, når der er mange bladlus. Andre rovdyr - f.eks. løbebiller - æder stort set alt, hvad de møder (de er generelle) - også deres egne æg og larver. Med disse nyttedyr risikerer man, at de æder noget andet end det skadedyr, man er interesseret i. Til gengæld er der gode chancer for, at de findes i marken det meste af tiden. Også en del arter af fluer og hvepse er nyttedyr. De er snylttere, idet de fleste af dem lægger deres æg i skadedyrene, og larverne gennemfører deres udvikling indeni f.eks. bladlusene, som de lever af. Snyltehvepse og -fluer har oftest kun én art som vært - ligesom mariehønen kun æder bladlus (omend der er tale om flere arter).

De generelle nyttedyr findes typisk blandt jordoverfladens fauna af løbe- og rovbiller, som lever af f.eks. bladlus, insektæg og -larver. Disses nyttevirkning er påvist i en lang række undersøgelser (bl.a. Sunderland, 1975,

Sunderland et al., 1980, Basedow et al., 1976). En nyere dansk undersøgelse (Scheller, 1984) har vist, at den herhjemme almindeligste art (*Bembidion lampros*) kan findes i tætheder, der er tilstrækkelige til at forhindre opformering af bladlus ved moderat invasion fra vinterværten. Denne løbebille findes alle vegne, og den æder såvel flueæg (fritfluer, kålfluer, løgfluer) som bladlus. Dens betydning skyldes bl.a., at den forekommer meget talrigt i marken meget tidligt på sæsonen. Den er altså aktiv netop på det tidspunkt, hvor skadedyrangrebene begynder – og der ikke er ret mange skadedyr. Hvis flueæg-gene bliver ædt, før de klækkes, eller larverne bliver det, medens de er små, så bliver såvel skaden forvoldt af 1. generation som antallet af fluer i 2. generation nedsat. Hver bladlus, der forsvinder på dette tidspunkt, får ikke mulighed for at blive stammoder til tusindvis af bladlus senere på sæsonen. *Bembidion lampros* er bare ét eksempel på den række af nytteinsekter, edderkopper og mider, der i marken kan give et vægtigt bidrag til bekæmpelsen af skadedyrene.

9.5.3. Pesticiders virkning på nyttedyr

Der er foretaget mange undersøgelser af pesticiders virkning på nyttedyr som f.eks. rovbiller, løbebiller, mariehøns, svirrefluer, snyltehvepse og rovmider.

9.5.3.1. Markforsøg

En del af disse undersøgelser er udført som markforsøg, hvor man ved forskellige former for indfangning af insekterne før og efter pesticidbehandlinger har fået bekræftet, at mange midler påvirker nyttedyrene (f.eks. Rzehak et al., 1982; Vickerman et al., 1977; Andersen, 1982; Eltiti, 1980; Finlayson, 1979; Hassan, 1969; Mowat et al., 1981; Chiverton, 1984; Sotherton, 1985). De fleste af resultaterne viser, at nyttedyrene skades, men hvori skaden består, og hvor længe den eventuelt vil sætte spor i nyttedyr-bestanden er ikke klarlagt i disse undersøgelser. Det ses dog allerede her, at ikke alene insekticider, men også en del af fungiciderne skader nyttedyrene.

9.5.3.2. Laboratorieforsøg

Man har også mere præcise oplysninger om pesticiders virkning på en lang række nyttedyr-arter. De stammer fra laboratorie-tests. Her undersøges såvel overlevelse som muligheder for, at midlerne kan have en forsinket virkning

ved f.eks. at nedsætte nyttedyrenes frugtbarhed og/eller ædelyst (f.eks. Hassan et al., 1983 og 1985; Kirknel, 1978; Samsø-Petersen, 1983). I et internationalt samarbejde er der udviklet testmetoder til en lille snes arter af nyttedyr, og ved fælles testprogrammer er op til 64 pesticiders virkning på disse arter undersøgt. Der er tale om såvel insekticider som fungicider og herbicider. Resultaterne offentliggøres i fælles publikationer, hvoraf Hassan et al 1983 er den sidste. Her får man altså ikke alene et indtryk af den enkelte nyttedyr-arts følsomhed for pesticider, men også et helhedsbillede af de enkelte pesticiders effekter på et bredt udsnit af nyttefaunaen.

9.5.3.3. Resultater

Ved disse undersøgelser har det vist sig, at de fleste af de insekticider, der anvendes i dag, ikke alene dræber skadedyrene, men også mange af nyttedyrene. Blandt fungiciderne er der også eksempler på midler, der skader nyttedyrene, men de fleste har ingen eller kun ringe virkning. Af de undersøgte herbicider påvirker omtrent halvdelen nyttedyrene kraftigt, medens den anden halvdel stort set er uskadelige.

I nogle lande (f.eks. Holland og Schweiz) bruges integrerede bekæmpelsesprogrammer allerede i frugtavl og landbrug, hvor viden om pesticiders virkning på nyttedyrene indgår i oplysningen. Herhjemme er det samme tilfældet inden for drivhussektoren, og der arbejdes på at udvide denne service til frilandsafgrøder. På Planteværnscentret er der udviklet et par testmetoder til undersøgelse af pesticiders virkning på nyttedyr, og man er begyndt at arbejde med den omtalte løbebille.

En større udnyttelse af skadedyrenes naturlige fjender kan måske også opnås ved etablering af områder, hvor disse arter får bedre opformerings- og overvintringsbetingelser, end de, der normalt forekommer i det dyrkede land. Sådanne betingelser kan eventuelt opnås ved at undlade behandling af mindre dele af afgrøden - de såkaldte sprøjtefrie randzoner - eller ved etablering af tætbevoksede hegn af en rimelig bredde i markskellene (Sotherton 1984 a og b).

Afslutningsvis skal det understreges, at selv om man kan udnytte de naturlige fjender i betydelig større udstrækning, end det sker for nærværende, så vil det ikke medføre et drastisk fald i behovet for skadedyrsbekæmpelse. Det vil være én blandt mange brikker i et større puslespil - integreret bekæmpelse - der som mål indeholder en økonomisk og økologisk afba-

lanceret skadedyrsbekæmpelse, der ikke ensidigt er baseret på anvendelse af kemiske midler. Et væsentlig element i afbalanceringen er den økonomiske optimering, der ligger i kun at foretage behandling, når skadetærskelværdier overskrides. På planteværnscentret er f.eks. monitorering af bladlus, rapsskadedyr, knoporme, fritfluer, gulerodsfluer og ærteviklere sat i system i de seneste år.

9.5.4. Pesticiders indflydelse på fauna'en generelt

Resultaterne fra de undersøgte nyttedyr-arter, der repræsenterer mange forskellige systematiske grupper, tyder på, at den lavere fauna som sådan skades af flertallet af behandlinger med i hvert fald insekticider. Dertil kommer, at mange pesticidbehandlinger får indirekte langtidsvirkninger på faunaen, idet såvel planter til føde og ly, som byttedyr fjernes. For sådanne langtidsvirkninger gælder oftest, at de er særdeles vanskelige at kvantificere og påvise, før man har adskillige års materiale til rådighed. Betydningen af, hvor hyppigt det enkelte pesticid anvendes er ikke undersøgt, ligesom den kombinerede virkning af flere pesticider i samme behandling er ukendt. Pesticidernes direkte virkning på den højere fauna (fugle, krybdyr, padder, pattedyr) er ret velundersøgt, og direkte forgiftninger sker stort set ikke i dag. I 50'erne var der tilfælde, hvor hele flokke af fugle døde efter at have ædt bejdsede frø.

Den vigtigste grund til, at noget sådant ikke sker mere er, at man bruger midler, der er ugiftige for disse dyr - selv i mængder, der ligger langt over, hvad dyrene normalt kommer i kontakt med. Den påvirkning af den højere fauna, der er mulig gennem ophobning af stoffer i fødekæder (som f.eks. med DDT), undgås også i Danmark ved meget begrænset anvendelse af stoffer, der nedbrydes langsomt.

9.5.5. Muligheder for at skåne faunaen yderligere

Der eksisterer altså allerede et system, som frasorterer pesticider, der har uønskede kendte bivirkninger. På længere sigt vil det givetvis blive gjort mere finmasket. Dels kan det i det lange løb betale sig at skåne nyttedyrene, hvorved også vildtets føde skånes i vid udstrækning og dels er der et stadigt voksende ønske fra miljø- og naturinteresserede om at skåne naturen i almindelighed.

9.5.6. Litteratur

- Andersen, A. - 1982. The effect of different dosages of isofenphos on Carabidae and Staphylinidae, Z.ang.Ent. 94, 64-65.
- Basedow, Th. et al. - 1976, Untersuchungen über das Vorkommen der Laufkäfer (Col.: Carabidae) auf Europäischen Getreidefeldern, Entomophaga 21 (1), 59-72.
- Chiverton, P. A. - 1984. Pitfall-trap catches of the carabid beetle *Pterostichus melanarius*, in relation to gut contents and prey densities, in insecticide treated and untreated spring barley, Entomol.exp.appl. 36, 23-30.
- Coaker, T. H. & Williams, D. A. - 1963. The Importance of some Carabidae and Staphylinidae as Predators of the Cabbage Root Fly, *Erioischia brassicae* (Bouche), Ent. exp. & appl. 48, 156-164.
- Croft B. A. & Whalon, M. E. - 1982. Selective toxicity of pyrethroid insecticides to arthropod natural enemies and pests of agricultural crops, Entomophaga, 27 (1), 3-21.
- Eltiti, A. - 1980. Die Veränderung der Kohlfiegenmortalität als folge der chemischen Bekämpfung von anderen Kohlschädlingen, Z.Ang. Ent. 90, 401-412.
- Finlayson, D. G. - 1979. Combined effects of soil-incorporated and foliar-applied insecticides in bed-system production of Brassica crops, Can. J. Plant. Sci., 59, 399-410.
- Finlayson, D. G., Mackenzie, J. R., Campbell, C. J. - 1980. Interactions of insecticides, a Carabid predator, a Staphylinid parasite, and cabbage maggots in cauliflower, Environ.Entomol. 9, 789-794.
- Hassan, S. A. - 1969. Observations on the effect of insecticides on Coleopterous predators of *Erioischia brassicae* (Diptera: Anthomyiidae), Ent.exp. & appl. 12, 157-168.
- Hassan, S. A. et al. - 1983. Results of the second joint pesticide testing programme by the IOBC/WPRS Working Group "Pesticides and Beneficial Arthropods", Z. ang. Ent. 95, 151-158.
- Hassan, S. A. et al. - 1985. Standard methods to test the side-effects of pesticides on natural enemies of insects and mites developed by the IOBC/WPRS Working Group "Pesticides and Beneficial Organisms". EPPO Bulletin 15, 214-255.

- Kirknel, E. - 1978. The influence of diazinon, trichloronate, carbofuran and chlorfenvinphos on the parasitization capacity of the rove-beetle *Aleochara bilineata* (Gyll.), Tidskr. Planteavl 82, 117-129.
- Morris, R. F. - 1980. Control of root maggots in swede turnips in Newfoundland with Heptachlor and Aldrin and the effect on parasites and overwintering pupae, J. Econ. Entomol. 53, 1, 65-67.
- Mowat, D. J. & Martin, S. J. - 1981. The contribution of predatory beetles (Coleoptera: Carabidae and Staphylinidae) and seed-bed-applied insecticide to the control of cabbage root fly, *Delia brassicae* (Wied.) in transplanted cauliflowers, Hort. Res. 21, 127-136.
- Rzehak, H. & Basedow, Th. - 1982. Die Auswirkungen verschiedener Insektizide auf die epigäischen Raubarthropoden in Winterrapsfeldern, Anz. Schädlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz 55, 71-75.
- Samsøe-Petersen, L. - 1983. Laboratory Method for Testing Side Effects of Pesticides on Juvenile Stages of the Predatory Mite, *Phytoseiulus persimilis* (Acarina, Phytoseiidae) based on Detached Bean Leaves, Entomophaga, 28 (2), 167-178.
- Samsøe-Petersen, L. - 1985. Laboratory tests to investigate the effects of pesticides on two beneficial arthropods: A predatory mite (*Phytoseiulus persimilis*) and a Rove Beetle (*Aleochara Bilineata*). Pestic. Sci., 16, 321-331.
- Scheller, H.V. - 1984, The role of ground beetles (Carabidae) as predators on early populations of cereal aphids in spring barley, Z.ang.Ent. 97, 451-463.
- Sotherton, N.W. - 1984 a, The distribution and abundance of predatory arthropods overwintering on farmland, Ann.Appl.Biol, 105, 423-429.
- Sotherton, N. W. - 1984 b, Distribution and abundance of predatory insects on farmland in relation to habitat, Final report to A.F.R.C.
- Sotherton, N.W. - 1985. The effects of summer applications of three foliar fungicides on beneficial arthropods in cereal fields, Report, "The Cereals and Gamebirds Research Project", Game Conservancy, upubl.
- Sunderland, K.D. - 1975. The diet of some predatory arthropods in cereal crops, Journ.Appl.Ecol. 12: 507-515.
- Sunderland, K.D. et al - 1980. Aphid feeding by some polyphagous predators in relation to aphid density in cereal fields, Journ.Appl.Ecol, 17, 389-396.

Vickerman, G. et al - 1977. Some effects of dimethoate on arthropods in winter wheat, J.Appl.Ecol. 14, 767-777.

9.6. Mikroflora

Susanne Elmholt

Statens Planteværnscenter

Analyselaboratoriet for Pesticider

Flakkebjerg, 4200 Flakkebjerg

- 9.6.1. Mikrofloraens betydning
- 9.6.2. Hvordan måles pesticideffekter på jordens mikroflora?
 - 9.6.2.1. Forsøg med renkulturer
 - 9.6.2.2. Forsøg med mikroorganismer i jord
 - 9.6.2.3. Eksempler fra danske og udenlandske undersøgelser
- 9.6.3. Udgør de målte pesticideffekter en risiko for mikrofloraen?
- 9.6.4. Hvilke krav stiller myndighederne i forbindelse med godkendelse af pesticider i Danmark og udlandet?
- 9.6.5. Hvor bør der sættes ind i fremtiden?
- 9.6.6. Litteratur

9.6. Mikroflora

9.6.1. Mikrofloraens betydning

Jordens mikroflora udgøres af alger, strålesvampe (actinomyceter), bakterier og svampe. Alene bakterier og svampe anslås at have en gennemsnitlig masse på ca. 5 t/ha i agerjord (Lynch & Panting, 1980).

Jordens svampe og bakterier udgør den økologiske fødekædes nedbryderled. Deres primære funktion er at binde, nedbryde og omdanne det organiske materiale (døde planterester m.m.), som tilføres jorden, til simple næringsstoffer, der er tilgængelige for efterfølgende afgrøder (Lynch, 1983). Disse mikroorganismer lever udelukkende af dødt, organisk materiale og kaldes saprofytiske. Andre af jordens mikroorganismer kan under visse betingelser optræde parasitisk, dvs. ernære sig af levende, organisk materiale. De udgør herved en potentiel risiko for markens afgrøde. Der eksisterer mellem jordens mikroorganismer en balance, som bestemmes af indbyrdes forhold som parasitisme, konkurrence (om næringsstoffer, vand m.m.) og antagonisme (nogle arters evne til at udskille stofskifteprodukter, som virker hæmmende på andre organismers vækst). Denne balance kan ændres som følge af ændringer i mikroorganismernes livsvilkår (temperatur, nedbør m.v.) eller som følge af menneskelig aktivitet, som f.eks. jordbearbejdning, gødskning eller pesticidbehandling. Plantesygdomme, der induceres eller forværres som følge af pesticidbehandling, kaldes "iatrogene sygdomme" (Horsfall, 1979; Bollen, 1982). Jordens mikroflora spiller endvidere en vigtig rolle for opretholdelse af en god jordstruktur ved udskillelse af klæbrige eksudater og ved - for svampenes vedkommende - at sammenvæve jordens primærpartikler til aggregater (Tisdall & Oades, 1982).

Mikrofloraen er således en overordentlig vigtig brik i agerjordens økologi, både i forbindelse med kemiske, fysiske og biologiske processer. Derfor er det meget vigtigt, at brug af pesticider hverken på kortere eller længere sigt ødelægger disse funktioner.

9.6.2. Hvordan måles pesticideffekter på jordens mikroflora?

Ved forsøgsplanlægning kan man vælge forskellige fremgangsmåder, der kort beskrives nedenfor.

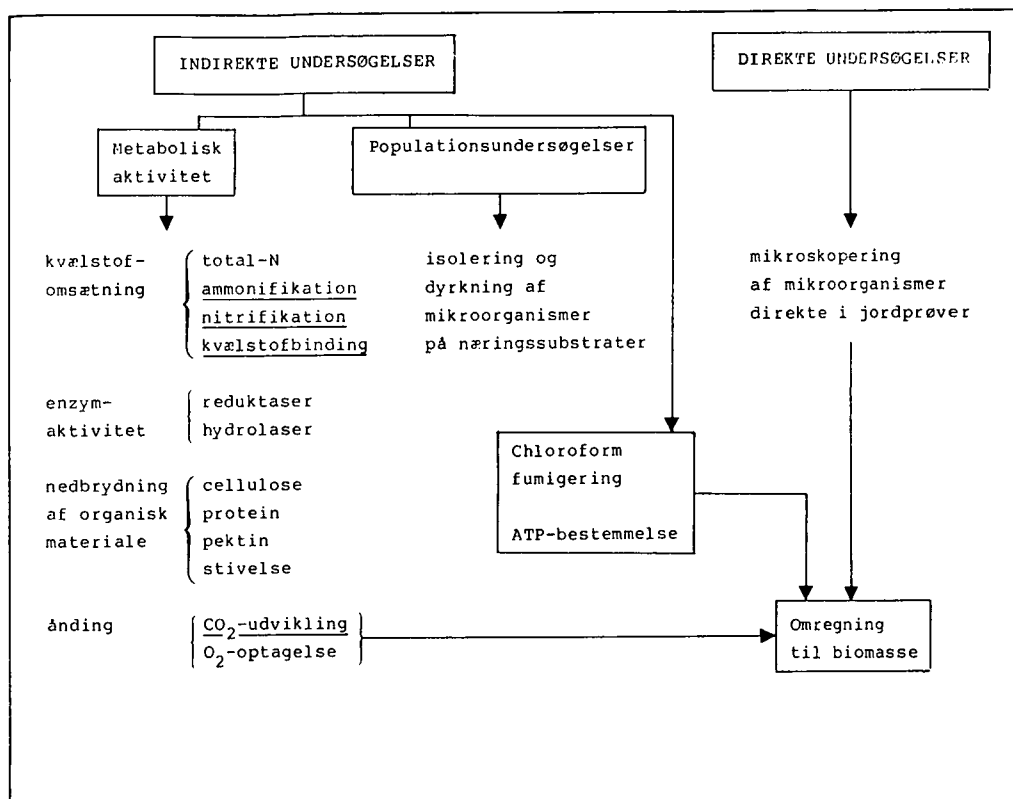
9.6.2.1. Forsøg med renkulturer

En tidligere meget benyttet fremgangsmåde til at måle pesticideffekt på mikroorganismer var at måle væksthastighed af renkulturer (f.eks. bakterier og svampe) på næringssubstrater, der er tilsat varierende doser af det undersøgte pesticid. Sådanne tests er billige, hurtige og har en god reproducerbarhed (dvs. de kan gentages i samme eller andre laboratorier med tilsvarende resultat) - men renkulturforsøg afslører ikke noget sikkert om forholdene i jord: Dels udføres de med "laboratorieorganismer", som kan have ændret sig, siden de blev isoleret fra jord, eller som måske slet ikke stammer fra jord (Greaves, 1983). Dels udføres de under helt andre forhold end i jord. Dette skyldes bl.a., at en del af det pesticid, som tilføres jorden, ikke er tilgængeligt for mikroorganismene, fordi det bindes til jordpartikler, nedbrydes, optages i planter eller udvaskes til dybere jordlag (Helweg, 1976). Den effekt, man måler i renkulturforsøg, er derfor ofte større end den effekt, man måler med tilsvarende doser i jord.

9.6.2.2. Forsøg med mikroorganismer i jord

Man får et bedre indtryk af pesticideffekt ved at undersøge effekten på mikroorganismer i jord, enten vha. markforsøg eller laboratorieforsøg. I markforsøg pesticidbehandles jorden under naturlige forhold, hvorefter man udtager jordprøver og undersøger en evt. effekt. I laboratorieforsøg hjemtages og sigtes jordprøverne, inden de i laboratoriet tilføres pesticidet under kontrollerede forhold. Laboratorieforsøg er hurtigere og har en bedre reproducerbarhed end tilsvarende markforsøg. Det skyldes, at velkontrollerede markforsøg er meget vanskelige at udføre, fordi forhold som klima og plantedække har stor indflydelse på resultaterne (Greaves & Wingfield, 1984). Som et "kompromis" mellem laboratorie- og markforsøg regnes "mikrokosmosforsøg", hvor man simulerer markens økosystem i laboratoriet. I bred betydning omfatter mikrokosmosforsøg alt fra simple karforsøg til komplicerede - og meget kostbare - dyrkningskamre, hvor man løbende kan regulere og kontrollere forskellige biotiske og abiotiske parametre (Smieš, 1984; Pritchard & Bourquin, 1984).

Uanset man vælger at lave markforsøg, mikrokosmosforsøg eller laboratorieforsøg, står man til slut med en jordprøve og skal undersøge, om dens mikroorganismer er blevet påvirket af pesticidbehandlingen. I figur 1 er skitseret nogle af de tests, man kan anvende til at måle pesticidpåvirkning.



Figur. 1. Eksempler på tests til indirekte og direkte undersøgelse af mikroorganismer. For litteraturreferencer, se teksten. De tests, som anbefales i Danmark er understregede.

Undersøgelser af mikroorganismernes metaboliske aktivitet i jorden omfatter et meget stort antal metoder, primært vedrørende åndingsaktivitet (respiration), kvælstofomsætning, nedbrydning af forskellige organiske materialer og enzymaktivitet, jvf. figur 1 (Rosswall, 1973; Greaves et al., 1978; Domsch et al., 1979; Beck, 1984). Disse metoder er indirekte, fordi de kun beskriver processer i jorden, men ikke hvor mange eller hvilke mikroorganismer, der er ansvarlige for den målte aktivitet. Der kan således godt ske ændringer i den mikrobielle balance (stimulering af visse arter på bekostning af andre), uden at dette kan registreres (Greaves & Wingfield, 1984).

Populationsundersøgelser er mere velegnede til at afsløre ændringer i jordens mikrobielle balance. Man undersøger ikke mikroorganismene, som de ser ud i jorden på udtagningstidspunktet, men foretager i stedet en isolering,

dyrkning, optælling og identifikation på egnede næringssubstrater. Uheldigvis findes der ingen næringssubstrater, hvorpå alle mikroorganismer kan vokse; de favoriserer alle bestemte, ofte forskellige arter. Derfor er disse tests ligesom undersøgelser af mikroorganismers metaboliske aktivitet indirekte, jvf. figur 1. I nogle tilfælde får man altså et ufuldstændigt, i andre tilfælde måske et direkte misvisende billede af mikroorganismernes sammensætning (Pugh, 1980).

Mikroskopiske undersøgelser kan som de eneste beskrive forekomsten af bakterier og svampe i jorden på prøveudtagningstidspunktet ved hjælp af bakteriecelletællinger og måling af svampehyfelængde (Jones & Mollison, 1948). Disse undersøgelser kan derfor karakteriseres som direkte undersøgelser, se figur 1. Det er dog ikke muligt at artsbestemme mikroorganismene. Den største ulempe ved de direkte metoder er, at de er uhyre arbejdskrævende.

Som udtryk for det samlede mikrobielle "potentiale" i jord kan man beregne jordens biomasse pr. volumenenhed jord efter brug af forskellige direkte eller indirekte metoder, se figur 1. Det mål, man får for biomasse ved brug af indirekte metoder, beskriver de aktive organismer og fortæller sjældent, hvilke organismer der er involverede: f.eks. kan en del af CO_2 -udviklingen stamme fra mikrofauens eller fra planterøddernes ånding (Anderson & Domsch, 1975; Jenkinson et al., 1976; Eiland, 1984). Omregning til biomasse ved brug af direkte undersøgelser er usikker, fordi man mangler tilstrækkeligt sikre gennemsnitstal for cellediameter, densitet og tørstofindhold i svampe og bakterier fra agerjord (Hanssen et al., 1974; Newell & Statzell-Tallman, 1982). Til gengæld er man sikker på, at den biomasse, man måler, stammer fra mikroorganismer, og man er i de seneste år begyndt at udvikle teknikker, der kan skelne levende fra død biomasse (Söderström, 1979).

9.6.2.3. Eksempler fra danske og udenlandske undersøgelser

I udlandet begyndte man at undersøge pesticideffekter på jordens mikroflora for mere end 20 år siden (Anderson, 1978; Domsch et al., 1983), i Danmark lidt senere (Helweg, 1976).

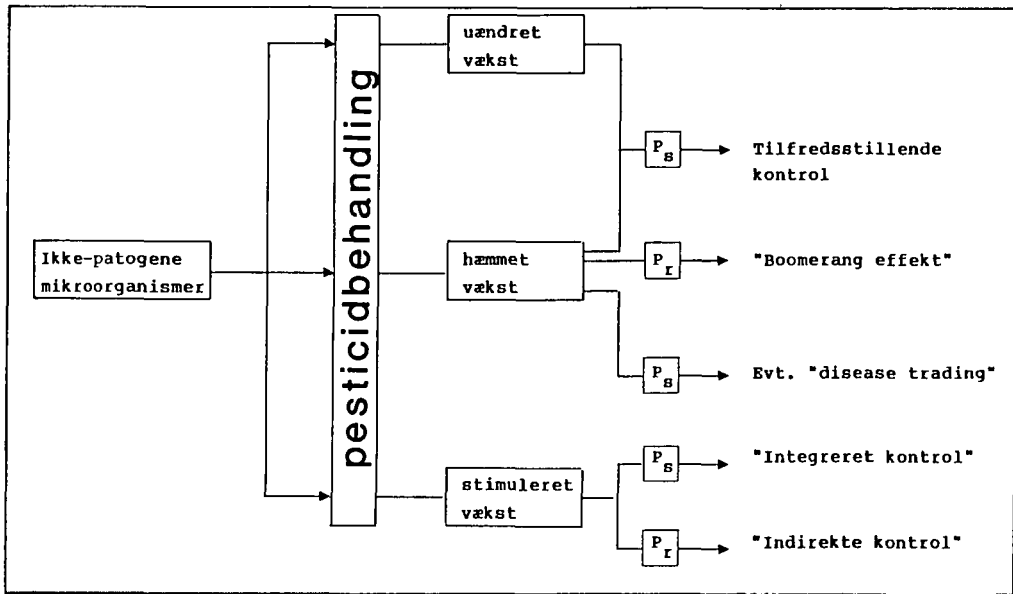
Forsøg med renkulturer viser, at pesticider virker meget forskelligt på forskellige arter (Edgington, 1976). Sådanne undersøgelser kan dog som nævnt i afsnit 9.6.2.1. ikke bruges til at forudsige, hvordan pesticider virker på mikroorganismer, når disse befinder sig i jord.

Langt de fleste undersøgelser af pesticideffekter på mikroorganismer i jord er foretaget i laboratorieforsøg, fordi man herved lettere, hurtigere og billigere opnår reproducerbare data, jvf. afsnit 9.6.2.2.

Undersøgelser af mikroorganismeres metaboliske aktivitet viser generelt, at mikrobiologiske funktioner som respiration og kvælstofomsætning kun er udsat for svage og forbigående påvirkninger, når pesticider anvendes i realistiske doser (Domsch et al., 1983). Som undtagelser nævnes en del jordsteriliseringens midler og fungicider, der har en forholdsvis kraftig effekt, selv i små doser.

Generelt synes følsomheden at være større i populationsundersøgelser, hvor man tester ændringer i den mikrobielle sammensætning. Desværre er det vanskeligt at fortolke resultaterne, når det drejer sig om undersøgelser af den mikrobielle balance mellem saprofytiske arter indbyrdes, men der er i nogle tilfælde målt effekter af en sådan størrelse og/eller varighed, at de ikke kan kaldes ubetydelige, jvf. afsnit 9.6.3. (Domsch et al., 1983; Elmholt & Smedegaard-Petersen, 1984). I de fleste tilfælde er det meget lettere at fortolke resultaternes betydning, når det drejer sig om den mikrobielle balance mellem parasitiske og saprofytiske mikroorganismer. I figur 2 ses, hvorledes en pesticideffekt på de ikke-patogene mikroorganismer kan medføre ændrede vilkår for patogene organismer og i visse tilfælde medføre iatrogene sygdomsangreb. Fra udenlandske undersøgelser kendes en lang række af sådanne tilfælde (Anderson, 1978; Horsfall, 1979; Bollen, 1982).

Direkte, mikroskopiske undersøgelser er så arbejdskrævende, at de kun i få tilfælde har været brugt til at undersøge pesticideffekter på jordens mikroflora. De eksempler, der foreligger, viser, at metodernes følsomhed over for pesticideffekter er meget god (Ingham & Coleman, 1984). Hvis man kunne udvikle hurtigere metoder og samtidig opnå sikkerhed for, at de undersøgte organismer havde været levende på udtagnings tidspunktet, ville det være et stort fremskridt.



Figur 2. Eksempler på, hvorledes pesticidbehandling kan ændre en plantesygdoms udvikling ved ændring af den mikrobielle balance. P_s = patogenet følsomt over for pesticidbehandling. P_r = patogenet resistent over for pesticidbehandling (efter Bollen, 1982).

9.6.3. Udgør de målte pesticideffekter en risiko for mikrofloraen?

Ved den økotoxikologiske vurdering af målte pesticideffekters betydning bør man tage hensyn til, at mikroorganismer i naturen er udsat for en lang række hæmmende og stimulerende effekter (Domsch et al., 1983). Disse påvirkninger kan for eksempel skyldes ændringer i temperatur, vandindhold, pH, indhold af CO_2 , O_2 og næringsstoffer eller forekomst af predatorer, antagonistier o.lign. Domsch et al. (1983) har på baggrund af et omfattende litteraturstudium gjort rede for den gennemsnitlige størrelsesorden af forskydninger i mikroorganismernes sammensætning og aktivitet på grund af disse såkaldte "naturlige stresspåvirkninger". De hæmmende effekter, som er behandlet mere

indgående end de stimulerende effekter, afhænger af hvor lang og hvor intensiv påvirkningen er. Hæmmende effekter på over 50% er hyppigt rapporteret, og hæmmende effekter på 90% er ikke usædvanlige. Hvis mikroorganismerne "kommer sig" lige så hurtigt efter en pesticidpåvirkning som for eksempel efter en realistisk temperaturpåvirkning, mener forfatterne ikke, der er grund til at tro, at pesticidpåvirkningen er kritisk.

Med udgangspunkt i den gennemsnitlige størrelsesorden og varighed af naturlige stresspåvirkninger foreslår Domsch et al. (1983), at pesticideffekter opdeles i ubetydelige, tolerable og kritiske:

- | | |
|--|---|
| 1. Varighed af pesticideffekt
< 30 dage | Effekter af så kort varighed er meget almindelige i naturen, og den økotoksikologiske risiko vurderes som ubetydelig. |
| 2. Varighed af pesticideffekt | Effekter af en sådan varighed er ikke > 30 dage ualmindelige i naturen, og den økotoksikologiske risiko vurderes som tolerabel. |
| 3. Varighed af pesticideffekt
> 60 dage | Effekter af så lang varighed er usædvanlige i naturen, og den økotoksikologiske risiko vurderes som muligvis kritisk. |

En målestok som den her skitserede er meget forenklet. Opdelingen i ubetydelige, tolerable og kritiske effekter understreger primært tidsfaktorens helt afgørende betydning ved økotoksikologisk vurdering af målte pesticideffekter. Som absolut minimum, hvis man skal sandsynliggøre, at en pesticideffekt er uden økotoksikologisk risiko, bør undersøgelsen forløbe i mindst 30 dage efter behandling (Domsch et al., 1983).

9.6.4. Hvilke krav stiller myndighederne i forbindelse med godkendelse af pesticider i Danmark og udlandet?

Som det fremgår af ovenstående og af den meget omfattende litteratur, der findes omkring måling af pesticideffekter, er det ikke mangel på metoder, der

vanskeliggør undersøgelserne, men derimod vanskeligheder med at vælge den/de mest egnede metoder og - især - med at fortolke resultaterne! I USA besluttede man i 1982 som konsekvens heraf at ophæve kravene til firmaerne om at foretage økotoksikologiske undersøgelser af pesticideffekter på jordens mikroorganismer. For at en testmetode kan anbefales kræves, at den er følsom, hurtig, forholdsvis billig og har en god reproducerbarhed. I Europa diskuterede man på en række internationale forskermøder i 70'erne, hvilke metoder myndighederne burde kræve af firmaerne til undersøgelse og af pesticideffekter på jordens mikroorganismer, samt hvordan resultaterne bør fortolkes. Disse møder resulterede i retningslinier (Greaves et al., 1978; Greaves et al., 1980), som blandt andet er blevet fulgt af Holland og Danmark. I figur 1 er de undersøgelser, der anbefales i retningslinierne understreget. I september 1985 afholdtes et nyt møde, hvor man blandt andet i lyset af den amerikanske beslutning fra 1982 diskuterede, om de gældende retningslinier skulle opretholdes, evt. udbygges og forbedres. Konklusionen blev, at man fra europæisk side anbefaler, at myndighederne kræver samme tests af kemikaliefirmaerne som hidtil. Det anbefales dog samtidigt, at firmaerne tillades en større fleksibilitet, dvs. at de ikke i alle tilfælde behøver at lave alle tests. De nye retningslinier forventes udsendt i løbet af 1986. Når man i modsætning til amerikanerne fastholder en anbefaling af effektundersøgelser på mikrofloraen - til trods for de vanskeligheder, der er forbundet med at måle og vurdere resultaterne - skyldes det, at man betragter disse undersøgelser som "vagthunde": Man er klar over, at nye pesticider undersøges for toksisitet over for en lang række organismer; derfor kan man ikke forvente at finde store effekter på mikrofloraen. På den anden side kan man ikke udelukke, at man engang møder et sådant stof - undtagelsen bekræfter som bekendt reglen - og der har man en chance for at skride ind, hvis retningslinierne følges.

Det understreges kraftigt, både fra amerikansk og europæisk side, at de bortfald og ændringer, der er sket i retningslinierne, ikke skyldes en faldende interesse for og prioritering af området, snarere tværtimod. Man anbefaler meget stærkt, at forskningen på området intensiveres, specielt vedrørende mikrofloraens betydning i agerjord. Med en forøget viden på dette område vil man få meget bedre mulighed for at planlægge forsøg og vurdere resultaterne.

9.6.5. Hvor bør der sættes ind i fremtiden?

I forbindelse med de reviderede retningslinier, der udsendes i 1986, vil der blive peget på forskellige interesseområder for fremtidig forskning:

- Effekt af pesticidbehandling på rhizosphærens mikroorganismer
- Effekt af pesticidbehandling på jordbårne patogener
- Effekt af pesticidbehandling på mikroorganismer, der har betydning for opretholdelse af jordstruktur
- Effekt af pesticidbehandling på omsætning af organisk materiale i jorden
- Effekt af pesticidbehandling under naturlige betingelser (markforsøg)
- Udvikling og afprøvning af mikrokosmossystemer til undersøgelse af pesticideffekter
- Effekter af pesticidblandinger på mikrofloraen
- Undersøgelser af langtidseffekter af pesticidbehandling på mikrofloraen.

9.6.6. Litteratur

- Anderson J. P. E. & K. H. Domsch (1975). Measurement of bacterial and fungal contributions to respiration of selected agricultural and forest soils. *Canadian Journal of Microbiology* 21, 314-322.
- Anderson J. R. (1978). Some Methods for Assessing Pesticide Effects on Non-Target Soil Microorganisms and Their Activities, pp. 247-533. In: Hill I. R. and S. J. L. Wright (eds.). *Pesticide Microbiology*. Academic Press, London.
- Beck, Th. (1984). Mikrobiologische und biochemische Charakterisierung landwirtschaftlich genutzter Böden. I. Mitteilung: Die Ermittlung einer Bodenmikrobiologischen Kennzahl. *Z. Pflanzenernährung. Bodenk.* 147, 456-466.
- Bollen, G. J. (1982). Fungicide resistance and microbial balance, pp. 161-176. In: Dekker, J. & S.G. Georgopoulos (eds.). *Fungicide resistance in crop production*. Wageningen.
- Domsch K. H., T. Beck, J. P. E. Anderson, B. Söderström, D. Parkinson & G. Trollidenier (1979). A comparison of methods for soil microbial population and biomass studies. *Soil Biology and Biochemistry* 142, 520-533.
- Domsch, K. H., G. Jagnow & T.-H. Anderson (1983). An ecological concept for the assessment of side-effects of agrochemicals on soil microorganisms. *Residue Reviews* 86, 65-105.

- Edgington, L.V., K.L. Khew & G.L. Barron (1971). Fungitoxic Spectrum of Benzimidazole Compounds. *Phytopathology* 61, 42-44.
- Eiland, F. (1983). A simple method for quantitative determination of ATP in soil. *Soil Biology and Biochemistry* 15, 665-670.
- Elmholt, S. & V. Smedegaard-Petersen (1985). Virkninger af fungicidbehandling på jordens svampeflora. *Ugeskrift for Jordbrug* 13, 376-382.
- Frankland, J.C. (1974). Importance of phase-contrast microscopy for estimation of total fungal biomass by the agar-film technique. *Soil Biology and Biochemistry* 6, 409-410.
- Greaves, M. P. (1983). Effects of pesticides on Soil Microorganisms, pp. 613-630. In: Burns, R.G. & J.H. Slater (eds.). *Experimental Microbial Biology*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Greaves, M. P. & G. I. Wingfield (1983) The Effects of Pesticides on Soil Microbes; Conceptions and Misconceptions. *Pesticide Science* 14, 634-637.
- Greaves, M. P., S. A. Cooper, H. A. Davies, J. A. P. Marsh & G. I. Wingfield (1978). Methods of analysis for determining the effects of herbicides on soil microorganisms and their activity. Weed Research Organisation, Technical Report no. 45, Oxford.
- Greaves, M. P., N. J. Poole, K. H. Domsch, G. Jagnow & W. Verstraete (1980). Recommended tests for assessing the side-effects of pesticides on the soil microflora. Weed Research Organization. Technical Report no. 59, Oxford.
- Hanssen J. F., T. F. Thingstad & J. Goksøyr (1974). Evaluation of hyphal lengths and fungal biomass in soil by a membrane filter technique. *Oikos* 25, 102-107.
- Helweg, A. (1976). Biologisk nedbrydning af pesticider i jord og deres indflydelse på jordbundens mikroflora. 1275. Beretning fra Statens Forsøgs-virksomhed i Plantekultur. Lyngby.
- Horsfall, J. G. (1979). Iatrogenic disease: Mechanisms of action, pp. 343-355. In: Horsfall, J.G. & E.B. Cowling (eds.). *Plant Disease. An Advanced Treatise*, Vol. IV.
- Ingham E. R. & D. C. Coleman (1984). Effects of Streptomycin, Cycloheximide, Fungizone, Captan, Carbofuran, Cygon, and PCNB on Soil Microorganisms. *Microbial Ecology* 10, 345-358.

- Jenkinson D. S., D. S. Powlson & R. W. M. Wedderburn (1976). The effects of biocidal treatments on metabolism in soil-III. The relationship between soil biovolume, measured by optical microscopy, and the flush of decomposition caused by fumigation. *Soil Biology and Biochemistry* 8, 189-202.
- Jones P. C. T. and J. E. Mollison (1948). A technique for the quantitative estimation of soil micro-organisms. *Journal of General Microbiology* 2, 54-69.
- Lynch, J. M. (1983). *Soil Biotechnology. Microbiological Factors in Crop Production*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Lynch, J. M. & L. M. Panting (1980). Cultivation and the soil biomass. *Soil Biology and Biochemistry* 12, 29-33.
- Newell, S. Y. & A. Statzell-Tallman (1982). Factors for conversion of fungal biovolume values to biomass, carbon and nitrogen: variation with mycelial ages, growth conditions, and strains of fungi from a salt marsh. *Oikos* 39, 261-268.
- Pritchard, P. H. & A. W. Bourquin (1984). The Use of Microcosms for Evaluation of Interactions between Pollutants and Microorganisms, pp. 133-215. *Advances in Microbial Ecology*.
- Pugh, G. J. F. (1980). Strategies in fungal ecology. *Trans. Br. mycol. Soc.* 75, 1-14.
- Rosswall, T. (1973). *Modern Methods in the Study of Microbial Ecology*. Bull. Ecol. Res. Comm. 17. Stockholm.
- Smies, M. (1983). On the Relevance of Microecosystems for Risk Assessment: Some Considerations for Environmental Toxicology. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 7, 355-365.
- Söderström B. E. (1979). Some problems in assessing the fluorescein diacetate-active fungal biomass in the soil. *Soil Biology and Biochemistry* 11, 147-148.
- Tisdall J. M. and J. M. Oades (1982). Organic matter and waterstable aggregates in soils. *Journal of Soil Science* 33, 141-163.

9.7. Honningbier

Orla Svendsen
Landbrugscentret
Statens Biavlsforsøg
4000 Roskilde

- 9.7.1. Lov om biavl
- 9.7.2. Forskellige pesticidgruppers effekt over for honningbier
 - 9.7.2.1. Organiske fosforforbindelser
 - 9.7.2.2. Organiske klorforbindelser
 - 9.7.2.3. Carbamatmidler
 - 9.7.2.4. Syntetiske pyrethroider
 - 9.7.2.5. Hormonmidler
 - 9.7.2.6. Aromatiske nitroforbindelser
- 9.7.3. Oversigt over virksomme stoffer, der er farlige, hhv. meget farlige for bier
 - 9.7.3.1. Virksomme stoffer, der er "farlige for bier"
 - 9.7.3.2. Virksomme stoffer, der er "meget farlige for bier"
- 9.7.4. Konklusion

9.7.1. Lov om biavl

I modsætning til de fleste af vore nabolande har Danmark indtil 1982 ikke haft restriktive lovbestemmelser til beskyttelse af bier mod anvendelse af bifarlige pesticider.

Landbrugsministeriets lovbekendtgørelse om beskyttelse af bier blev vedtaget i 1954 og var i princippet gældende til 1982. I denne lov var der alene foreskrevet et erstatningsansvar, hvis anvendelsen af bifarlige pesticider medførte forgiftningsskader hos bifamilier. Dette betød, at man i praksis kunne anvende et hvilket som helst pesticid over blomstrende arealer uden forbud. Med disse regler var hensynet til de bestøvende insekter helt overladt til brugerne af pesticider. Den praktiske del af bevisbyrden i forgiftningssagerne var desuden i betydeligt omfang overladt til biavlerne, idet vurderingsforretningerne indtil 1982 blev forestået af de kommunale mark- og vejfredsudvalg, der oftest var uden den fornødne ekspertise på området.

Disse lempelige vilkår blev vedtaget ved lov på grundlag af en landbrugsministeriel betænkning af 1953. Betænkningen blev afgivet af et udvalg bestående af repræsentanter fra landbo-, frøavler- og biavlerorganisationerne. Frugtavlorganisationen var også oprindelig med i udvalget, men ønskede ikke at lægge navn til betænkningen, da man mente, at en lov på dette område var overflødig.

Loven var med et par mindre justeringer gældende fra 1954 til 1982. De forløbne 28 år viste, at loven ikke formåede at dæmpe op for forgiftningsskader, da der hvert år blev registreret et betydeligt antal skadetilfælde ofte med store økonomiske tab (fig. 1).

Lovens positive betydning var i første række, at den skabte grundlag for, at skadelidte biavlere kunne få erstattet et dokumenteret tab efter faste retningslinier. Der er dog næppe heller tvivl om, at lovens eksistens og administration har bidraget til en bred forståelse for biernes betydning som bestøvere af kulturplanter.

De fleste af de registrerede skader af betydning må betegnes som et resultat af fejlvurderinger i valg af midler og udbringningstidspunkt i relation til de behandlede markers blomstringsgrad. Desuden har klimatiske faktorer, især blæst med vinddrift af sprøjtemidler på blomstrende naboarealer, undertiden givet anledning til forgiftningsskader.

I et begrænset omfang kan visse skader sættes i forbindelse med uvidenhed eller grov hensynsløshed over for konsekvenserne ved brug af meget bigiftige midler over blomstrende arealer.

En yderligere reduktion i antallet af biforgiftningsskaderne må derfor søges opnået ved et vedvarende oplysningsarbejde om den rette brug af de aktuelle bekæmpelsesmidler. Desuden må den eksisterende lovgivning udnyttes efter de intentioner, den rummer.

Efter ønske fra biavlerorganisationerne og i samarbejde med de øvrige interesseorganisationer inden for jordbrugsområdet udformede Landbrugsministeriet for få år siden forslag til en ny lov på biavlsområdet. Denne lov, "lov om biavl", blev vedtaget i folketinget med gyldighed pr. 31. marts 1982. Ønsket om en lovfornyelse var især knyttet til en ændring af reglerne for vurderingsforretningerne, idet de kommunale mark- og vejfredsudvalgs sagsbehandling ofte medførte tab af sager grundet manglende fagligt kendskab til biavl. Desuden ønskede man en skærpelse af reglerne for brug af de mest farlige pesticider, da det i mange år havde vist sig, at de fleste og de alvorligste skader forårsages ved brug af forholdsvis få, men meget giftige insektbekæmpelsesmidler.

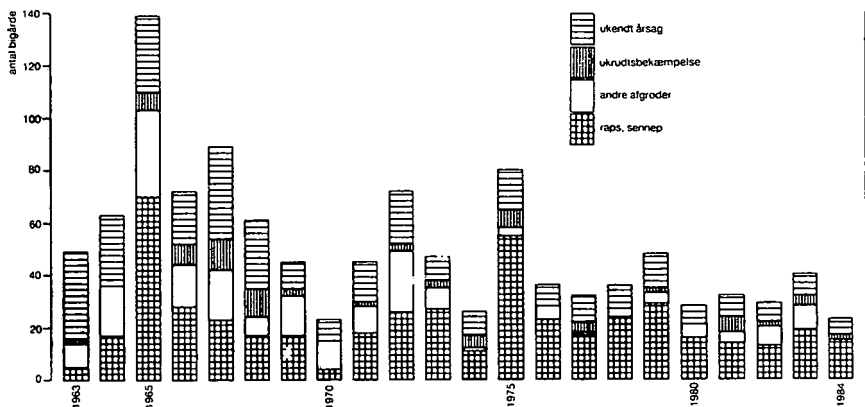
Blandt de vigtigste ændringer i den nye lov er afløsning af mark- og vejfredsudvalgene med faste 3-mands voldgiftsnævn nedsat i lokale voldgiftskredse over hele landet. Et voldgiftsnævn består af en jurist som formand samt en planteavlsskyndig og en biavlskyndig person. Disse personer skal i fællesskab vurdere og behandle de anmeldte forgiftningsskader inden for deres område. Reglerne for nævnenes arbejde er fastlagt i Landbrugsministeriets bekendtgørelse nr. 191 af 25. maj 1983, "Bekendtgørelse om voldgiftssager om erstatning for forgiftning af bier". Endvidere er der i Landbrugsministeriets bekendtgørelse nr. 588 af 8. december 1983, "Bekendtgørelse om klassificering m.v. af bekæmpelsesmidler" (farlighed for bier) foreskrevet en ændret mærkning af pesticider.

Midler, der ved nærmere undersøgelser har vist sig at være farlige for bier ved anvendelse over afgrøder eller ukrudt, skal fremover enten mærkes med firkantramme og påskriften "Farlig for bier", eller hvis de skønnes at være meget giftige, skal de have mærke med trekantramme og påskriften "Meget farlig for bier".

For sidstnævnte gruppes vedkommende er det tillige vedtaget, at en forsætlig eller groft uagtsom anvendelse af midlerne over blomstrende planter

med biforgiftningsskader til følge kan straffes med bøde. Lovgrundlaget for beskyttelse af bier mod giftige pesticider må med den nye lov betegnes som værende bragt mere i overensstemmelse med samfundets miljøinteresser. Disse interesser omfatter ikke blot en beskyttelse af honningbierne og en sikring af kulturplanternes bestøvning, men bør også omfatte den vilde flora og fauna.

Den praktiske side af denne beskyttelse påhviler fortsat jordbrugets udøvere. En begrænsning af skaderne til det mindst mulige kan kun ske ved overholdelse af elementære forholdsregler. Den vigtigste regel er helt at undlade anvendelse af midler med trekantmærke over blomstrende arealer eller under forhold, hvor vinddrift kan føre sprøjtemidlerne til blomstrende arealer. Alle øvrige midler med bifaremærke bør i videst muligt omfang anvendes uden for biernes flyveaktive perioder, hvis en anvendelse over blomstrende arealer er nødvendig.



Figur 1. Biforgiftningsskader anmeldt til Statens Biavlsforsøg.

9.7.2. Forskellige pesticidgruppers effekt over for honningbier

9.7.2.1. Organiske fosforforbindelser

De fosforholdige midler lammer ret hurtigt åndedrætsfunktionerne hos bier. Bierne bliver våde eller fedtede. Ofte kommer de hjem til stedet, inden lamelsen indtræder. Ved stedet kan der observeres slagsmål, og der kan findes store mængder lamme eller døde bier under flyvebrættet samt på stadbunden.

Bierne dør ofte i forvredne stillinger med udstrakt tunge. Organiske fosforforbindelser, der er mærket "meget farlige for bier", må under ingen omstændigheder anvendes over blomstrende planter, da de kan anrette meget alvorlige skader i bifamilier. Den hidtil alvorligste forgiftningsskade forårsaget ved en enkelt rapssprøjtning med parathion omfattede ca. 200 bifamilier placeret på 20 forskellige lokaliteter inden for et område på 40 km².

9.7.2.2. Organiske klorforbindelser

De klorholdige forbindelser virker langsommere på bierne end fosformidlerne. De medfører ukontrollerede bevægelser og lammelser, ofte ses de forgiftede bier slæbende det bageste benpar efter sig. Der kan iagttages en unormal aktivitet ved flyveåbningen. Trods begyndende lammelser kan bierne ofte fortsætte trækket. Dette medfører, at hovedparten af de forgiftede bier dør i marken eller på flugtruten. En forgiftningsskade med klorholdige forbindelser vil derfor hovedsagelig kunne konstateres ved et svind i biantallet i stedet. Lindan er meget farlig for bier og må ikke anvendes over blomstrende planter. Endosulfans farlighed er mindre, og midlet kan anvendes under blomstringen uden for biernes flyvetid. Methoxychlor er ved normal dosering det mindst farlige af alle de anerkendte organiske klorforbindelser, men bør dog ikke anvendes, når bierne er i marken.

9.7.2.3. Carbamatmidler

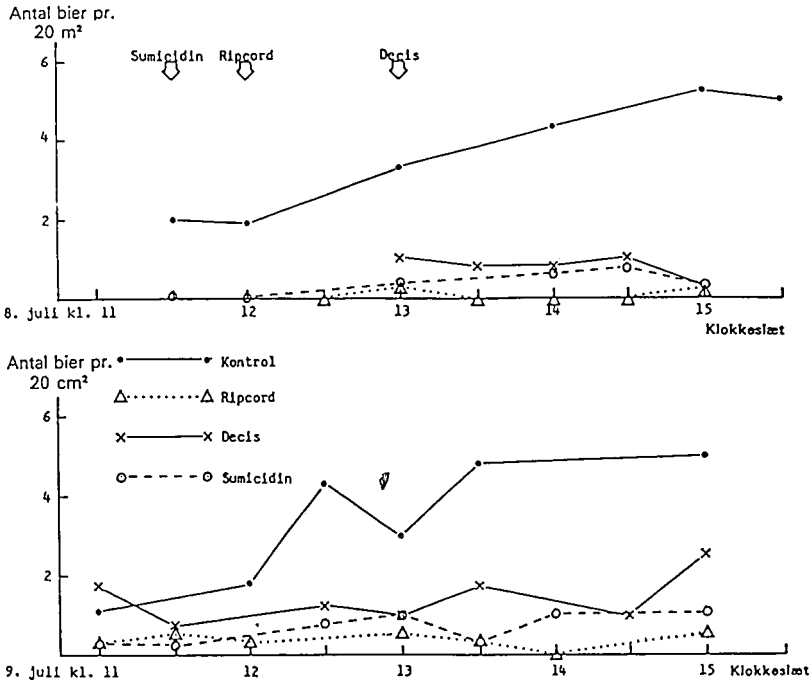
Lammer biernes flyvemuskulatur og gør dem aggressive og stikkelystne. Svære forgiftninger med carbamater viser sig ved store mængder døde bier ved staderne. Carbaryl er mærket, "meget farlig for bier" og må ikke anvendes over blomstrende planter.

9.7.2.4. De syntetiske pyrethroider

Er alle meget farlige, hvis bierne kommer i berøring med dem. Ved laboratorieforsøg har de vist en giftvirkning, der ligger på linie med parathion. Derimod har de ved markforsøg ved normaldosering vist sig at være meget skånsomme. Dette skyldes dels den meget ringe mængde aktivt stof, som anvendes pr. arealenhed, og dels at midlerne har afskrækkende (repellerende) effekt over for bierne. Denne afskrækkelseseffekt medfører, at 50-90% af bierne holder sig borte fra den behandlede mark i 1-2 døgn efter behandlingen. Af-

skrækkelseeffekten synes at afhænge af mængden af aktivt stof, der anvendes, samt muligheden for at finde alternative trækplanter i nærheden. Hvis bier rammes af pyrethroidsprøjtewæske i marken, vil de normalt lammes og gå til grunde. Men anvendes pyrethroiderne i de anerkendte doseringer, er det forsvarligt at bruge dem over blomstrende raps, men dette må ubetinget ske uden for biernes flyvetid, mellem kl. 20 og 05 (sommertid).

I fig. 2 er vist nogle kurver for bimængden i blomstrende rapsparceller fra et forsøg, hvor der blev sprøjtet med forskellige pyrethroider. Bierne blev optalt i tællefelter af 20 m^2 størrelse udlagt i marken, hvor der havde været sprøjtet, samt i kontrolparceller uden sprøjtning. Det vil ses, at bimængden i de sprøjtede parceller var betydelig mindre end bimængden i kontrolparcellerne, den dag sprøjtningen blev foretaget, og denne tendens synes at fortsætte dagen efter. Denne forskel skyldes pyrethroidernes afskrækkende effekt på bierne. Det kunne samtidig iagttages, at de få bier, som fandtes i de sprøjtede arealer, ikke arbejdede naturligt. Ofte lattede de igen i samme sekund, som de havde sat sig på planten. En reaktion der skyldes, at bierne ikke kan lide pyrethroidernes lugt. Denne afskrækkende virkning er meget værdifuld, da den i meget betydelig grad reducerer faren for forgiftning.



Figur 2. Forsøg med syntetiske pyrethroider i blomstrende vårraps den 8. og 9. juli 1982. Sprøjtningen er foretaget den 8. juli med Sumicidin, Ripcord og Decis. Efter sprøjtningen er antallet af bier lavet i de sprøjtede parceller end i kontrolparcellen.

9.7.2.5. Hormonmidler

Forskellige fortyndingsgrader. Ved forsøg i laboratorier viser hormonmidlerne normalt en svag giftvirkning over for bier, når man sammenligner dem med insektmidlerne. Man skulle derfor forvente, at hormonmidlerne i praksis er uden virkning på bier. Dette er også den almindelige antagelse mange steder.

F. eks. er hormonmidlerne i Vesttyskland og Østrig ikke medtaget i gruppen af bifarlige pesticider, hvilket betyder, at man i disse lande kan anvende hormonmidlerne i blomstrende afgrøder uden erstatningsansvar. Det har ofte på internationalt plan været diskuteret, om hormonmidlerne er ufarlige for bier i praksis. Meningerne har været meget delte. I bl.a. Danmark og Østtyskland har man i mange år opretholdt bestemmelser om, at hormonmidler skal betragtes som farlige for bier. Der er i dag ikke tvivl om, at hormonmidlerne under særlige omstændigheder kan fremkalde forgiftningsskader i praksis. I Danmark kan der henvises til mange tilfælde gennem årene, og i Holland og Belgien har man i nogle år haft adskillige endog alvorlige skader på bier i forbindelse med hormonanvendelse. Når man sammenholder hormonskadernes antal med den meget store anvendelse af disse midler - ofte i situationer, hvor der findes blomstrende planter med bitræk - må det konkluderes, at skaderne er få i forhold til antallet af skader forvoldt med insektmidler. Det spørgsmål, som rejser sig, er da, hvordan kan det gå til, at midler, som ved laboratorieforsøg viser sig at være meget lidt farlige for bier, i visse tilfælde forårsager skader i praksis - et forhold, der er omvendt i forhold til insektmidlerne. Forklaringen kan være, at bierne ved deres betydelige vandhentning i naturen opsamler hormonmidlerne på bladene i et sådant omfang, at de kommer i berøring med betydeligt større mængder, end de normalt vil gøre ved almindeligt træk på blomstrende planter. Denne teori understøttes af den iagttagelse, som ofte er gjort, at bier synes at kunne lide hormonvæske, når den forefindes i fortyndet form. Et andet forhold, som er påvist i Tyskland, er at vintersvækkede bier og bier, der er svækket af nose-ma, er betydeligt mere følsomme over for pesticider end sommerbier. Da hormonmidlerne anvendes på en tid, hvor mange bifamilier endnu må antages at have en del vintersvækkede bier i behold, kan der også her være en sammenhæng. Ved Statens Biavlsforsøg er der observeret en betydelig større pesticidfølsomhed hos bier ved laboratorieforsøg om foråret i forhold til forsøg, der foretages på sensommeren.

Når der således har været diskussion om hormonmidlernes bifarlighed i praksis, hænger det sammen med, at en hormonforgiftning normalt ikke kan konstateres i samme grad ved øjeblikkeligt forekommende synlige tegn i bi-gården, f.eks. ved mange døde bier omkring staderne. Skaderne konstateres derimod hovedsagelig ved et svind af bier over længere tid. Da hormonforgiftninger næsten altid forekommer om foråret, vil et svind i bistyrken ofte

kunne forveksles med andre forhold bl.a. nosema- eller amøbesyge eller andre svagheder, der kan komme under den gamle betegnelse majsyge.

9.7.2.6. De aromatiske nitroforbindelser

De aromatiske nitroforbindelser kaldes populært de gule midler på grund af den gule farvevirkning, de afgiver ved udsprøjtningen. Midlerne fik for en årrække siden et dårligt ry på sig, idet nogle af disse midler var opslemmet i dieselolie. Herved var de meget giftige for bier og fremkaldte mange steder nogle meget alvorlige biforgiftninger. I de senere år har der været et ubetydeligt antal skader hos bier efter anvendelse af de gule midler. I udlandet regnes disse midler heller ikke for at være alvorligt tabbringende i biavl. Nitroforbindelsernes virkning på bier kan sammenlignes med virkningen af de organiske klorforbindelser, men bierne dør ofte ved staderne, og de er ofte fedtede af opgylp som ved fosforforgiftninger.

9.7.3. Oversigt over virksomme stoffer, der er farlige, hhv. meget farlige for bier

9.7.3.1. Virksomme stoffer, der er "farlige for bier"

Acephat, Amitrol, Binapacryl, Bioresmethrin, Bromophos, Bromoxynil, Chlorfenvinphos, Chloridazon, Chlorpropham, Cypermethrin, 2,4-D, Dalapon, Deltamethrin, Dichlorprop, Difenzoquat, Dinethachlor, Dinocap, Dinoseb, Dinoterb, Diquat, DNOC, Endosulfan, Fenvalerat, Heptenophos, Loxynil, MCPA, MCPB, Mechlorprop, Methomyl, Methoxychlor, Methabenzthiazuron, Monochloracetat, Oxamyl, Oxydemetonmetyl, Paraquat, Permethrin, Phosalon, Phosphamidin, Pyrazohos, Pyrethrin I + II, Thiometon, Triazophos.



9.7.3.2. Virksomme stoffer, der er "meget farlige for bier"

Azinphos-methyl, Carbaryl, Diazinon, Dibrom, Dichlorvos, Dimethoat, Etrifos, Fenitrothion, Formothion, Lindan, Malathion, Methidathion, Mevinphos, Parathion, Parathionnetyl, Phosmet.

9.7.4. Konklusion

Antallet og omfanget af biforgiftningsskader i de senere år har vist en betydelig nedgang i forhold til årene fra begyndelsen af halvtredserne til midten af halvfjerdsene. Dette til trods for en meget betydelig rapsavl i de seneste 5-6 år.

Arsagen til dette må hovedsagelig tilskrives en betydelig bedre forståelse i landbrugskredse for anvendelse af pesticider og farligheden af dem. En nedgang i anvendelse af de meget bifarlige organiske fosformidler spiller formentlig også en rolle. Yderligere er den forbedrede sprøjteteknik samt ophør med anvendelse af pudring også årsag til, at overdoseringer undgås.

Den nye lov om biavl, der har været i kraft siden 1982, har givet en bedre vejledning samt en mere ensartet vurdering af biforgiftningsskaderne, hvilket allerede har kunnet spores de sidste par år. Desuden har den nu indførte differentierede bifaremærkning af pesticiderne medført en større respekt om de meget bifarlige midlers anvendelse.

Der synes dog fortsat at kunne opstå problemer i forbindelse med vinddrift til blomstrende naboarealer. Ikke mindst i forbindelse med sprøjtninger i ikke-blomstrende marker, hvor der ofte anvendes meget bifarlige midler. Endvidere har bladlus-sprøjtninger i bl.a. korn-, roe- og ærtemarker givet problemer i de senere år, da disse sprøjtninger ofte foregår på sensommeren, hvor hovedtrækket for bier er ophørt. De søger i denne tid den tilfældigt blomstrende udkrudtsflora på skel og i afgrøderne samt bladlusenes honningdug, der undertiden kan medføre et betydeligt bitræk.

9.8. Udvikling af pesticidresistens

Bent J. Nielsen & Kirsten Junker
 Planteværnscentret
 Institut for Pesticider
 2800 Lyngby

Lars Monrad Hansen
 Planteværnscentret
 Institut for Plantepatologi
 2800 Lyngby

- 9.8.1. Indledning
- 9.8.2. Herbicidresistens
- 9.8.3. Fungicidresistens
 - 9.8.3.1. Egenskaber ved patogenet
 - 9.8.3.2. Egenskaber ved den fungicidresistente type
 - 9.8.3.3. Type af fungicid
 - 9.8.3.4. Fungicidernes anvendelsesmåde og bekæmpelsespraksis
 - 9.8.3.5. Situationen i Danmark
 - 9.8.3.5.1. Sneskimmel
 - 9.8.3.5.2. Knækkefodsyge
 - 9.8.3.5.3. Æbleskurv, grå monilia og gråskimmel
 - 9.8.3.5.4. Bygmeldug
- 9.8.4. Insekticidresistens
 - 9.8.4.1. Situationen i Danmark
 - 9.8.4.2. Ferskenbladlusen - eneste danske insekt på friland med insekticidresistens
 - 9.8.4.3. Udbredelse af insekticidresistens
- 9.8.5. Konklusion
- 9.8.6. Litteratur

9.8.1. Indledning

Ved pesticidresistens forstås, at en population af organismer viser en arveligt betinget nedsat følsomhed over for de anvendte pesticider. Enhver population indeholder genetisk variation. Normalt er denne variation i balance mellem tilfældige mutationer og den naturlige udvælgelse (selektion). Tilfældige mutationer kan opdeles i "dårlige", "indifferente" og "gode". Den naturlige udvælgelse virker på den måde, at den fjerner de "dårlige" mutationer og lader de "indifferente" og "gode" blive tilbage i populationen. Hvis denne balance ændres, f.eks. ved at populationen påføres et pesticid, kan nogle af mutationerne få deres værdi ændret fra "dårlig" og "indifferent" til god, hvis de tilfældigvis giver beskyttelse mod pesticidet. Resistensudviklingen fremkommer derfor som en unaturlig udviklingsproces.

9.8.2. Herbicidresistens

Til trods for, at fremkomsten af herbicidresistente planter er blevet forudsagt siden midten af 50'erne, var det først i løbet af 70'erne, at de første tilfælde blev konstateret.

Resistens er primært fundet over for S-triaziner, men i de senere år er der også konstateret resistens over for trifluralin og paraquat. Derimod er der hidtil ikke konstateret resistens over for de meget anvendte hormonmidler.

Hvordan og hvor hurtigt resistens udvikles i en plantepopulation, ved man endnu kun lidt om, men fælles for de ovenfor nævnte herbicider er, at de har udøvet et selektionstryk ved enten at være meget persistente (triaziner og trifluralin) eller være anvendt flere gange pr. vækstsæson (paraquat), samt at de har en meget specifik virkemåde i planten. Hormonmidler besidder ingen af disse karakteristika.

I Danmark synes det første tilfælde af resistens over for S-triazinen (atrazin) nu at være konstateret i majsmarker, hvor der har været dyrket majs og anvendt triaziner over flere år.

9.8.3. Fungicidresistens

Man taler om fungicidresistens, når en svamp, som normalt er følsom over for et fungicid, er blevet mindre følsom over for dette middel.

Der findes i dag 2 middelgrupper på markedet. Dels de ældre præventive kontaktfungicider med uspecifik virkemåde (hæmning mange steder i svampens stofskifte), dels de nyere specifikke midler (hæmning et til få steder i svampens stofskifte). I de senere år har der været en stigende anvendelse af de specifikke fungicider. De er mere effektive og yder en mere langvarig beskyttelse. Flertallet af midlerne har desuden systemiske egenskaber, dvs. at de optages og fordeles i planten med vandstrømmen. Dette giver mulighed for kurativ behandling af allerede etablerede angreb. Da de specifikke fungicider kun påvirker et eller få trin i svampens stofskifte, er der imidlertid risiko for, at der i svampepopulationen let opstår fungicidresistente typer, der er i stand til at kompensere for virkningen af fungicidet, og efter gentagne sprøjtninger kan de resistente typer komme til at udgøre en stadig større andel af svampepopulationen.

Undersøgelser har vist, at svampe under laboratorieforhold er i stand til at udvikle resistens mod flertallet af de specifikke fungicider, der i dag er på markedet. Om fungicidresistens vil opstå som et problem under praktiske forhold, afhænger af flere faktorer.

9.8.3.1. Egenskaber ved patogenet

Potentialet for udvikling af resistens afhænger af den enkelte svampeart og svampesygdoms natur. Svampearter med stor opformeringsevne vil hurtigere ændre sig efter fungicidanvendelse end svampearter, der kun gennemløber få generationer i den tid, fungicidet er aktivt. Faren for spredning af resistente typer vil endvidere være større hos svampe med stor sporuleringsevne.

9.8.3.2. Egenskaber ved den fungicidresistente type

Levedygtigheden af de resistente typer er en meget vigtig faktor for stabiliteten af resistensen under markforhold. Undersøgelser har vist, at de resistente typer i fravær af fungicid ofte har en lavere levedygtighed (fitness) end den normale vildtype. I praksis vil det betyde en begrænsning i opformeringen af de resistente typer.

9.8.3.3. Type af fungicid

Et svampemiddel virker ved hæmning af en eller flere livsvigtige processer i svampens stofskifte, og fungiciderne kan inddeles i grupper, efter hvor og hvordan de virker.

De uspecifikke fungicider, der virker ved hæmning af mange livsvigtige processer, består af kontaktfungicider med bred svampevirkning som thiram, maneb, mancozeb, captafol samt kviksølv-, kobber- og svovlmidler. Risikoen for resistensdannelse mod disse midler er meget lille, og i praksis vil der sjældent opstå resistensproblemer.

Den anden store gruppe midler er de specifikke fungicider, der potentielt har en større resistensrisiko. Risikoen er imidlertid meget afhængig af, hvilke processer der hæmmes, og erfaringer viser, at der efter brug af visse midler vil være større risiko for resistensdannelse end efter brug af andre midler. Fungicider i disse grupper betegnes som "risiko-midler".

9.8.3.4. Fungicidernes anvendelsesmåde og bekæmpelsespraksis

En ensidig behandling med et "risiko-middel" kan hurtigt føre til resistensdannelse og svigtende virkning. Meget tyder dog på, at en resistensdannelse kan forsinkes, eventuelt hindres, hvis der tidligt - dvs. før de resistente typer dominerer patogenpopulationen - benyttes en bekæmpelsespraksis, hvor patogenet ikke eksponeres til samme fungicidtype i længere tid. Dette kan f.eks. opnås ved at bruge blandinger af fungicider med forskellig virkeme-kanisme (enten specifikke med uspecifikke eller 2 virkningsmæssigt forskellige specifikke midler) eller benytte midlerne på skift (rotation).

9.8.3.5. Situationen i Danmark

På Planteværnscentret er der sat flere undersøgelser i gang for at kortlægge udbredelsen af fungicidresistens.

9.8.3.5.1. Sneskimmel

Undersøgelser af sneskimmel (*Gerlachia nivalis*), syn. *Fusarium nivale*) isoleret fra hvedekerner har vist en høj grad af resistens mod benzimidazol-bejdsemidler. Frekvensen af resistente isolater var meget høj, og det må konstateres, at resistensen hos den udsædsbårne svamp er meget udbredt.

9.8.3.5.2. Knækkefodsyge

De senere års forsøg med benzimidazol-midler (Benlate, Derosal, Topsin) har vist en stadig faldende virkning. Undersøgelser af svampeisolater fra stub-

prøver i 1983 og 1984 viste, at der kunne konstateres resistente svampe i mange marker på Sjælland, Lolland, Falster, Fyn og i Sønderjylland.

Undersøgelserne tyder på, at der i områder med udbredt korndyrkning og hyppig brug af benzimidazol-midler er udviklet resistens hos knækkefodsygesvampen.

De forholdsvis kraftige angreb, der er observeret i visse egne af landet i de senere år, og den konstaterede ringe effekt af MBC-midlerne, kan medføre alvorlige problemer under forhold, hvor kornet går i leje på grund af knækkefodsyge.

9.8.3.5.3. Æbleskurv, grå monilia og gråskimmel

I de senere års forsøg er der konstateret faldende virkning efter sprøjtning med benzimidazol-midlerne mod æbleskurv, grå monilia i kirsebær og gråskimmel på jordbær. Der har ikke været foretaget egentlige resistensundersøgelser, men bl.a. støttet af erfaringer fra udlandet, må det antages, at der har udviklet sig resistens mod benzimidazol-midlerne hos disse patogener.

9.8.3.5.4. Bygmeldug

Fra sprøjtede og usprøjtede marker er indsamlet meldugprøver flere gange i sæsonen, og svampen er testet for følsomhed over for ergosterolhæmmende midler. De foreløbige resultater tyder på, at der sker et fald i følsomheden midt på sommeren, mens følsomheden sidst på sommeren er som om foråret. Denne svingning ses både i sprøjtede og usprøjtede marker.

Der er ikke konstateret svigtende bekæmpelse af meldug i korn som følge af fungicidresistens i Danmark, men der bør ske en løbende overvågning af situationen, da der måske er tale om en langsom ændring i retning af mindre følsomhed.

9.8.4. Insekticidresistens

Man kan ikke sige noget generelt om, hvorledes resistensmekanismer fungerer. Den mest almindelige måde er imidlertid, at resistente insekter kan danne specielle enzymer. Disse enzymer er i stand til at nedbryde insekticiderne, før de når nervesystemet, som er målet for de fleste insekticider.

Da dyr med resistensegenskaber har større chance for at overleve en bekæmpelse end dyr uden disse egenskaber, vil deres afkom ved gentagen

bekæmpelse udgøre en stadig stigende andel af den samlede population. Til at begynde med vil man ikke mærke den svigtende virkning af insekticidet, og først efter mange behandlinger vil andelen af de resistente dyr i populationen være så stor, at man opdager den manglende virkning. Den meget udbredte anvendelse af insekticider har medført, at der indtil nu er påvist resistens hos mere end 400 insektarter.

9.8.4.1. Situationen i Danmark

I Danmark begyndte det i 40'erne med DDT-resistens hos stuefluen (*Musca domestica*), som senere yderligere har udviklet resistens mod flere andre insekticider. I frugtavlen og væksthushavet kendes tilsvarende alvorlig resistens mod adskillige insekticider hos flere arter af spindemider - bl.a. frugttræspindemiden (*Panonychus ulmi*). Ved forædling af bederoer i væksthuse ses også resistente ferskenbladlus (*Myzus persicae*).

9.8.4.2. Ferskenbladlusen - eneste danske insekt på friland med insekticid-resistens

Ferskenbladlusen er den eneste insektart, som her i landet er fundet på friland i typer, der er resistente over for insekticider. Man opdeler den i 6 resistenstyper: følsomme, svagt resistente, middel resistente, kraftigt resistente, højt resistente og meget højt resistente.

Resistensen skyldes, at et bestemt enzym (E4) forekommer i forøget mængde hos resistente dyr. Dette enzym kan nedbryde eller binde de fleste almindeligt brugte bladlus-bekæmpelsesmidler. Både fosformidler, carbamater og syntetiske pyrethroider er berørte, omend i forskellig grad. De fleste fosformidler som f.eks. parathion og oxy-demeton-methyl (Meta-Systox) har svigtende virkning ved brug i praksis over for ferskenbladlus med middel til kraftig resistens. Højt og meget højt resistente populationer påvirkes kun i meget ringe grad.

Det samme gør sig gældende over for de syntetiske pyrethroider, hvoraf permethrin, decametrin og fenvalerat kan nævnes. Carbamaterne er ikke så hårdt ramt af resistensen. Højt resistente dyr har dog selv ved brug af disse midler forbedrede overlevelsesmuligheder.

Typer, som er højt eller meget højt resistente, har samtidig den egenskab, at de kan ændre resistensniveau efter det omfang af bekæmpelse, de udsættes for. De enkelte dyr ændrer sig ikke i fravær af sprøjtning, men en

del af deres afkom har et andet, oftest lavere resistensniveau end moderen. Dette kaldes ustabil resistens. Resultatet bliver, at en høj, resistent population i løbet af nogle generationer mister resistens, når de følsomme typer ikke dræbes ved bekæmpelse. Omvendt kan en tilsyneladende lidet resistent population efter overraskende få sprøjtninger øge sin resistens. Resultatet er, at der er en sammenhæng mellem bekæmpelsesniveauet og den mængde resistens, man finder.

9.8.4.3. Udbredelse af insekticidresistens

I en undersøgelse - hovedsagelig udført af O. C. Pedersen - der strækker sig fra 1981-1985, er resistens hos ferskenbladlus blevet undersøgt fra bede-roemarker i forskellige områder. Flest prøver er blevet undersøgt fra marker i de typiske "sukkerroeegne". Resultaterne fra Lolland, Falster, Møn og Sydsjælland er vist i tabel 1. Resultaterne fra Nordsjælland og Fyn viser fordelinger af samme størrelsesorden.

Tabel 1. Procentvis fordeling af ferskenbladlus på de 6 resistensniveauer i 1981-1985. Prøverne er fra Lolland, Falster, Møn og Sydsjælland.

Resistenstype	%
Følsomme	24
Svagt resistente	56
Middel resistente	10
Kraftigt resistente	5
Højt resistente	4
Meget højt resistente	1

Der er ingen tydelig udvikling i øgningen af resistens hos ferskenbladlus i danske roemarker. Det ser dog ud til, at der er en svag tendens til, at gruppen med "følsomme" er blevet en smule mindre til fordel for "svagt resistente" i perioden 1981-1985. Der er ikke umiddelbart grund til bekymring for, at bekæmpelsessikkerheden er truet. Under almindelige dyrkningsforhold giver brug af carbamater stor sikkerhed for et godt resultat.

9.8.5. Konklusion

Pesticider bør bruges med omtanke. Ikke alene af miljømæssige grunde, men også fordi en forkert brug på længere sigt kan føre til resistensdannelse og svigtende virkning.

Hvis udviklingen har løbet så langt, at resistente organismer dominerer under markforhold, er det for sent at gøre noget, og det pågældende middel eller den middelgruppe er tabt. Der bør derfor i god tid satses på en effektiv bekæmpelsespraksis, der gør det så svært som muligt for organismene at udvikle resistens.

9.8.6. Litteratur

- Junker, K. (1985). Følsomhed hos bygmeldug (*Erysiphe graminis* f.sp. hordei) over for ergosterolhæmmende fungicider. 2. Danske Planteværnskonference 1985, sygdomme og skadedyr, 187-196.
- Junker, K. (1985). Undersøgelse over resistens mod benzimidazoler hos sne-skimmelsvampen (*Gerlachia nivalis*) i Danmark. Nordisk Växtskyddskonferens 1985, 24-29.
- Junker, K. (1986). Undersøgelse af bygmeldugs (*Erysiphe graminis* f.sp. hordei) følsomhed over for ergosterolhæmmende fungicider. 3. Danske Planteværnskonference 1986, sygdomme og skadedyr (under trykning).
- Nielsen, Bent J. og K. Junker (1985). Kemiske bekæmpelsesmidler mod bygmeldug. Ugeskrift for Jordbrug 18, 475-478.
- Nielsen, Bent J. og H. Schulz (1985). Carbendazimresistens hos knækkefodsygesvampen (*Pseudocercospora herpotrichoides*) i Danmark. 2. Danske Planteværnskonference, sygdomme og skadedyr, 197-209.
- Nielsen, Bent J., H. Schulz og L. N. Jørgensen (1986). Carbendazimresistens hos knækkefodsygesvampen (*Pseudocercospora herpotrichoides*) i Danmark 1984. 3. Danske Planteværnskonference, sygdomme og skadedyr (under trykning).
- Pedersen, O.C. (1981). Insecticidresistens hos ferskenbladlus. Scandinavian Plant Protection Conf. 1981. Sveriges Lantbruksuniversitet, Växtskyddsrapporter 16, 54-58.

10. FREMTIDIG PLANTEBESKYTTELSE, FORSKNING OG UDVIKLING

I de følgende afsnit er der peget på en række aktiviteter, som er centrale i den fremtidige forskning vedrørende plantebeskyttelsesforhold.

Anvendelse af kemiske plantebeskyttelsesmidler er helt afgørende for at opnå en økonomisk rentabel planteproduktion.

Derfor vil en række af de fremtidige forskningsopgaver blive koncentreret om at udnytte de kemiske plantebeskyttelsesmidler økonomisk og økologisk optimalt.

De mest centrale opgaver er en fortsat udvikling af arbejdet med at fastsætte økonomisk baserede skadetærskler for de enkelte afgrøder og de skadegørere, som er væsentlige i de pågældende afgrøder. Endvidere er en fortsat udvikling af prognoser for og varsling imod skadegørere en vigtig støtte til den enkelte avlers afgørelse af, hvornår der bør sættes ind med bekæmpelsesforanstaltninger.

For at opnå de bedst mulige forudsætninger for en behovsbaseret anvendelse af pesticider er det afgørende, at der er metoder til rådighed, som gør det muligt for den enkelte avler at foretage en sikker og rimelig præcis bestemmelse af den aktuelle angrebsgrad af forekommende skadegørere.

Praktisk anvendelige metoder til en sådan bestemmelse af aktuelle angreb skal være relativt simple og hurtige for at kunne konkurrere med en rutinemæssig bekæmpelse. Det samlede arbejdsforbrug ved avanceret korndyrkning er nemlig kun 4-6 timer pr. ha.

Bedre kendskab til de enkelte pesticiders virkemåde i forhold til de tilstande, der er til stede ved anvendelsen, vil muliggøre en mere nuanceret fastsættelse af de mængder (doseringer), som er nødvendige for at opnå det ønskede bekæmpelsesresultat.

Udnyttelse af sorter, som er resistente eller tolerante over for vigtige skadegørere, har en central betydning på visse områder - resistens over for nematoder hos korn og kartofler - resistens hos kartofler over for brok og rattlevirus - og ikke mindst kornsorters resistens over for en række svampesygdomme.

Udvikling af flere og mere effektive resistente sorter har betydelige potentielle muligheder, som yderligere er blevet intensiveret med udvikling af de bioteknologiske teknikker, hvor kombination af gener i hidtil ukendt målestok er inden for rækkevidde.

Bedre indsigt i kulturforanstaltningers indflydelse på udviklingen af skadevoldende angreb af ukrudt, sygdomme og skadedyr og større udnyttelse af de naturligt forekommende organismer, som hæmmer opformering af skadegørere, er andre vigtige aspekter ved den fremtidige forskning vedrørende plantebeskyttelse. Biologisk bekæmpelse anvendes som rutine inden for visse afgrøder og skadedyr i væksthuse. En videre udvikling af biologisk bekæmpelse inden for disse afgrøder bør der sættes på, både af økonomiske og arbejdsmiljømæssige grunde. En anden væsentlig grund til at sætte på biologisk bekæmpelse specielt i disse afgrøder er, at risikoen for resistensudvikling over for pesticider hos skadegørere er særdeles udtalt i væksthushafgrøder. I opvarmede væksthuse sker der en opformering af skadegørerne året igennem, hvilket medfører, at der er behov for hyppige behandlinger med pesticider og dermed øget risiko for resistensudvikling hos skadegørerne.

Bedre viden om pesticidernes nedbrydning og transport i jorden under danske dyrkningsbetingelser er væsentlige opgaver i den fremtidige forskning. Det samme gælder undersøgelser vedrørende pesticidernes eventuelle påvirkninger af økosystemerne i vore dyrkede arealer, såvel som den samlede effekt på den danske natur. Endvidere bør der foretages undersøgelser af, hvorvidt pesticiderne kan påvirke planteprodukters kemiske sammensætning.

10.1 Biologisk bekæmpelse

Lise Stengård Hansen & Jørgen Reitzel

Planteværnscentret

Institut for Plantepatologi

2800 Lyngby

- 10.1.1. Definition
- 10.1.2. Biologisk bekæmpelse i markafgrøder
 - 10.1.2.1. Frilandsbetingelser
 - 10.1.2.2. Biologisk bekæmpelse ved hjælp af nyttedyr
 - 10.1.2.3. Biologisk bekæmpelse ved hjælp af mikroorganismer
- 10.1.3. Biologisk bekæmpelse i væksthushafgrøder
 - 10.1.3.1. Væksthusbetingelser
 - 10.1.3.2. Biologisk bekæmpelse ved hjælp af nyttedyr
 - 10.1.2.3. Biologisk bekæmpelse med mikroorganismer
- 10.1.4. Biologisk bekæmpelse i haver
- 10.1.5. Biologisk bekæmpelse af ukrudt
- 10.1.6. Sammenfatning
- 10.1.7. Litteratur

10.1. Biologisk bekæmpelse

10.1.1. Definition af biologisk bekæmpelse

Ved biologisk bekæmpelse forstås bekæmpelse ved hjælp af noget levende. Hertil bruges skadegørernes naturlige fjender, hvilket omfatter nyttedyr (rovdyr og snylttere) samt mikroorganismer (bakterie-, svampe- og virussygdomme). Begrebet omfatter desuden brug af giftstoffer produceret af og isoleret fra skadegørernes naturlige fjender. Ved biologisk bekæmpelse søger man ikke nødvendigvis at udrydde skadegørerne, men blot at holde dem på en tæthed, som ikke skader planten. Den lille bestand af skadegørere sikrer overlevelse af de naturlige fjender, hvorved bekæmpelsen kan opretholdes igennem længere tid, ofte i hele vækstsæsonen.

10.1.2. Biologisk bekæmpelse i markafgrøder

10.1.2.1. Frilandsbetingelser - skadegørere

På friland her i landet har klimaet væsentlig indflydelse på tætheden af skadegørere og naturlige fjender. Dette gør, at en population af skadegørere under opbygning ikke nødvendigvis fører til økonomisk tab. En periode med dårligt vejr kan reducere populationer af skadegørere, således at bekæmpelsesforanstaltninger er overflødige. Parallelt med dette kan vejret give de naturlige fjender så dårlige betingelser, at de ikke har indflydelse på skadegørernes antal.

10.1.2.2. Biologisk bekæmpelse ved hjælp af nyttedyr

En systematisk udsætning af nyttedyr mod skadedyr på friland anvendes ikke i praksis i Danmark.

Enkelte forsøg er blevet gjort med positivt resultat her i landet. I æbleplantager har udsætning af rovmider (*Typhlodromus pyri*) effektivt bekæmpet frugttræspindemider (*Panonychus ulmi*) igennem forsøg i 2 vækstsæsoner (Johnsen & Hansen 1985). Generel brug af denne rovmide i æbleplantager er en nærliggende mulighed, men det forudsætter et sprøjteprogram, som skåner rovmiderne, samt indførelse af rovmider, der er resistente mod visse typer pesticider. Dette sprøjteprogram omfatter lidt færre pesticidbehandlinger med mere selektive midler og i alt færre omkostninger for avleren.

Hollandske forsøg har vist, at nematoder af slægten *Neoaplectana* kan bekæmpe ageruglelarver (*Agrotis segetum*), som ofte medfører store tab, når salat plantes om sommeren efter en anden afgrøde (Theunissen & Fransen, 1984). Nematoder kan ligeledes bekæmpe øresnudebilleangreb (*Otiorrhynchus* sp.) i jordbær og planteskolekulturer. Brug af nematoder kræver en høj jordfugtighed, hvilket nemt skaffes i de nævnte afgrøder, da vanding er normal praksis.

I betragtning af, at naturligt forekommende nyttedyr kan medføre en væsentlig reduktion i bestande af skadedyr, bør det undersøges, hvorvidt massive udsætninger af nyttedyr kan give den samme effekt.

10.1.2.3. Biologisk bekæmpelse ved hjælp af mikroorganismer

Bekæmpelse ved hjælp af mikroorganismer (mikrobiologisk bekæmpelse) er endnu ikke taget i praktisk anvendelse i Danmark, men udenlandske forsøg og praksis har vist, at de udgør et (potentielt) alternativ til pesticider (Øgård, et al. 1984).

Her i landet har man undersøgt mulighederne for at bekæmpe agerugler (*Agrotis segetum*) med virus (Øgård, 1983). I markforsøg har effekten af virus (80-90%) været næsten på højde med brug af pesticider. Produktionen af viruspræparater fordyres ved, at de kun kan opformeres i levende insekter. Det forventes, at prisen på et viruspræparat mod agerugler kun vil være lidt højere end de dyreste pesticider. Til gengæld er insektvirus generelt meget specifikke og kan sjældent overføres til andre insektfamilier.

Virus mod andre skadedyrarter er blevet undersøgt i udlandet. God bekæmpelse af æbleviklere (*Cydia pomonella*), kålugler (*Mamestra brassicae*), lille og stor kålsommerfugl (*Pieris rapae* og *P. brassicae*) vil sandsynligvis kunne opnås her i landet.

Insektpatogene svampe af *Entomophthora*-slægten kan tænkes anvendt mod bladlus på flere frilandsafgrøder og mod gulerodsfluer (*Psila rosae*) i gulerødder (Eilenberg, 1983). Masseproduktionen af mange svampe lettes ved, at de kan opformeres på kunstigt medium. Insektpatogene svampe angriber oftest flere insektordener.

Bakterier mod insekter bruges i stor stil verden over. *Bacillus thuringiensis* er virksom mod ca. 150 sommerfuglearter, heraf flere danske arter af økonomisk betydning. Virkningen er begrænset til visse sommerfuglefamilier.

10.1.3. Biologisk bekæmpelse i væksthuseafgrøder

10.1.3.1 Væksthusbetingelser - skadegørere

Erhvervsvæksthuse kan betragtes som subtropiske enheder, hvor et varmt, fugtigt og beskyttet klima udgør fine livsbetingelser for skadegørere. Dette betyder, at et angreb af skadegørere så godt som altid vil medføre økonomisk tab. Da kulturerne ofte er kostbare, udføres der generelt mange pesticidbehandlinger. Dette store pesticidforbrug sker ikke uden problemer, hvoraf nogle er specielle for væksthuse med grønsager:

1. utilstrækkelig bekæmpelse på grund af pesticidresistens,
2. skader på planterne, forårsaget af pesticiderne,
3. arbejdsmiljøproblemer ved pesticidbehandlinger i lukkede rum,
4. plukning af frugter må udsættes for at overholde sprøjtefrister.

Disse problemer har tilskyndet til at finde andre løsninger på problemer med skadegørere. Da væksthuse samtidigt giver nytteorganismer gode livsbetingelser, er biologiske bekæmpelsesmetoder blevet brugt i praksis i en år-række her i landet.

10.1.3.2 Biologisk bekæmpelse ved hjælp af nyttedyr

Tabel 1 viser brugen af biologisk bekæmpelse i praksis i danske væksthuse (Hansen et al., 1984). Biologisk bekæmpelse har stort set erstattet kemisk skadedyrbekæmpelse i danske væksthuse med agurk og tomat. I de senere år er andre skadedyr (trips (*Thrips tabaci*) og tomatminérfluer (*Liriomyza bryoniae*)) blevet et problem i disse kulturer. Kemisk bekæmpelse af disse skadedyr kan udrydde allerede etablerede nyttedyr. Derfor er biologiske bekæmpelsesmetoder mod disse skadedyr nu under udvikling (Hansen, 1985). Disse metoder vil kunne tages i brug inden for en overskuelig tid.

Dermed vil det være muligt at bekæmpe de 5 almindeligst forekommende skadedyr med nyttedyr. Denne udvikling gør det muligt at bruge biologisk bekæmpelse i en række prydplantekulturer, hvor disse skadedyr volder vanskeligheder, og hvor pesticidbelastningen er stor.

Tabel 1. Brug af biologisk bekæmpelse i danske væksthuse 1985

Skadedyr	Nyttedyr	Kultur	Anvendelses- procent*
Spindemider (<i>Tetranychus urticae</i>)	rovmider (<i>Phytoseiulus persimilis</i>)	agurk	90
Mellus (<i>Trialeurodes vaporariorum</i>)	snyltehvepse (<i>Encarsia formosa</i>)	tomat	80
Bladlus	bladlusgalmyg (<i>Aphidoletes aphidimyza</i>)	peber	40

* procent af kulturens totale areal

10.1.3.3 Biologisk bekæmpelse med mikroorganismer

Ligesom på friland anvendes mikrobiologisk bekæmpelse endnu ikke i væksthuse i Danmark, men flere muligheder undersøges her i landet og ligger tæt på praktisk anvendelse.

Patogener som rodbrand og rodråd forårsages af et kompleks af svampe (*Pythium* sp., *Phytophthora* sp., *Fusarium* sp., *Rhizoctonia* sp.). De er et udbredt problem i de fleste vækstkulturer. De kan sandsynligvis bekæmpes med andre mikroorganismer, som konkurrerer med patogenerne om næring og andre livsbetingelser, eller som udskiller hæmmende stoffer, eller som er snyltere på patogenerne (Hockenhull et al., 1984). Dette kompleks af mikroorganismer er fjernet fra de sterile vækstmedier, hvis anvendelse er velbegrundet ud fra andre hygiejniske betragtninger. Mikroorganismene kan til sættes ved at behandle frø eller rødder forud for stikning. Man arbejder på at kunne producere "sygdomshæmmende jord", som er tilsat de nødvendige mikroorganismer. Disse metoder vil med tiden også blive aktuelle på friland.

Brug af svampe og bakterier (hhv. *Trichoderma* sp. og *Bacillus* sp.) vil med tiden blive tilgængelige til bekæmpelse af andre økonomisk vigtige svampesygdomme som meldug (*Erysiphaceae*), gråskimmel (*Botrytis* sp.) og agurksyge (*Didymella bryoniae*).

Som beskrevet under mikrobiologisk bekæmpelse på friland, vil flere skadedyr i væksthuse kunne bekæmpes med mikroorganismer, muligvis med større sikkerhed for et godt resultat, da man her kan styre klimabetingelserne.

10.1.4. Biologisk bekæmpelse i private haver

Privathavebruget er et område, hvor det er oplagt at bruge biologisk bekæmpelse. Dels byder haver på de betingelser, som kan være nødvendige for et godt bekæmpelsesresultat af både nyttedyr og mikroorganismer (læ, varierede biotoper, mulighed for vanding), og dels har havefolk mulighed for at ofre mere tid på en effektiv overvågning og pasning af nyttedyr, som øger chancen for et positivt udfald.

I 1984 og 1985 har de 3 nyttedyr, som anvendes i erhvervsvæksthuse, været tilgængelige for landets ca. 300.000 hobbyvæksthusejere. Interessen for at bruge nyttedyr er stor, og erfaringerne fra de 2 sæsoner er meget positive.

10.1.5. Biologisk bekæmpelse af ukrudt

Biologisk bekæmpelse af ukrudt har i nogle få tilfælde været særdeles vellykket.

I Australien er arter af opuntia-kaktussen, som blev indslæbt til landet i forrige århundrede, med stor succes blevet bekæmpet af en sommerfugleart. Denne sommerfugleart blev indført fra Argentina.

Et andet vellykket eksempel på bekæmpelse af ukrudt er bekæmpelse af prikbladet perikum i Californien.

De vellykkede eksempler på biologisk ukrudtsbekæmpelse indeholder alle ukrudtsarter, som er blevet indslæbt til nye områder, som igen er blevet bekæmpet med indførte organismer.

Muligheder for biologisk ukrudtsbekæmpelse af arter, som hører med til den oprindelige flora - samt bekæmpelse af en ukrudtsflora sammensat af mange arter, må for nærværende betegnes som små. På længere sigt kan det imidlertid ikke udelukkes, at man via gensplejsningsteknikken vil kunne udvikle effektive biologiske bekæmpelsesmetoder i væsentligt omfang - f.eks. vha. "skræddersyede" organismer, der angriber de plantearter, som de er designede til.

10.1.6. Sammenfatning vedr. biologisk bekæmpelse i Danmark

Betingelserne for at bruge de 2 typer af nytteorganismer, nemlig nyttedyr (rovdyr og snyltre) og mikroorganismer, er forskellige, hvis man sammenligner friland med væksthuse.

Indtil videre bruges biologisk bekæmpelse i større stil kun inden for væksthusektoren her i landet. Brug af nyttedyr er normal praksis i næsten alle danske væksthuse med agurk og tomat: En udbredelse af disse metoder til andre kulturer ligger inden for rækkevidde, nu da de 5 vigtigste skadedyr kan bekæmpes med nyttedyr. Der forestår dog et tilpasningsarbejde for at sikre metodernes succes i prydplantekulturer, da dyrkningspraksis og krav til bekæmpelsesresultat er anderledes end i grønsagskulturer. Der vil være et udvidet behov for vejledning af gartnere, hvis biologisk bekæmpelse af flere skadedyr skal blive almindelig praksis (Reitzel, 1981).

På friland vil brug af nyttedyr til biologisk bekæmpelse muligvis kræve mange udsætninger, bl.a. fordi vejret kan mindske nyttedyrbestandene meget kraftigt. De muligheder, som synes umiddelbart inden for rækkevidde under danske forhold, omfatter frugtplantager og grønsagskulturer på friland, dvs. ikke egentlige markafgrøder. Disse afgrøder er karakteriseret ved enten at byde på lidt beskyttede betingelser (læ, varierede biotoper) eller ved at kunne bære de omkostninger, som særlige foranstaltninger til fordel for nyttedyrene (vanding) kan medføre.

Der foreligger adskillige muligheder for at bruge mikroorganismer mod skadedyr både på friland og i væksthuse. Fordelen ved disse metoder er stor selektivitet, hvorved bekæmpelsen ofte kan gennemføres uden at påvirke andet end målorganismen. De kan desuden formuleres som et vandopløseligt pulver, lagres og udbringes med almindeligt sprøjteudstyr. Der vil utvivlsomt kunne findes arter eller racer af mikroorganismerne, som er effektive under danske forhold, forudsat en større indsats på dette felt. Tilskyndelsen til at gennemføre disse undersøgelser er de senere år blevet hæmmet af usikkerhed om proceduren og omkostningerne ved at få godkendt mikrobiologiske præparater. De vil fortrinsvis kunne bruges på mindre afgrøder (frilandsgrønsager, frugtavl, planteskoler, væksthuse), hvorved markedet er for lille til at bære store omkostninger til godkendelse. På den anden side er netop disse afgrøder karakteriseret ved relativt mange pesticidbehandlinger, som kan mindskes, hvis alternative bekæmpelsesmuligheder foreligger.

Ved en udvidet brug af biologisk bekæmpelse vil man altså kunne ned-sætte pesticidforbruget mod en række skadegørere i specielle afgrøder især i væksthuse, men også på friland. Også privathavebruget vil kunne nyde godt af en udvidet adgang til biologiske bekæmpelsesmetoder. Altafgørende for denne udvikling er imidlertid, at avlerne kan skaffe sig nytteorganismerne.

Dette forudsætter dels, at en godkendelse af mikrobiologiske præparater til brug i Danmark ikke er urimeligt dyr eller krævende. Desuden må der, især for nytte dyrs vedkommende, sikres en dansk produktion, således at transportvejen bliver så kort som mulig. Derved sikres dyrenes overlevelse i transportfasen og dermed deres effektivitet. Endelig må denne udvikling følges op af en adgang til rådgivning, som er nødvendig, hvis metoderne skal vinde indpas på nye kulturer og arealer.

10.1.7. Litteratur

- Eilenbjerg, J. (1983). Entomophthora-svampe på gulerodsfluen (Psila Rosae F.). Muligheder for anvendelse af Entomophthora-svampe til biologisk bekæmpelse af skadedyr. Tidsskr. Planteavl 87, 399-406.
- Hansen, L. Stengård (1985). Biological control of glasshouse pests in Denmark: extent, economics and present research. Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent (in press).
- Hansen, L. Stengård & Jakobsen, J. & Reitzel, J. (1984). Extent and economics of biological control of Tetranychus urticae and Trialeurodes vaporariorum in Danish glasshouses. EPPO Bull. 14 (3), 393-399.
- Hockenhull, J., Jensen, D. F., Thinggaard, K. m. fl. (1984). Temanummer om biologisk bekæmpelse af rodpatogener. Ugeskr. f. Jordbrug 1984/49, 1339-1349.
- Johnson, S. & Hansen, E. (1985). Bekæmpelse af frugttræspindemiden ved hjælp af rovmider. Frugtavleren 7/85, 216-220.
- Reitzel, J. (1981). Udnyttes forskningsresultaterne godt nok? Ugeskr. f. Jordbrug 1981/41, 668-671.
- Sepstrup P. O. (1972). Biologisk ukrudtsbekæmpelse, en realistisk mulighed under danske driftsforhold. Ugeskr. f. agron. og hort. 17, 340-347.
- Theunissen, J. & Fransen, J.J. (1984). Biological control of cutworms in lettuce. Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent 49/3a, 771-776.
- Øgård, L. (1983). Mulighederne for anvendelse af insektvirus til biologisk bekæmpelse af skadelige insekter. Tidsskr. Planteavl 87, 407-415.
- Øgård, L., & Eilenbjerg, J. & Bolet, B. (1984). Mikrobiologisk skadedyrbekæmpelse. Muligheder i Danmark. Ugeskr. f. Jordbrug 1984/8, 195-202.

10.2. Godkendelse af mikrobiologiske bekæmpelsesmidler

Bent Løschenkohl
Planteværnscentret
Institut for Pesticider
2800 Lyngby

- 10.2.1. Indledning
- 10.2.2. Definition af mikrobiologiske bekæmpelsesmidler
- 10.2.3. Godkendelse af mikrobiologiske bekæmpelsesmidler
- 10.2.4. Handelspræparater
- 10.2.5. Produktkontrol
- 10.2.6. Kvalitetskontrol
- 10.2.7. Virkningsspektrum
- 10.2.8. Risiko ved anvendelse af mikrobiologiske bekæmpelsesmidler
- 10.2.9. Fremstilling af mikrobiologiske bekæmpelsesmidler
- 10.2.10. Litteratur

10.2.1. Indledning

I december 1983 nedsatte Miljøstyrelsen en arbejdsgruppe med det kommissorium at give Miljøstyrelsen anbefalinger om, hvilke krav om oplysninger der skal stilles i forbindelse med godkendelse af mikrobiologiske bekæmpelsesmidler. Gruppen skulle udforme et ansøgningsskema med krav om dokumentation inden for humantoksikologi, økotoksikologi, effektivitet, produktkontrol og mærkning.

I juni 1985 afsluttede gruppen sit arbejde. Ansøgningsskemaet er en oversættelse og tilpasning til danske forhold af et tilsvarende engelsk ansøgningsskema. Skemaet har en vejledning til hvert punkt, der ønskes belyst. Under udarbejdelsen af skemaet blev det imidlertid klart, at det er vanskeligt at dække alle kommende mikrobiologiske bekæmpelsesmidler og bekæmpelsesområder. Godkendelsen af mikrobiologiske bekæmpelsesmidler må derfor i høj grad bygge på gensidig kontakt mellem ansøger og Miljøstyrelsen, og behandling fra sag til sag. Af denne grund var der et stærkt ønske i gruppen om, at gruppen enten fortsætter som rådgivende gruppe, eller at medlemmer af gruppen optages i Bekæmpelsesmiddelrådet.

10.2.2. Definition af mikrobiologiske bekæmpelsesmidler

Bekendtgørelsen omfatter:

1. "Mikrobiologiske bekæmpelsesmidler, hvis egenskaber er betinget af et indhold af virus, bakterier, svampe eller andre mikroorganismer."

2.stk.3. Hvis midlet, hvorom der søges godkendelse, indeholder et eller flere kemiske stoffer, kan Miljøstyrelsen kræve samme oplysninger som for kemiske bekæmpelsesmidler.

3. Består produktet af eller indeholder det gensplejsede organismer, skal disse opfylde de til enhver tid gældende bestemmelser om produktion, salg og anvendelse af sådanne organismer.

Betegnelsen 'mikroorganismer' indeholder en grænseflade til højere organismer, hvor det kan diskuteres, om en organisme hører til den ene eller anden kategori. Spørgsmålet kan næppe volde problemer i forbindelse med godkendelse af mikrobiologiske bekæmpelsesmidler.

For gensplejsede organismer fandtes der endnu ikke regler, medens ansøgningsskemaet blev udarbejdet. Da der i fremtiden sandsynligvis vil blive ansøgt om godkendelse af gensplejsede mikroorganismer, blev disse inddraget.

Indeholder mikrobiologiske bekæmpelsesmidler kemiske bekæmpelsesmidler, skal disse godkendes på normal vis. Herved hæmmes markedsføringen af mikrobiologiske bekæmpelsesmidler, hvis effekt i virkeligheden beror på et indhold af kemiske bekæmpelsesmidler.

10.2.3. Godkendelse af mikrobiologiske bekæmpelsesmidler

På grund af de mikrobiologiske bekæmpelsesmidlers natur stilles der på en række punkter yderligere krav end ved godkendelse af kemiske bekæmpelsesmidler. Som for kemiske bekæmpelsesmidler skelnes der mellem den aktive substans og det formulerede salgsprodukt.

10.2.4. Handelspræparater

Formuleringen af mikrobiologiske bekæmpelsesmidler spænder fra simple formuleringer af svampe og bakteriesporer til sygdomsfremkaldende organismer, der udbringes via inficerede værtsorganismer. Det er derfor nødvendigt at vurdere alle oplysninger om det formulerede produkt. Der kan f.eks. være risiko for, at (inficerede) værtsorganismer, der overlever, kan angribe afgrøden, f.eks. ved anvendelsen af meldugparasitter, hvor den udbragte meldug er af en anden smitterace end den normalt forekommende.

På grund af produkternes indhold af levende organismer kan aktiviteten falde ved lagring. Alle forhold, herunder temperaturændringer, der kan ændre stabiliteten af produktet, skal derfor belyses.

Produkternes toksiske og infektiøse egenskaber kan være vanskelige at undersøge, ligesom det kan være vanskeligt at udforme relevante krav for de enkelte midler. Forsøgsdyr reagerer forskelligt på de enkelte mikroorganismer både med hensyn til toksicitet og eventuel infektion (anonym, 1980).

Især for midler med indhold af svampesporer kan der optræde allergene reaktioner.

10.2.5. Produktkontrol

Mikroorganismer er vanskelige at bestemme og karakterisere. På grund af det store antal enkeltorganismer er der mulighed for opformering af mutanter med

andre egenskaber end den oprindelige, godkendte organisme. Ved at indlevere en prøve af kulturen til identifikation og opbevaring hos en eller flere internationale kultursamlinger opnås både en kvalificeret identifikation og en stamkultur, der kan anvendes ved fremtidige sammenligninger af den aktive organisms egenskaber i det markedsførte produkt (anonym, 1984).

For at sikre en entydig bestemmelse kræves der systematisk navn for bakterier og svampe, serotype for vira, synonymer, testprocedurer og kriterier for identifikation.

10.2.6. Kvalitetskontrol

For mikrobiologiske bekæmpelsesmidler gælder generelt, at der sker en større eller mindre opformering efter udbringningen. Hovedparten af de anvendte mikroorganismer kan overleve fra år til år og spredes i naturen. Herved adskiller de sig principielt fra kemiske bekæmpelsesmidler, der nedbrydes, og hvis virkning er begrænset til det behandlede område.

Disse forhold gør, at der ved godkendelsen af mikrobiologiske bekæmpelsesmidler må kræves udførlige oplysninger om den aktive organisms identitet og biologiske egenskaber.

10.2.7. Virkningsspektrum

Ved patogenitet forstås evnen til at fremkalde sygdom. For mikrobiologiske bekæmpelsesmidler rummer patogeniteten et dobbelt paradoks, der lettest beskrives via et eksempel: bekæmpelse af mælkebøtte som markukrudt. På den ene side ønskes der stor patogenitet, effektivitet, over for mælkebøtter på marken, men ingen over for beslægtede kulturplanter som skorzonerrød, cikorie m.m. Er dette opfyldt, kommer det næste paradoks: hvordan begrænses bekæmpelsen af mælkebøtter til det behandlede areal og ikke den omliggende natur?

Det er derfor nødvendigt at kende den aktive organisms værtsspektrum, virkemåde, infektive dosis og smitteevne samt muligheden for overlevelse i miljøet.

10.2.8. Den aktive mikroorganismes naturlige forekomst

Konsekvenserne af forrige afsnit afhænger af den aktive organismes naturlige forekomst. Er den isoleret i Danmark eller nærtliggende miljø, rummer pato-

geniteten næppe overraskelser. Anvendelsen af hjemlige organismer kan være en massiv udbringning om foråret af organismer, som normalt først forekommer i stort tal om efteråret.

Organismer fra et fremmed miljø, mutanter og gensplejsede organismer vil kræve et meget stort arbejde, hvis deres biologiske egenskaber skal kortlægges.

10.2.9. Fremstilling af mikrobiologiske bekæmpelsesmidler

For at sikre et ensartet produkt uden skadelige forureninger af andre mikroorganismer skal fremstilleren beskrive, hvorledes mikroorganismen massefremstilles, samt anviser metoder til kontrol af stamkulturen og produktets renhed, toksicitet og stabilitet.

Eksperimentelle data for mikrobiologiske bekæmpelsesmidler

Som et led i godkendelsen af bekæmpelsesmidler kræves et vist minimum af effektivitet. For at opnå eksperimentelle data er det nødvendigt at udføre laboratorie- og markforsøg. For kemiske bekæmpelsesmidler gives der normalt dispensation til udførelsen af markforsøgene. For mikrobiologiske bekæmpelsesmidler er det på grund af de mikrobiologiske egenskaber nødvendigt at foretage en nærmere vurdering, førend der gives dispensation til markforsøg.

Mikrobiologiske bekæmpelsesmidler i fremtiden

For nogle år tilbage blev mikrobiologiske bekæmpelsesmidler fremhævet som afløsere for kemiske bekæmpelsesmidler og dermed løsningen på en del miljøproblemer. I praksis er det kun på enkelte områder, at disse forhåbninger har holdt stik.

Den naturlige mikrobiologiske balance er et system med stor træghed. Tilførslen af fremmede mikroorganismer har derfor sjældent stor effekt. Anvendelsen af mikrobiologiske bekæmpelsesmidler må derfor ske i en langsigtet planlægning, hvor man gennem alle vækstfaktorer søger at fremme mulighederne for en effekt, og hvor denne effekt ikke forventes opnået gennem en total bekæmpelse, men ved en acceptabel balance mellem skadevolderen og den bekæmpende organisme (Baker & Cook, 1974).

10.2.10 Litteratur

- Anonym, 1980. Guidelines proposed by the United States Environmental Protection Agency for safety evaluation of microbial agents in the USA. Office of Pesticide Programs. Washington DC 20460.
- Anonym, 1984. List of cultures. Centralbureau voor schimmelcultures. Baarn, The Netherlands.
- Baker, K. F. & Cook, J. R., 1974. Biological Control of Plant Pathogens. W. H. Freeman and Company, San Francisco.

10.3. Pesticiddoseringer - muligheder for reduktion af herbiciddoseringerne

Per Kudsk og K. E. Thonke

Planteværnscentret

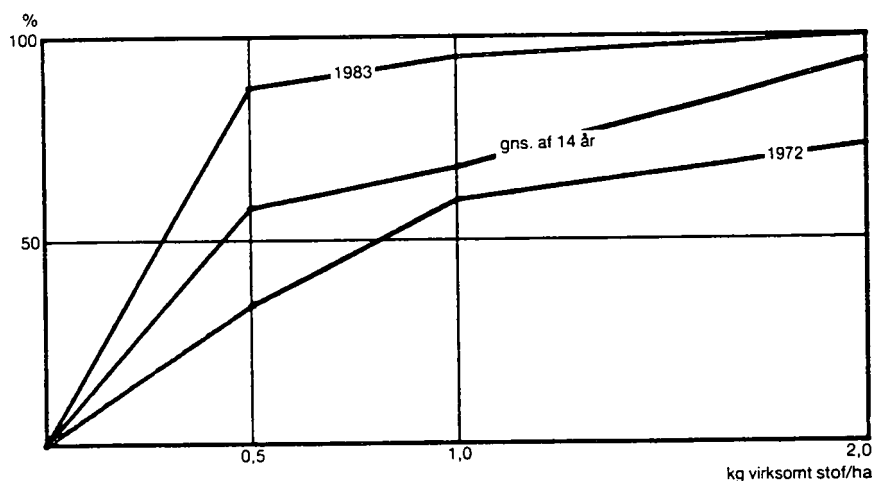
Institut for Ukrudtsbekæmpelse

Flakkebjerg, 4200 Slagelse

- 10.3.1. Indledning
- 10.3.2. Faktorer af betydning for herbicidets effekt
 - 10.3.2.1. Ukrudtets artssammensætning og størrelse
 - 10.3.2.2. Sprøjteteknik og additiver
 - 10.3.2.3. Klimafaktorerne
- 10.3.3. Igangværende og fremtidige forskningsopgaver med henblik på anvisning af metoder til doseringsreduktion
 - 10.3.3.1. Sprøjteteknik og tilsætning af additiver
 - 10.3.3.2. "Faktorkorrigerede" doseringer for bladherbicer
 - 10.3.3.3. "Faktorkorrigerede" doseringer for jordherbicer
- 10.3.4. Afslutning
- 10.3.5. Litteratur

10.3.1. Indledning

De fleste jordbrugere har erfaret, at effekten af en herbicidsprøjtning kan variere meget fra år til år, selv om der anvendes samme herbicid og samme dosering. Figur 1, der viser virkningen af 2,4-D i vintersæd over for kamille (*Matricaria* spp.) henholdsvis som gennemsnit af 14 års forsøg og i det bedste og dårligste år, illustrerer dette forhold.



Figur 1. % virkning af 2,4-D på kamille (*Matricaria* spp.) i vintersæd (Ravn, 1984).

Den praktiske anvendelse af herbiciderne i dag er baseret på nogle normaldoseringer. De er fastlagt på grundlag af resultaterne dels fra kemikaliefirmaernes egne forsøg og dels fra 2-3 års forsøg ved Statens Planteavlsforsøg. Normaldoseringen kan udtrykt forenklet, siges at være fastlagt således, at der i 95% af de tilfælde, herbicidet anvendes, opnås en tilfredsstillende ukrudtseffekt. I en del af de 95% af tilfældene, hvor der opnås en tilfredsstillende effekt, gælder det imidlertid, at den samme ukrudtseffekt kunne have været opnået med en lavere dosering, dvs. normaldoseringen har været en overdosering. Dette fremgår ligeledes af figur 1, idet der i 1983 blev opnået næsten samme effekt med 0,5 kg 2,4-D pr. ha, som med 2 kg 2,4-D pr. ha, hvorimod der i gennemsnit af de 14 år er blevet opnået en betydelig bedre effekt med de 2 kg 2,4-D pr. ha end med 0,5 kg 2,4-D pr. ha. En over-

dosering er ikke blot en unødvendig merudgift, men kan også forårsage skader på afgrøden, hvis afgrødens tolerancetærskel overskrides.

At effekten af herbiciderne varierer fra sprøjtning til sprøjtning skyldes, at effekten af de fleste af herbiciderne er afhængig af en lang række ydre variable faktorer. Ændres en eller flere af disse faktorer, ændres effekten af herbicidet mere eller mindre - afhængigt af de pågældende faktoreres betydning. De faktorer, der er af største betydning for effekten af herbiciderne er:

- 1) ukrudtets sammensætning og størrelse,
- 2) sprøjteteknikken, herunder tilsætning af additiver og
- 3) klimafaktorerne før, under og efter sprøjtningen.

I det følgende vil der først kort blive gjort status over den viden, vi på nuværende tidspunkt besidder vedrørende de forskellige faktoreres betydning. Derefter vil der blive redegjort for dels igangsatte og dels foreslåede projekter, som har til formål på grundlag af en mere nuanceret viden omkring de forskellige faktoreres indflydelse at udvikle metoder til at reducere de anvendte herbiciddoseringer. I det følgende afsnit er kun omtalt herbicider, dels fordi det er forfatterens hovedarbejdsområde, og dels fordi der med herbiciderne er udført et betydeligt større arbejde for at klarlægge de ovenfor nævnte faktoreres betydning. En del af de betragtninger, der fremføres i afsnit 10.3.2., gælder også for fungicider, insekticider og vækstregulerende midler, så også inden for disse grupper af plantebeskyttelsesmidler skulle doseringsreduktioner være mulige.

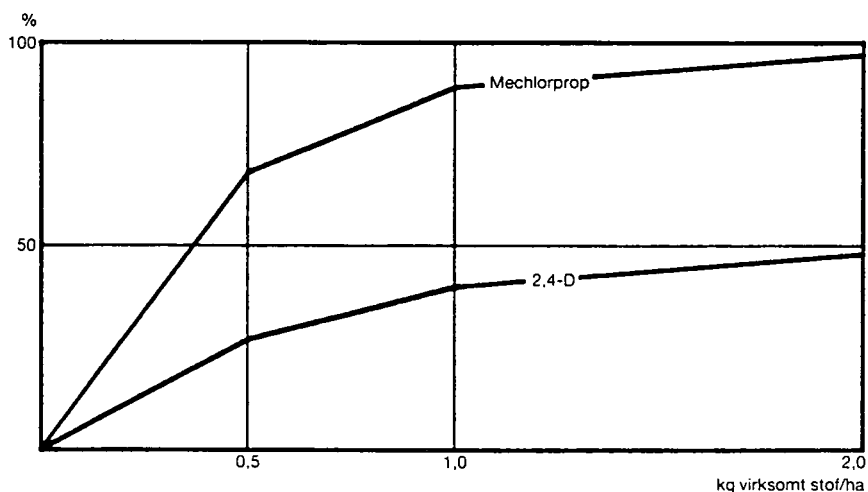
10.3.2. Faktorer af betydning for herbicidets effekt

10.3.2.1. Ukrudtets artssammensætning og størrelse

Det er velkendt, at effekten af de forskellige herbicider over for de enkelte ukrudsarter er meget varierende. Disse effektforskelle skyldes som regel enten morfologiske forskelle - f.eks. bladenes hældning, voksbelægning eller behåring, der påvirker mængden af sprøjtevæske, planterne tilbageholder, eller forskelle i planternes evne til enten at aktivere, inaktivere eller nedbryde herbicidet.

I figur 2 er vist effekten af de 2 kemisk nært beslægtede phenoxysyreherbicider 2,4-D og mechlorprop på fuglegræs (*Stellaria media*). Forskellen i effekt skyldes, at fuglegræs ligesom i øvrigt burrenerre (*Galium aparine*) er

i stand til at nedbryde 2,4-D, men ikke mechlorprop. Eksemplet understreger, at et kendskab til de mest dominerende ukrudtsplanter i marken er nødvendigt for at kunne vælge hvilket herbicid, der skal anvendes. Imidlertid er valget af herbicid ofte et kompromis, og så kan der være forskel fra mark til mark, om de forekommende ukrudtsarter er lette eller svære at bekæmpe med det valgte herbicid. Ukrudtsfloraens sammensætning kan derfor foruden at være grundlaget for valg af herbicid, også være en af de faktorer, der bestemmer den nødvendige dosering.



Figur 2. % virkning af 2,4-D og mechlorprop på fuglegræs (*Stellaria media*) i vintersæd (Ravn, 1984).

En anden væsentlig faktor er størrelsen af det forekommende ukrudt. Generelt er de enårige ukrudtsarter mest følsomme på de tidlige udviklingstrin og mindst følsomme omkring frøsætningen (Åberg og Stecko, 1976). Men selv på de tidlige udviklingstrin, hvor ukrudtssprøjtningerne som regel udføres, kan der være store forskelle i effekten af herbiciderne (se tabel 1), og at sprøjtningerne udføres rettidigt er i mange tilfælde afgørende for, om der kan anvendes mindre doseringer end de anerkendte.

Tabel 1. Effekten af 1,2 l/ha af en DPM blanding (500 g/l dichlorprop + 167 g/l MCPA) på 2 ukrudtsarter på 3 forskellige udviklingstrin (delvis efter Kudsk, 1985b).

Antal løvblade	Lugtløs kamille (<i>Matricaria inodora</i>)	Hamp hanekro (<i>Galeopsis speciosa</i>)
2-4	69	94
4-6	24	78
6-8	11	55

100 = alt dræbt

Årsagen til den større følsomhed på de tidligste udviklingstrin er ikke fuldstændig klarlagt, men skyldes sandsynligvis, at en større procentdel af cellerne er involveret i cellevækst og dermed aktive, hvilket øger følsomheden over for herbiciderne (Klingman et al., 1975). Ofte er afsætningen af sprøjtevæske pr. gram tørvægt også betydelig større på de tidlige end på de senere udviklingstrin (Blackman et al., 1958).

10.3.2.2. Sprøjteteknik og additiver

Sprøjteteknikken har stor betydning for, hvilken effekt der opnås i marken. Gennem valg af dyse, tryk og kørehastighed bestemmes væskemængde, dråbestørrelse og dråbehastighed, som er 3 faktorer af stor betydning for nedtrængning og afsætning i plantebestanden samt indtrængning i planten. For en nærmere gennemgang af sprøjteteknikkens indflydelse på effekten henvises til afsnit 7.

Tilsætning af additiver er en anden måde at ændre sprøjtevæskens nedtrængning, afsætning og indtrængning og dermed herbicidets effekt. De anvendte additiver er som regel enten overfladeaktive stoffer eller penetreringsolier, som er enten en mineralsk eller vegetabilsk olie tilsat overfladeaktive stoffer. Additiverne er i de anvendte doseringer ikke i sig selv fytotoksiske, men de er i stand til at ændre sprøjtevæskens og måske herbicidets fysisk-kemiske egenskaber, således at der med en blanding af et herbicid og et additiv i visse tilfælde kan opnås en større effekt end med herbicidet alene.

Den umiddelbare effekt af additiverne er, at sprøjtevæskens overfladespænding reduceres, hvilket medfører en større afsætning af sprøjtevæske på de planter, der er svære at befugte (voksbelagte blade), hvorimod afsætningen på de planter, der er lette at befugte (ikke-voksbelagte blade), som regel er næsten uændret (Welker, 1979). Desuden øges kontaktfladen mellem dråbe og bladoverflade, da dråben flader mere ud, og eventuelle luftfilm mellem dråbe og blad pga. behåring o.l. undgås som regel. Endelig er de fleste overfladeaktive stoffer hygroskopiske, dvs. de er i stand til at binde vand, og derved holde herbicidet opløst i længere tid (Price, 1976).

Foruden at øge den biologiske effekt gennem en større afsætning på planterne har additiverne tilsyneladende en lang række andre effekter, som endnu kun er dårligt belyste. Additiverne menes at kunne øge transporten gennem bladets voks- og kutikulalag ved at danne komplekser med herbicidet, ved at ændre vokslagets struktur og ved at få kutikulaen til at kvælde og dermed gøre den mere gennemtrængelig for specielt vandopløselige herbicider (Holly, 1976; Price, 1976 og Hull et. al., 1982).

Effekten af et additiv er dels afhængig af, hvilket herbicid der anvendes, og dels af hvilken planteart, effekten måles på (Jansen, 1964). Dette forhold komplicerer anvendelsen af additiver, da vekselvirkningerne mellem additiv, herbicid og planteart synes uforudsigelige. Et grundigt forsøgsarbejde synes at være den eneste mulighed for at bestemme i hvilke situationer, en additivtilsætning kan være fordelagtig.

Ved udsprøjtning af herbicider i blanding med andre pesticider, dvs. ved udsprøjtning i tankblanding, kan der fås en lignende effektforøgende virkning af herbicidet som ved tilsætning af et additiv (Kudsk, 1985a). Det skyldes, at en række fungicid- og insekticidformuleringer indeholder store mængder overfladeaktive stoffer, som kan forøge effekten af herbicidet.

10.3.2.3. Klimafaktorerne

Effekten af et herbicid er afhængig af klimaforholdene både før, under og efter sprøjtningen. Mens klimaforholdene før og efter sprøjtningen primært har en indirekte effekt gennem en påvirkning af plantens udvikling, vækst og status, har klimaforholdene omkring sprøjtetidspunktet en afgørende indflydelse på, hvor meget herbicid planten optager og transporterer til "site of action", dvs. det sted i planten, hvor herbicidet indvirker på plantens bio-

kemiske processer. Tiden omkring sprøjtetidspunktet er derfor det tidspunkt, klimaforholdene er af størst betydning.

I det følgende vil de klimafaktorer, der er af størst betydning for effekten af herbiciderne, nemlig temperaturen, luftfugtigheden, jordfugtigheden, nedbøren og vinden, blive omtalt. I de enkelte afsnit er der skelnet mellem effekten på bladherbiciderne dvs. herbicider, der optages gennem bladene, og jordherbiciderne dvs. herbicider, der optages via jorden gennem frø, rødder eller skudspidser.

Temperaturen

I det "fysiologiske" temperaturinterval stiger optagelsen og transporten af bladherbiciderne generelt med stigende temperatur (Muzik, 1976). Optagelsen igennem de ydre lag af bladoverfladen, voks- og kutikulalaget menes at foregå som en diffusion, og den øgede optagelse kan til dels forklares med, at diffusionshastigheden stiger med stigende temperatur (Price, 1983). Transporten i planten foregår enten i sivævet sammen med assimilaterne fra fotosyntesen eller i vedvævet i transpirationsstrømmen. Den forøgede transport skyldes, at med stigende temperatur stiger både transporten i sivævet pga. en forøget fotosyntese og i vedvævet pga. en forøget transpiration.

Optagelsen og transporten af jordherbiciderne, der kun transporteres i vedvævet, vil ligeledes stige pga. den forøgede transpiration forudsat, at vandforsyningen er tilstrækkelig.

For både jord- og bladherbiciderne gælder, at en lang række af de biokemiske processer, de griber ind i, foregår hurtigere ved høje temperaturer end ved lave temperaturer. Det betyder, at herbicidskaderne bliver synlige hurtigere og som regel også, at herbicidskadernes omfang forøges.

Luftfugtigheden

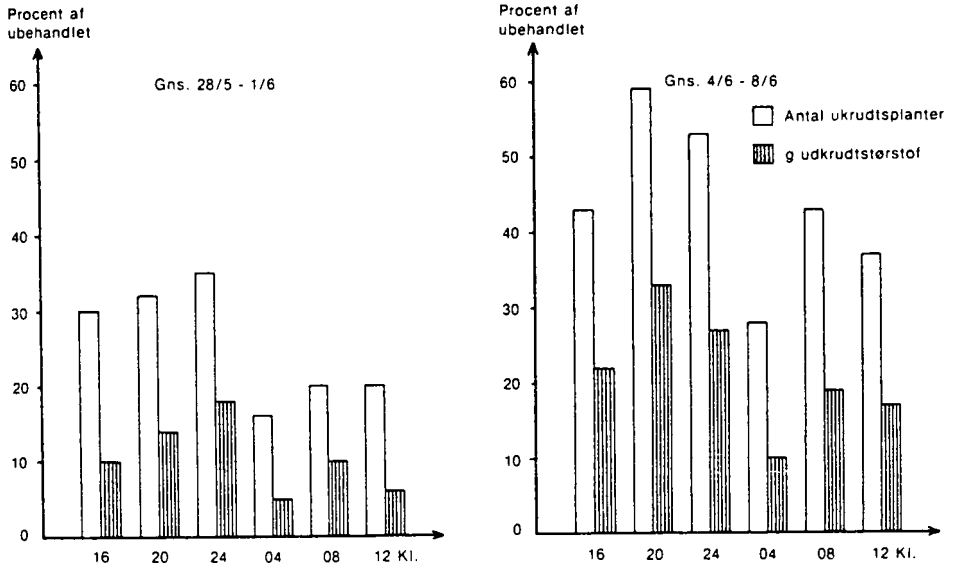
Luftfugtighedens betydning for bladherbicidernes effekt afhænger i høj grad af herbicidets fysisk-kemiske egenskaber. Den er som regel uden særlig betydning for effekten af de fedtopløselige bladherbicider, hvorimod den er af stor betydning for effekten af de vandopløselige bladherbicider. Årsagen til denne forskel menes at være, at de 2 grupper af bladherbicider diffunderer ind i planten via 2 forskellige ruter. De fedtopløselige bladherbicider diffunderer sandsynligvis ind i planten via voksfasen og er derfor ikke afhængig af en vandfase, hvorimod de vandopløselige bladherbicider formodes at diffun-

dere via "vandveje" i kutikulaen (Crafts, 1956). Da kutikulaen menes henholdsvis at kvælde ved høj luftfugtighed og skrumpe ved lav luftfugtighed, vil antallet og størrelsen af disse "vandveje" være afhængig af luftfugtigheden. Det medfører, at optagelsen af de vandopløselige bladherbicer reduceres ved lave luftfugtigheder. Fordampningen fra dråberne på bladoverfladen er større ved lav end ved høj luftfugtighed, og da optagelsen af især de vandopløselige bladherbicer reduceres kraftigt, når de udkrystalliserer på bladoverfladen, vil luftfugtigheden også på denne måde påvirke effekten.

Som nævnt i afsnit 10.3.2.2. skyldes en del af effekten af additiverne, at de netop er i stand til at binde vand dels på bladoverfladen og dels i kutikulaen. En lang række forsøg har da også vist, at additiverne kan fjerne herbicideffektens afhængighed af luftfugtigheden, dvs. at additiverne kan klimasikre effekten.

Da planternes transpiration stiger med faldende luftfugtighed, vil optagelsen af jordherbicerne som regel stige med faldende luftfugtighed. Imidlertid lukker planterne spalteåbningerne, når transpirationen bliver for stor, så et fald i luftfugtigheden kan derfor både resultere i en stigning og et fald i optagelsen af jordherbicerne.

Under danske forhold er ændringerne i temperatur og luftfugtighed ofte kædet sammen, således at når temperaturen stiger, falder luftfugtigheden. I praksis bør sprøjtninger med herbicer, hvis effekt er afhængig af både temperatur og luftfugtighed, derfor udføres, når begge faktorer er så nær optimale som muligt. De meget anvendte phenoxysyreherbicer er et eksempel på sådanne herbicer, og i figur 3 er vist resultaterne af et forsøg med MCPA, hvor der i 2 perioder er sprøjtet hver 4. time døgnet rundt. I begge perioder blev den bedste effekt opnået ved morgensprøjtningerne, hvor planterne er saftspændte, luftfugtigheden er optimal og temperaturen er stigende.



Figur 3. MCPA's (1 kg v.s./ha) virkning over for fuglegræs (*Stellaria media*) i vårbyg ved sprøjtning på forskellige tidspunkter inden for døgnet (Thonke, 1978).

Jordfugtigheden

Jordfugtighedens indflydelse på effekten af bladherbiciderne er indirekte gennem en påvirkning af planternes vandstatus. Er jordfugtigheden lav, og er planten vandstresset, er voks- og kutikulalaget ikke hydreret, og plantens biokemiske processer foregår på et lavere niveau. Under sådanne forhold reduceres både optagelsen og transporten af bladherbiciderne. Er planterne vandstresset, er det endnu vigtigere at sprøjte om morgenen, som ofte vil være det eneste lyse tidspunkt på døgnet, hvor planterne er saftspændte.

For jordherbicidernes vedkommende er jordfugtigheden af stor betydning.

Kun den del af herbicidet, der er opløst i jordvæsken er herbicidaktiv, og er jordfugtigheden lav, reduceres vandoptagelsen og derved herbicidoptagelsen. Jordfugtighedens indflydelse forstærkes yderligere ved, at den varierer mest i de øverste centimeter af jordlaget, der hvor netop ukrudtsfrøene spirer fra, og hvor ukrudtet har det meste af rodmassen.

Nedbør

Nedbøren kan have både en direkte og en indirekte indflydelse på virkningen af en herbicidsprøjtning.

For bladherbicidernes vedkommende kan nedbør i de første timer efter sprøjtningen reducere effekten kraftigt. Hvor mange timers tørvejr, der er nødvendigt afhænger dels af hvilket herbicid, der er anvendt, og dels af om det pågældende herbicid er udsprøjtet alene eller i blanding med andre pesticider eller additiver. Hvis additiverne er i stand til at øge optagelseshastigheden af herbicidet, kan additiverne "regnsikre" herbicidet.

Indirekte influerer nedbøren på jordfugtigheden og dermed på optagelsen af både blad- og jordherbiciderne.

Vind

Vinden har en række indirekte effekter ved f.eks. at påvirke vindbevægelsen i plantebestanden og omkring de enkelte blade. Det kan påvirke afsætningen af sprøjtevæsken på planterne samt luftfugtigheden omkring bladene, således at dråberne fordamper hurtigere ved højere vindhastigheder.

I forbindelse med pesticidesprøjtninger tænker man umiddelbart på vinden som årsagen til vinddrift. Derfor anbefales det også generelt ikke at sprøjte ved vindhastigheder større end 5 m/s. Vindhastighederne er som regel lavest om morgenen og om aftenen. Om morgenen er forholdene for sprøjtning med især en række af de vandopløselige herbicider optimale, og man kan altså ved morgensprøjtninger foruden den bedre effekt (se figur 3) også mindske risikoen for skader i naboafgrøder, haver o.l.

10.3.3. Igangværende og fremtidige forskningsopgaver med henblik på anvisning af metoder til doseringsreduktion

10.3.3.1. Sprøjteteknik og tilsætning af additiver

Der foregår på Institut for Ukrudtsbekæmpelse et løbende forsøgsarbejde med at teste både nye dysetyper til eksisterende sprøjter og nye sprøjtesystemer. Blandt de nye sprøjtesystemer, der er blevet testet i de senere år, har der ikke været nogen, der har været afgørende bedre end de almindelige hydrauliske marksprøjter. Til specielle opgaver synes nogle af de nye sprøjtesyste-

mer at være bedre, men ingen af dem synes at være så alsidige som de hydrauliske sprøjter.

Udviklingen med de hydrauliske marksprøjter går i retning af at anvende mindre væskemængder og mindre dyser, dvs. dråberne bliver mindre og mere koncentrerede. Denne udvikling skyldes, at forsøg har vist, at man med små væskemængder og små dråber i mange tilfælde opnår en bedre effekt end med større væskemængder. Det kan dels skyldes en større afsætning på planten og dels en bedre indtrængning i planten. I andre tilfælde er der med reducerede væskemængder opnået en lige så god effekt som med store væskemængder.

Udsprøjtning af små væskemængder i form af små dråber øger risikoen for vinddrift. Til gengæld vil den risiko ofte opvejes af, at der ved anvendelse af små væskemængder kan sprøjtes større arealer pr. tidsenhed, hvilket betyder, at sprøjtningerne kan gennemføres under optimale klimaforhold dvs. om morgenen, hvor det som tidligere nævnt også ofte er vindstille (vedr. sprøjteteknik i øvrigt se afsnit 7).

Mulighederne for at reducere herbiciddoseringerne ved tilsætning af additiver undersøges ligeledes fortløbende ved Institut for Ukrudtsbekæmpelse. De fleste nye bladherbicer afprøves i klimakamre ved 12 forskellige klimakombinationer (3 temperaturer x 4 luftfugtigheder), og er effekten afhængig af lufttemperaturen afprøves herbicidet som regel i blanding med et eller flere additiver for at undersøge, om additivet kan øge effekten af midlet samt fjerne afhængigheden af luftfugtigheden. Foruden disse forsøg gennemføres der karforsøg både i væksthuse og udendørs med det formål at undersøge, om effekten af udvalgte bladherbicer kan øges, og doseringen af herbicidet dermed reduceres. På grundlag af den viden, der i dag foreligger, står det klart, at en mere udbredt anvendelse af additiver ville kunne reducere forbruget af herbiciderne. Det skyldes, at en lang række af herbiciderne ikke er optimalt formuleret, i nogle tilfælde fordi det ikke er teknisk muligt, i andre tilfælde fordi herbicidet anvendes på flere forskellige måder, hvor den solgte formulering ikke er optimal i alle situationer. Den nuværende lovgivning, giver ikke mulighed for godkendelse af additiver som tilsætningsstof til et herbicid, hvis ikke herbicidproducenten indvilger heri, hvilket begrænser mulighederne for en mere udbredt anvendelse af additiver.

10.3.3.2. "Faktorkorrigerede" doseringer for bladherbicer

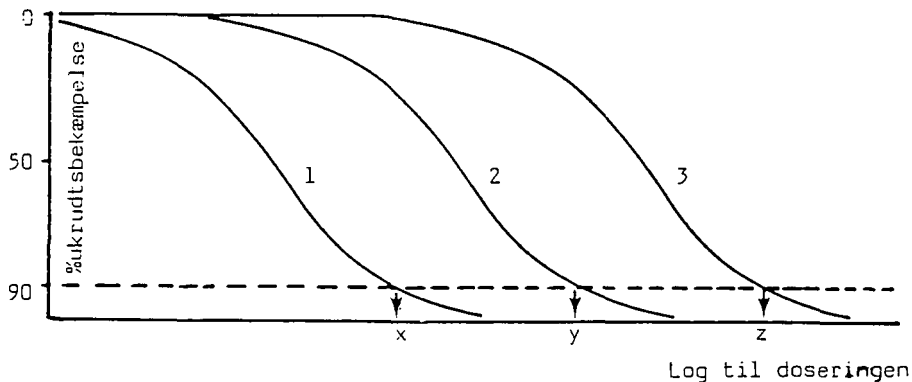
Af det foranstående er det klart, at især bladherbicidernes effekt er afhængig af en række variable faktorer. Det betyder ofte, at de anbefalede doseringer af bladherbiciderne faktisk er overdoseringer, som foruden at forøge risikoen for skader på afgrøden også er en unødvendig ekstraudgift for jordbrugeren og en unødvendig belastning af det omgivende miljø.

En del jordbrugere er klar over denne sammenhæng mellem effekt og f.eks. klimaforholdene omkring sprøjtningen og reducerer derfor doseringerne under gunstige sprøjteforhold, men de fleste jordbrugere holder sig til de anbefalede doseringer. En væsentlig årsag til dette er, at man fra forsøgs- og rådgivningsvirksomheden ikke hidtil har været i stand til at sige, hvor meget doseringerne kan reduceres under de forskellige forhold. Reducerer jordbrugeren derfor doseringen, er det ofte baseret på egen erfaring.

På den baggrund er der derfor i 1985 startet et femårigt projekt på Institut for Ukrudtsbekæmpelse, hvor formålet er at fastlægge den dosering, der er nødvendig for at opnå en rimelig og tilstrækkelig effekt under hensyntagen til de ydre faktorer. De faktorer, der generelt har den største betydning, er ukrudtsart, ukrudtets størrelse, lufttemperatur, luftfugtighed, sprøjteteknik, additiver og "blandingspartnere" (andre pesticider). De herved fremkomne doseringer har vi valgt at kalde "faktorkorrigerede" doseringer, da de i modsætning til normaldoseringerne korrigeres efter forholdene på sprøjtetidspunktet.

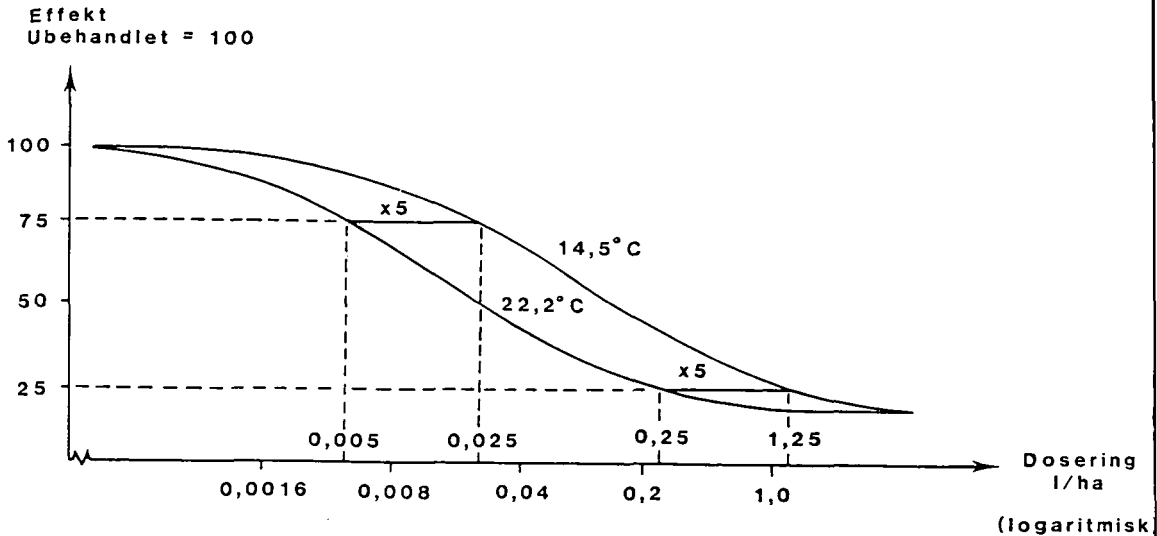
Udgangspunktet for fastlæggelsen af de "faktorkorrigerede" doseringer er doseringskurven. Doseringskurven beskriver sammenhængen mellem doseringen af herbicidet og effekten på ukrudtet. Afsættes doseringen logaritmisk, har det vist sig, at med de fleste herbicider fås en symmetrisk sigmoid kurve, der matematisk er simpel at beskrive. Den grundlæggende hypotese er, at doseringskurvens form er bestemt af herbicidets virkemåde, hvorimod doseringskurvens placering er bestemt af alle de faktorer, der påvirker effekten af den mængde herbicid, der udsprøjtes. Ændres en af disse faktorer, vil doseringskurven forskydes mod højre eller venstre afhængig af, om effekten af herbicidet reduceres eller forøges. Da herbicidets virkemåde er uændret, vil de 2 doseringskurver have samme form, dvs. de vil være parallelle. En ændring i en af de faktorer, der påvirker effekten af herbicidet, vil derfor kunne beskrives som en parallelforskydning af doseringskurven, hvor størrelse af parallelforskydningen vil være et udtryk for betydningen af den

foretagne ændring. I figur 4 er vist princippet i de parallelforskudte doseringskurver. De 3 doseringskurver kunne f.eks. illustrere effekten af et herbicid ved 3 forskellige luftfugtigheder, f.eks. kunne doseringskurve 2 være effekten ved en gennemsnitlig luftfugtighed, og doseringskurverne 1 og 3 være effekten ved henholdsvis en lavere og højere luftfugtighed.



Figur 4. Skematisk illustrering af princippet i de parallelforskudte doseringskurver (se tekst). Punkterne x, y og z angiver de doseringer, der i de 3 situationer er nødvendige for at opnå en 90% ukrudtsbekæmpelse, der er den effekt, man i praksis ofte ønsker at opnå (delvis efter Thonke, 1984).

Denne hypotese har vist sig at holde både i forsøg, hvor temperatur og luftfugtighed er ændret, og i forsøg, hvor effekten af et herbicid er målt på forskellige udviklingstrin af samme ukrudtsart og på forskellige ukrudtsarter (Kudsk, 1985b). I figur 5 er vist et eksempel på effekten af en MCPA + dichlorprop blanding ved 2 forskellige lufttemperaturer. Det viste forsøg er udført ved konstante dag- og nattemperaturer, og den fundne korrektionsfaktor kan derfor ikke umiddelbart overføres til praktiske forhold. Eksemplet illustrerer dog, at herbicideffektens afhængighed af f.eks. temperaturen kan være meget stor.



Figur 5. Effekten af en hormonblanding på gul sennep (*Sinapis alba*) ved samme luftfugtighed og en konstant dag- og nattemperatur på henholdsvis 14,5°C og 22,2°C. Korrektionsfaktoren er 5 (0,025/0,005 eller 1,25/0,25), dvs. for at opnå samme effekt ved 14,5°C som ved 22,2°C, skal der anvendes en 5 gange så stor dosering.

I de kommende år vil der i de klimakamre, der i øjeblikket er under opførelse på Institut for Ukrudtsbekæmpelse, blive gennemført forsøg med nogle af de mest anvendte bladherbicide. De faktorer, der er af størst betydning for det pågældende herbicid, vil blive varieret dels enkeltvis og dels flere ad gangen. På grundlag af disse forsøg vil der blive opstillet modeller, som kan beskrive herbicideffektens afhængighed af de pågældende faktorer. Disse modeller vil så blive efterprøvet i markforsøg og eventuelt korrigeret, hvorefter de vil blive stillet til rådighed for jordbrugeren - i første omgang måske i form af tabeller, men på længere sigt via landbrugsterminalerne. Anvendelsen af de "faktorkorrigerede" doseringer kræver blot, at jordbrugeren registrerer ukrudtsartssammensætning, ukrudtets udviklingstrin samt temperaturen og luftfugtigheden omkring sprøjtetidspunktet.

Med "faktorkorrigerede" doseringer i kombination med skadetærskler (se afsnit 10.4.) vil der i fremtiden kunne praktiseres en betydelig mere nuanceret ukrudtsbekæmpelse, end tilfældet er i dag. At doseringerne "faktorkorrigeres" vil i mange tilfælde betyde en reduktion af doseringerne og dermed en nedsættelse af det samlede herbicidforbrug.

10.3.3.3. "Faktorkorrigerede" doseringer for jordherbicer

I lighed med muligheder for at "faktorkorrigere" doseringerne af bladherbicerne vil det også være muligt at "faktorkorrigere" jordherbiciddoseringerne.

Jordfugtigheden er den vigtigste klimatiske faktor i relation til effekten af jordherbicerne, idet kun den opløste del af jordherbicidet er herbicid-aktiv. Selv om jordfugtigheden er tilstrækkelig, kan der dog alligevel være stor forskel imellem effekten af et jordherbicid fra jordtype til jordtype. Det skyldes, at der i jorden eksisterer en koncentrationsligevægt mellem herbicid bundet til jordkolloiderne (ler- og humuspartikler) og herbicid opløst i jordvandet, således at forholdet mellem koncentration i de 2 faser altid er konstant ($K_d = \text{herbicid bundet (mg/kg)} / \text{herbicid opløst (mg/l)}$). Nogle jordherbicer bindes næsten ikke til jordkolloiderne, og stort set alt herbicid findes opløst i jordvæsken, mens andre af jordherbicerne næsten udelukkende forekommer som bundet herbicid. Generelt gælder det, at med stigende ler- og humusindhold stiger mængden af bundet herbicid (K_d stiger), og for de jordherbicer, der bindes kraftigt i jorden, skal der derfor anvendes stigende doseringer for at opnå den samme effekt (Gerber et al., 1983).

En anvendelse af denne viden, således at doseringen korrigeres efter jordtype, har næsten ikke været anvendt i praksis - bl.a. på grund af problemer med at kvantificere forskellene imellem jordtyperne. En mulighed for at løse dette problem ville være anvendelsen af parallelforskudte doseringskurver, og et sådant projekt vil blive forsøgt igangsat i de kommende år.

10.3.4. Afslutning

På baggrund af vor nuværende viden står det helt klart, at alle bladherbicerers effekt er afhængig af en eller flere af faktorerne: ukrudtsart og ukrudtets størrelse, sprøjteteknik, additiver (evt. andre pesticider) og klimaforholdene. Denne viden har indtil i dag kun resulteret i få og meget generelle anvisninger på reducerede doseringer. Det skyldes i stor udstrækning problemet med at klassificere de forskellige faktorerers betydning, men på det punkt synes princippet med de "parallelforskudte doseringskurver" at være løsningen. Før det er muligt at anvende og "faktorkorrigere" doseringer, skal der med hvert enkelt middel gennemføres et stort forsøgsarbejde under kontrollerede forhold - dvs. i klimakamre. Til gengæld synes der at være mulighed for store reduktioner i herbiciddoseringerne.

Der synes, ved at anvende samme forsøgsopgørelse, at være mulighed for på lignende måde at tilpasse doseringerne af jordherbiciderne efter de ydre forhold, hvilket primært er jordtypen.

Der er i denne gennemgang af pesticiddoseringer kun omtalt herbicider, men det er forfatterens overbevisning, at de mange lighedspunkter mellem herbicider, fungicider, insekticider og vækstregulerende midler mht. midlernes fysisk-kemiske egenskaber, optagelse, transport etc. gør, at man ved et lignende arbejde ville kunne "faktorkorrigere" doseringerne af disse pesticider.

10.3.5. Litteratur

- Blackman, G. E., Bruce R. S. & Holly K. (1958): Studies in the principles of phytotoxicity: V. Interrelationships between specific differences in spray retention and selective toxicity. *Jour. Exp. Bot.* 9, 175-205.
- Crafts A. S. (1956): Weed control: Applied Botany. *American Jour. Bot.* 43, 548-556.
- Gerber, H. R., Nyffeler A. & Green D. H. (1983): The influence of rainfall, temperature, humidity and light on soil- and foliage-applied herbicides. *Aspects of Applied Biology* 4, 1-14.
- Holly, K. (1976): Selectivity in relation to formulation and application methods. I "Herbicides, physiology, biochemistry, ecology" ed. L. J. Audus. 249-277.
- Hull, H. M., Davis D. G. & Stolzenberg G. E. (1982): Action of adjuvants on plant surfaces. I "Adjuvants for Herbicides" ed. Weed Science Soc. of America. 26-67.
- Jansen, L. L., Gentner W. A. & Show W. C. (1961): Effects of surfactants on herbicidal activity of several herbicides in aqueous spray systems. *Weeds* 9, 381-405.
- Kudsk, P. (1985a): Sprøjteteknik og additivens indflydelse på effekten af Avenge. 2. Danske Planteværnskonference - Ukrudt, 74- 84.
- Kudsk, P. (1985): Faktorkorrigerede doseringer - et alternativ til anbefalede doseringer. 2. Danske Planteværnskonference - Ukrudt 217-234.
- Klingman, G. C., Ashtor F. M. & Noordhoff L. J. (1975): *Weed Science: Principles and Practices.*

- Muzik, T. J. (1976): Influence of environmental factors on toxicity to plants. I "Herbicides, physiology, biochemistry, ecology" edt. L. J. Audus, 204-247.
- Price, C. E. (1976): Penetration and Translocation of Herbicides and Fungicides in Plants. I "Herbicides and Fungicides - Factors affecting their Activity" edt. N. R. McFarlane, 42-66.
- Price, C. E. (1983): The effect of environment on foliage uptake and translocation of herbicides. Aspects of applied Biology 4, 157-170.
- Ravn, K. (1985): Plantebeskyttelsesmidler. B Deres betydning for planteproduktionen - Ukrudtsmidler. Bilag til Statens Planteavlsmøde, 11-13.
- Thonke, K. E. (1978): Ukrudtsbekæmpelse i vårsæd. Tolvmandsbladets temamnummer: Korndyrkning, 35-47.
- Thonke, K. E. (1984): Fordele og ulemper ved forsøg i kontrolleret klima samt muligheder for deres udnyttelse. N.J.F. Seminar nr. 58, (3)1-10.
- Welker, O. (1979): Retention von Spritzflüssigkeiten bei Unkraut in Beziehung zu ihrer Blattmorphologie. Diss. Hohenheim.
- Åberg, E. & Stecko V. (1976): International factors affecting toxicity. I "Herbicide, physiology, biochemistry, ecology" edt. L.J. Audus, 175-203.

10.4. Skadetærskler

Jørgen Jakobsen

Planteværnscentret

Institut for Plantepatologi

2800 Lyngby

K.E. Thonke

Planteværnscentret

Institut for Ukrudtsbekæmpelse

Flakkebjerg, 4200 Slagelse

10.4.1. Indledning

10.4.2. Sygdomme og skadedyr

10.4.2.1. Skadetærskelforsøg

10.4.2.2. Økonomiske skadetærskler

10.4.3. Anvendelse af skadetærskler skal give et bedre resultat end rutinebehandling

10.4.4. Skadetærskler for ukrudtsbekæmpelse

10.4.5. Litteratur

10.4.1. Indledning

Skadetærskler er teoretisk en beskrivelse af sammenhænge mellem forekomst og angreb af ukrudt, sygdomme og skadedyr i dyrkede afgrøder og de udbyttetab, som er resultatet af disse angreb.

Disse sammenhænge påvirkes af en række forhold som f.eks. planternes udviklingsstadium og væksttilstand, forekomst af andre skadegørere, dyrkningsbetingelserne (jordtype, sædskifte, vand og næring), vejret, høstteknik og potentielt høstudbytte.

Sammenhængene kan kun i grove træk beskrives, og det er da også karakteristisk for de skadetærskler, som foreligger, at de er meget simple. Skadetærskler er imidlertid en forudsætning for enhver behovsbetinget bekæmpelse af ukrudt, sygdomme og skadedyr og er derfor et centralt element i de bestræbelser, der udfoldes for at få udviklet integrerede plantebeskyttelsessystemer eller andre former for behovsbetinget anvendelse af pesticider. I praksis er der vejledende skadetærskler til rådighed for de fleste angreb af sygdomme og skadedyr, men praktisk anvendelse af disse skadetærskler forudsætter, at der foreligger simple, men anvendelige metoder til bestemmelse af den aktuelle angrebsgrad af en given skadegører (Jakobsen, 1984; Monrad Hansen, 1984; Stetter, 1984).

Udvikling af metoder til en standardiseret registrering af skadegørere er også en afgørende forudsætning for at udvikle en empirisk fastsættelse af skadetærskler ud fra de mange bekæmpelsesforsøg, som gennemføres som parcellforsøg. Sådanne forsøg gennemføres af Statens Planteavlsvforsøg, konsulentvirksomheden og private firmaer. Alene konsulentvirksomheden gennemfører årligt adskillige hundrede markforsøg af denne type, og der er således mulighed for at få belyst skadetærskler for en række skadegørere/afgrøder under meget forskellige dyrkningsvilkår.

10.4.2. Sygdomme og skadedyr

10.4.2.1. Skadetærskelforsøg

Andre måder at fastlægge skadetærskler for de forskellige afgrøder er at påføre skadegøreren i varierende mængder på forskellige tidspunkter i afgrødens udvikling.

Sådanne forsøg bør ideelt gennemføres under helt veldefinerede og kontrollerbare dyrkningsbetingelser i klimakamre eller andre faciliteter, hvor alle vækstforhold kan varieres efter ønske.

Imidlertid har det vist sig, at resultater opnået under sådanne betingelser ikke umiddelbart kan overføres til praktiske dyrkningsforhold. Derfor vil en nærmere bestemmelse af praktisk anvendelige skadetærskelværdier blive en kombination af laboratorie- og semifieldundersøgelser sammen med resultater fra markforsøg (Reitzel & Jakobsen, 1980).

10.4.2.2. Den økonomiske skadetærskel

I praktisk anvendelige skadetærskler indgår ikke alene de enkelte skadegøreres skadelige effekt, men også prisrelationerne mellem værdien af udbyttetab, gevinst og omkostninger og effekt ved anvendelse af de aktuelle bekæmpelsesmidler. Denne udvidelse af skadetærskelbegrebet benævnes ofte den økonomiske skadetærskel - dvs. angreb, som forårsager tab, som svarer til, hvad det koster at gennemføre en bekæmpelse.

Anvendelse af skadetærskelværdier kompliceres endvidere af, at der ofte optræder flere forskellige skadegørere i afgrøden samtidig, således at skade- og bekæmpelseseffekt skal beregnes ud fra samspillet mellem flere skadegørere, afgrøden og de aktuelle vækstbetingelser (Esbjerg, 1983).

10.4.3. Anvendelse af skadetærskler skal være bedre end rutinebehandling

På Planteværnscentret er fastsættelse af skadetærskelværdier for de enkelte afgrøder/skadegørere en af de centrale opgaver.

Det har imidlertid vist sig, at det er særdeles vanskeligt på overbevisende måde at udvikle praktisk anvendelige skadetærskler, som har været i stand til at konkurrere økonomisk med en rutinemæssig bekæmpelse - en såkaldt plansprøjtning - i en række afgrøder (Olesen, 1975).

En væsentlig årsag til disse vanskeligheder er, at skadetærskelfastsættelse ofte er foretaget ud fra en temmelig usikker bestemmelse af angrebsgraden af skadegørere i de forsøg, der har ligget til grund for fastsættelsen.

I de senere år er der imidlertid udviklet registreringsteknikker, som kombineret med en hyppigere registrering giver et væsentligt mere præcist billede af angrebsgraden igennem vækstperioden og dermed en mere sikker skadetærskelfastsættelse.

En anden komplikation ved fastsættelse af skadetærskler ud fra markforsøg er opnåelse af et merudbytte ved anvendelse af et eller flere bekæmpelsesmidler, uden at der har været påvist angreb af skadegørere. At der ikke er påvist forekomst af skadegørere er imidlertid ikke ensbetydende med, at de ikke har været til stede – det er primært, fordi de anvendte registreringsteknikker har været utilstrækkelige.

Bedre registreringsteknikker, der anvendes som fast standard i de mange forskellige forsøg, der udføres vedrørende planteskadegørere, vil derfor forbedre muligheden for fastsættelse af brugbare skadetærskler markant.

10.4.4. Skadetærskler for ukrudtsbekæmpelse

Anvendelsen af skadetærskelbegrebet er påbegyndt senere i forbindelse med ukrudtsbekæmpelse end på svampe- og insektområdet og er derfor ikke kommet til anvendelse i praksis, som det er tilfældet på disse 2 områder. Det kan imidlertid forventes, at opstillingen og anvendelsen af skadetærskler vil medføre en reduktion af det herbicidbehandlede areal for en række af landbrugets hovedafgrøder, specielt korn og raps.

I tyske forsøg med ukrudtsbekæmpelse har anvendelsen af skadetærskler således været den rutinemæssigt udførte ukrudtsbekæmpelse økonomisk overlegen (Niemann, 1981, og Wahmhof, 1984), og en gennemgang af danske forsøg med ukrudtsbekæmpelse i vårbyg har vist resultater (Jensen, 1985), der stemte overens med de tyske.

Ved skadetærsklen forstås den mængde ukrudt, hvis bekæmpelse giver et merudbytte samt andre fordele, der netop betaler for omkostningerne ved bekæmpelsen. Er ukrudtsmængden mindre end skadetærsklen, kan ukrudtsbekæmpelsen med økonomisk fordel undlades.

Anvendelsen af skadetærskelbegrebet i forbindelse med ukrudtsbekæmpelse bygger på, at en række afgrøder hurtigt udvikler en bestand, der dækker jorden og dermed delvis selv er i stand til at skygge en 'lettere' ukrudtsbestand bort. Dette gælder især korn- og rapsafgrøder. I disse afgrøder kan derfor tolereres en vis ukrudtsmængde, før bekæmpelse bliver økonomisk rentabel.

Vigtigheden af afgrødens konkurrenceevne giver sig udslag i, at skadetærsklen for ukrudtsbekæmpelse ligger højere på lerjord end på sandjord. På grund af afgrødens bedre vækstvilkår på de bedre jorde er afgrøden her bedre i stand til at konkurrere med ukrudtet uden udbyttetab til følge.

Fastsættelsen af skadetærskler for ukrudtsbekæmpelse kompliceres af, at ukrudtets indflydelse er flersidig. I det år, hvor ukrudtsbekæmpelsen gennemføres, er formålet at hindre udbyttetab samt undgå høstbesvær og øget vandindhold i den høstede vare.

På længere sigt har ukrudtsbekæmpelsen imidlertid også en effekt, idet ukrudtet er stedbundet. Hvis ukrudtsbekæmpelsen undlades et år, må der påregnes en vis opformering og dermed en øget ukrudtsmængde de kommende år. Ved anvendelsen af skadetærskler skal der således ikke kun tages hensyn til den afgrøde, hvor ukrudtsbekæmpelsen undlades, men også til, hvilke følger der kan opstå for kommende afgrøder i sædskiftet.

10.4.5 Litteratur

- Esbjerg, (1983). Integrerede bekæmpelsesprincipper og -definitioner. Tidsskr. Planteavl 87. 357-364.
- Hansen, L. Monrad m.fl. (1984). Vejledning i plantebeskyttelse. Bilagshæfte ved Statens Planteavlsmøde 1984. 51-52.
- Jakobsen, J. (1984). Avlerbaseret bladlusregistrering i vårbyg. Växtskyddsrapporten jordbruk 28. Sveriges Lantbruksuniversitet.
- Olesen, J., 1975. Oversigt over forsøg og undersøgelser i Landbo- og Husmandsforeninger. 60-62.
- Reitzel, J & Jakobsen, J. (1980). The occurrence of and damage caused by aphids in cereal crops in Denmark. WPRS Bulletin 1980 III-4. 107-118.
- Stetter, S. (1984). Vejledning i plantebeskyttelse. Bilagshæfte ved Statens Planteavlsmøde 1984. 53-54.

10.5. Prognose- og varslingstjeneste

A. From Nielsen	Ghita Cordsen Nielsen
Planteværnscentret	Planteværnscentret
Planteværnsafdelingen på Godthåb	Institut for Plantepatologi
8660 Skanderborg	2800 Lyngby

- 10.5.1. Indledning
- 10.5.2. Plantesygdommes og skadedyrs udvikling
- 10.5.3. Varslingstjenesten
- 10.5.4. Metoder
- 10.5.5. Samarbejde med planteavlskonsulenter
- 10.5.6. Udviklingsarbejde
- 10.5.7. Prognose- og varslingssystemets betydning

10.5.1. Indledning

Udvikling af prognose- og varslingsystemer for skadevoldere i jordbruget har til hensigt at forudsige sandsynligheden for skadelige angreb og orientere herom så betids, at eventuel bekæmpelse kan udføres rettidigt, hvis der er behov herfor. Anvendelsen af sådanne systemer kan i høj grad medvirke til at nedsætte økonomiske tab ved angreb af sygdomme og skadedyr og samtidig medvirke til at hindre unødigt bekæmpelse.

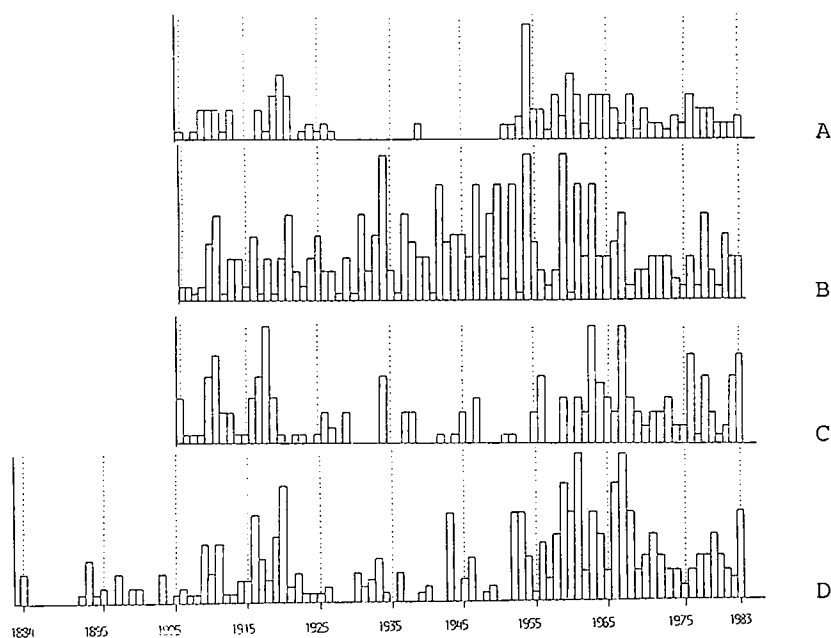


Fig. 1. Angrebsforløb af nogle skadevoldere i landbrugsafgrøder i Danmark, skønsmæssigt vurderet efter "Månedsoversigter over Plantesygdomme" (Efter Stapel, 1984)

- A. Skulpegalmyggen (*Dasyneura brassicae*)
- B. Bedebbladlus (*Aphis fabae*)
- C. Bladlus i korn (*Aphididae*)
- D. Græssernes meldug (*Erysiphe graminis*) i hovedsagen med angreb på byg

10.5.2. Plantesygdommes og skadedyrs udvikling

De forskellige skadevoldere er påvirket af mange forskellige forhold, bl.a. planteart/sort, sædskifte, såtid, gødsning, naturlige fjender og klimatiske forhold. Især sidstnævnte spiller en meget dominerende rolle. Niveauet af den enkelte skadevolder varierer derfor overordentlig meget fra år til år og dermed behovet for direkte bekæmpelse. I fig. 1 er vist nogle eksempler udarbejdet af C. Stapel på baggrund af "Månedsoversigter over plantesygdomme". Prognose- og varslingstjenestens værdi ligger i at påvise disse forskelle det enkelte år så betids, at jordbrugeren kan træffe de fornødne foranstaltninger til at undgå betydende tab.

10.5.3. Varslingstjenesten

Planteværnscentret har gennem mange år udsendt prognoser og/eller varslinger for en række skadevoldere, fortrinsvis i landbrugsafgrøder. Varslingen har fra påbegyndelsen i 30'erne primært omfattet skadevoldere, som er vanskelige at erkende for jordbrugeren og sådanne, som har stor økonomisk betydning.

Varsling for kartoffelskimmel (*Phytophthora infestans*) påbegyndtes allerede i 1935, og systemet omfatter de senere år meldug (*Erysiphe graminis*), bladlus (*Aphididae*) og knpkefodsyge (*Pseudocercospora herpotrichoides*) i korn, gulrust (*Puccinia striiformis*) og hvedebrunplet (*Septoria nodorum*) i hvede, bygbladplet (*Drechslera teres*), skulpegalmyg (*Dasyneura brassicae*) og storknoldet knoldbægersvamp (*Sclerotinia sclerotiorum*) i raps, knoporme (*Agrotis segetum*) i kartofler og specialafgrøder, fritfluer (*Oscinella frit*) i korn, græs og majs samt ferskenbladlus (*Myzus persicae*) og bedebbladlus (*Aphis fabae*) i bederoer.

En varsling er ikke at opfatte som "startskud" til anvendelse af plantebeskyttelsesmidler, men et varsko om, at nu er der risiko for en udvikling, der kan nødvendiggøre direkte bekæmpelse. En varsling kædes ofte sammen med den økonomiske skadetærskel samt de forhold, der betinger en udvikling af den aktuelle skadevolder, eksempelvis sædskifte, sort, planteudvikling, vejrforhold m.v.

10.5.4. Metoder

Der udføres et omfattende registreringsarbejde som grundlag for udarbejdelsen af prognoser og varslinger. Ved prognosen for virusgulsot, benyttes eksempelvis undersøgelser over overvintringen af de virusoverførende bladlus, bedeblandlus og ferskenbladlus. Varslingen derimod hviler på direkte registrering af bladlus i roemarkerne. Ved prognosen for knækkefodsyge foretages registrering af smittemulighederne baseret på klimatiske forhold og sporefangst. Disse data danner sammen med bedømmelse af planteprøver grundlag for varslingen. Prognosen og varslingen for kartoffelskimmel, den såkaldte "negativ prognose" bygger udelukkende på beregning af klimatiske data i relation til svampens biologi. Mod storknoldet knoldebægersvamp benyttes observationer over spiringen af svampens hvileknolde i udlagte depoter samt fangst af svampesporer og klimatiske data.

For mange skadedyr benyttes fælder. Til eksempel anvendes klækkefælde til registrering af skulpegalmg. Til fritfluer benyttes fangbakker, og til knoporme anvendes feromonfælder, hvor hunnernes duftstoffer, der er artsspecifikke, udnyttes. Luftruser har også været benyttet i nogen udstrækning. Der anvendes et net af fælder, og registreringen af fangne dyr på de forskellige lokaliteter danner grundlag for en varsling.

For de øvrige skadevoldere i korn bygger varslingen i hovedsagen på en direkte registrering i de enkelte afgrøder.

10.5.5. Samarbejde med planteavlskonsulenter

Prognoser og varslinger tilsendes først og fremmest landets planteavlskonsulenter, som videregiver oplysningerne tilrettet de lokale forhold.

Planteavlskonsulenter, forsøgsstationer, sukkerfabrikker m.fl. samt interesserede jordbrugere medvirker i vid udstrækning ved indsamling af de data, der danner grundlag for udarbejdelse af prognoser og varslinger.

De udsendte meddelelser er i sagens natur oftest ret generelle. Afhængig af datamaterialet og den aktuelle skadevolder kan varslingerne dog begrænses til kun at gælde for visse områder og/eller under visse forhold. Oftest kræver varslingerne dog en tilretning til lokale forhold.

10.5.6 Udviklingsarbejde

Der udføres løbende et betydeligt arbejde med afprøvning, udvikling og forbedring af metoder til registrering, indfangning m.v. og beregning af angrebsrisiko, og der inddrages fortsat flere skadevoldere i prognose- og varslings-tjenesten.

I januar 1983 blev den Jordbrugsmeteorologiske Tjeneste oprettet bl.a. med det formål at medvirke ved prognose- og varslings-tjenesten. Dette har medført øgede muligheder for udnyttelse af klimadata bl.a. fra automatiske vejrstationer.

Indførelsen af EDB-teknikken har åbnet nye muligheder på flere områder. Eksempelvis arbejdes der med udvikling af et avlerbaseret registrerings- og varslings-system for bladlus og bladsvampe på byg. Dette søges indpasset i det af Landskontoret for Planteavl udviklede markstyringssystem, der er et styringsredskab for produktionen i den enkelte mark.

10.5.7. Prognose- og varslings-systemets betydning

Prognose- og varslings-tjenesten er et vigtigt hjælpemiddel til at foretage bekæmpelse efter behov. Systemerne har gennem årene været stærkt medvirkende til at nedsætte tabvoldende angreb af en række skadevoldere, hovedsagelig sådanne, som jordbrugeren har vanskeligheder med at erkende. En anden side af systemet er, at det i høj grad er medvirkende til at hindre unødigt anvendelse af plantebeskyttelsesmidler.

Eksempelvis kan anføres varslingen for virusgulsot i bederoer, der påbegyndtes i 1957. Denne tabvoldende sygdom overføres med bladlus. Ferskenbladlusen er langt den vigtigste, men den er fåtallig, forekommer ret spredt og derfor vanskelig at få øje på for roedyrkeren. Dertil kommer, at infektionsforsøg (Rønde Kristensen et al., 1964) har vist, at især de tidlige infektioner er stærkt tabvoldende. Det drejer sig derfor om at afsløre de år, hvor tidlige angreb af ferskenbladlus forekommer, således at bekæmpelse kan udføres rettidigt. O. Bagger og C. Stapel (1977) har sammenfattet varslings-tjenestens virke for en 20-årig periode og konkluderer, at omend enkelt opbygget har systemet fungeret godt. Der har i den forløbne periode været god overensstemmelse mellem de opnåede merudbytter i bekæmpelsesforsøg og forekomsten af bladlus og virusgulsot i de landsomfattende registreringer.

Knoporme, der er larver af ageruglen, forekommer i stort tal enkelte år. Zethner (1977) har opgjort tabet i kartofler, gulerødder, løg, porer og rød-

beder til 15,5 mio. kr. i 1969, 44 mio.kr. i 1975 og til 73,5 mio. kr. i 1976. Bekæmpelsen er vanskelig, idet det næsten er umuligt for avleren at erkende angrebet, før det er for sent at foretage en bekæmpelse, der skal rettes mod de små larver. Dertil kommer, at æglægning foregår over en relativ lang periode. Da angreb kun forekommer enkelte år, men kan forårsage betydelige tab, fristes avleren let til at foretage rutinemæssige og helt unødvendige behandlinger med plantebeskyttelsesmidler. Anvendelse af feromonfælder (Esbjerg, 1982), der er benyttet de senere år, giver meget præcise oplysninger om flyveaktiviteten og danner sammen med de klimatiske data et særdeles værdifuldt grundlag for en varslings, således at jordbrugeren kan udføre en behovsbestemt bekæmpelse.

De hidtil opnåede resultater med prognose- og varslings-tjeneste opfordrer til intensivering af arbejdet. Indførelsen af datateknik, der bl.a. muliggør hurtigere behandling af en stor datamængde, vil formentlig kunne medføre øget sikkerhed til gavn for jordbrugeren.

Litteratur

- Bagger, O. & Stapel, C. (1977). Varslingstjenesten for bekæmpelse af bladlus og virusgulsot i bederoemarker 1957-1976. Tidsskr. f. Landøkonomi 164. 164-171.
- Esbjerg, P. (1982). Sommerfuglesex og plantebeskyttelse. Bilagshæftet til Statens Planteavlsmøde 7-10. Statens Planteavlsforsøg.
- Rønde Kristensen, H., Christensen, M, Paludan, N. (1964). Virusgulsot hos bederoer II. Tidssk. Planteavl 68, 209-263.
- Stapel, C. (1984). Plantesygdomme i Danmark gennem 100 år, 1884-1984. Plantesygdomme i Danmark 1983, 10-27. Statens Planteavlsforsøg.
- Watt, A.D. (1983). The influence of forecasting on cereal aphid control strategies. Crop Protection 2(4), 417-429.
- Zethner, O. (1977). British Crop Protection Conference.

10.6. Jordbrugsmeteorologi og plantebeskyttelse

Ege Friis

Det Administrative Center

Jordbrugsmeteorologisk Tjeneste, Forsøgsanlæg Foulum

8833 Ørum Sønderlyng

- 10.6.1. Indledning
- 10.6.2. Plantebeskyttelse
- 10.6.3. Klimaet
- 10.6.4. Vejret
- 10.6.5. Tidspunktet
- 10.6.6. Vejrets påvirkning af skadevoldere
- 10.6.7. Kort- og mellemfristede vejrudsigter
- 10.6.8. Forbedrede vejrudsigter

10.6.2. Indledning

10.6.1. Vejret

Er en meget betydende del af det plantenære miljø, idet vejrforholdene påvirker de biologiske processer i og omkring afgrøderne. Vejret betegner de fysiske tilstande og ændringer i atmosfære. Meteorologien er læren om vejret. Jordbrugsmeteorologien omfatter derudover studier af meteorologiske forhold af særlig betydning for planteproduktionen, f.eks. strålingsforhold, mikrometeorologiske forhold og jordens tilstand med hensyn til temperatur og vandhold.

10.6.2. Plantebeskyttelse

Er i flere henseender en stærkt vejrafhængig foranstaltning, der både afhænger af det forløbne, det aktuelle og det fremtidige vejr. Vejrforholdene over indflydelse på behovet og tidspunktet for plantebeskyttelse og på virkningen af bekæmpelsen. Vejret spiller endvidere også en rolle ved nedbrydningen af bekæmpelsesmidler i jorden.

10.6.3. Klimaet

Det vil sige det gennemsnitlige vejr for en årrække, er medbestemmende for, hvilke skadevoldere (sygdomme, skadedyr og ukrudt) der potentielt kan forekomme. De aktuelle vejrforhold er medbestemmende for arten og mængden af skadevoldere, der faktisk forekommer inden for et område og på et givet tidspunkt i vækstsæsonen.

10.6.4. Vejret

Påvirker skadevolderne i forskellige stadier af deres livscyklus. Det gælder f.eks. etableringsfasen (infektion, spiring), væksten, udviklingen, formeringen, spredningen og overvintringen. Nogle vejrelementer udøver afgørende indflydelse i alle faser, mens andre især er af betydning i bestemte stadier.

10.6.5. Tidspunktet

Tidspunktet for iværksættelse af plantebeskyttelse afhænger først og fremmest af behovet, men også af de aktuelle og fremtidige vejrforhold. Det er en betingelse, at man kan færdes i marken. Endvidere har bekæmpelsesmidlerne

ofte specifikke krav til vejrforholdene, for at der kan opnås den bedst mulige udbringning, optagelse og efterfølgende virkning af midlet. Hvilke vejrelementer der især spiller en rolle i denne sammenhæng afhænger af skadevolderen, afgrøden og bekæmpelsesmidlet.

Statens Planteavlsforsøg har etableret et tæt samarbejde med Meteorologisk Institut om jordbrugets behov for vejrinformation. Emnet udgør en del af Jordbrugsmeteorologisk Tjenestes arbejdsområde og drøftes endvidere i Jordbrugsmeteorologisk Udvalg, hvor Meteorologisk Institut er repræsenteret.

Planteværnscentret ved Statens Planteavlsforsøg gennemfører et omfattende arbejde med udvikling af metoder til vurdering af behovet for plantebeskyttelse over for sygdomme, skadedyr og ukrudt. Et væsentligt element i dette arbejde er fastsættelse af skadetærskler. Med baggrund i vejrets store indflydelse på skadevoldernes vækstvilkår har Planteværnscentret og Jordbrugsmeteorologisk Tjeneste indledt et samarbejde, som sigter på at fastlægge skadevolder-gunstige vejrforhold for udvalgte sygdomme og skadedyr og indbygge denne viden i metoder til vurdering af bekæmpelsesbehovet. Målet med dette arbejde er at udvikle modeller til beregning af skadevoldernes angreb. Forudsat at fremtidens vejrudsigter opnår tilstrækkelig pålidelighed, vil modellerne kunne anvendes på de forudsagte meteorologiske data og dermed åbne mulighed for en egentlig fremskrivning (prognose) af skadevoldernes angreb.

10.6.6 Vejrets påvirkning af skadevolderne

Vejrets påvirkning af skadevolderne og dets betydning i plantebeskyttelsen er af en meget kompleks karakter, og vores viden om disse samspil er i flere henseender mangelfuld. For at kunne gennemføre økonomisk og miljømæssig optimal plantebeskyttelse er der behov for modeller, der giver en kvantitativ beskrivelse af de komplicerede processer. Udvikling af sådanne modeller kræver yderligere forskning over en længere årrække.

Økologisk og økonomisk optimal plantebeskyttelse afhænger af pålidelige metoder til vurdering af bekæmpelsesbehovet og af pålidelige kort- og mellemfristede vejrudsigter til brug i planlægningen af bekæmpelsen.

10.6.7. Kort- og mellemfristede vejrudsigter

Kort og mellemfristede vejrudsigter til offentligheden udarbejdes af Meteorologisk Institut og Vejrtjenestecenter Karup. Nogle af udsigterne, bl.a. Meteorologisk Instituts femdøgnsudsigt, er udformet med speciel hensyntagen til

jordbrugets ønsker til vejrinformation. Ud fra et jordbrugssynspunkt er de nuværende vejrudsigter ikke fuldt tilfredsstillende. Der er behov for udsigter med større regionalisering og nøjagtighed samt bedre tids- og stedfæstelse af udviklingen i vejret. Imidlertid søges vejrudsigternes generelle træfsikkerhed og rumlige og tidsmæssige opløsning stadig forbedret bl.a. gennem udviklingsprojekter ved Meteorologisk Institut og det fælleseuropæiske vejrtjenestecenter ECMWF (European Centre for Medium Range Weather Forecasts). "Nowcasting" - udarbejdelse af vejrudsigter, der gælder for nogle få timer - er et andet område, der er genstand for betydelig udviklingsindsats.

10.6.8. Forbedrede vejrudsigter

Vil styrke beslutningsgrundlaget for iværksættelse af plantebeskyttelse, bl.a. med hensyn til valg af tidspunkt og middel. For visse bekæmpelser er det påvist, at doseringsbehovet afhænger af vejrforholdene. I sådanne tilfælde vil pålidelige, regionaliserede vejrudsigter åbne mulighed for anvendelse af faktorkorrigeret dosering, dvs. en dosering, der er afpasset de aktuelle forhold. Herigennem opnås såvel økonomiske som miljømæssige fordele.

Vejrudsigternes anvendelse i praksis afhænger af deres formidling. For nærværende bringes udsigterne i aviser, radio, TV og på særlige telefonnumre. Den hastige udvikling inden for informationsteknologi og informatik åbner imidlertid interessante perspektiver for alternative formidlingsformer, der er tilpasset de enkelte brugergruppers behov.

Litteratur

- Mikkelsen, S.A., 1981. Jordbrugsmeteorologi I. Rapport fra Jordbrugsmeteorologiprojektet 1980. Tidsskr. Planteavl 85(1). 73-74. Beretning nr. S 1538.
- Mikkelsen, S.A. & Esbjerg, P., 1981. The influence of climatic factors on cutworm (*Agrotis segetum*) attack level, investigated by means of linear regression models. Tidsskr. Planteavl 85. 291-301.
- Mikkelsen, S.A., Olesen J.E., Friis, E., 1983. Jordbrugsmeteorologi II. Vidsskr. Planteavl 87. 297-298. Beretning nr. S 1655.
- Rabbinge, R. & Rijsdijk, F.H., 1983. EPIPRE: a Disease and Pest Management System for Winter Wheat taking Account of Micrometeorological Factors. EPPO Bulletin 13(2). 297-305.

10.7. Alternative jordbrugsformer og plantebeskyttelse

Jørgen Jakobsen
Planteværnscentret
Institut for Plantepatologi
2800 Lyngby

- 10.7.1. Indledning
- 10.7.2. Plantebeskyttelse
 - 10.7.2.1. Ukrudtsbekæmpelse
 - 10.7.2.2. Sygdoms- og skadedyrsbekæmpelse
- 10.7.3. Forebyggende foranstaltninger
 - 10.7.3.1. Dobbeltafgrøder eller samplantninger
 - 10.7.3.2. Sædskifte

10.7.1. Indledning

Betegnelsen økologisk jordbrug anvendes ofte om jordbrug, hvor man ikke anvender pesticider og i øvrigt i begrænset omfang anvender kunstgødning.

En stadig større efterspørgsel efter produkter, som er dyrket efter disse principper, samt den almindelige usikkerhed om forureningsrisikoen ved den almindelige jordbrugspraksis har medført en større interesse for økologiske dyrkningsformer.

Antallet af brug, som praktiserer denne dyrkningsform, er imidlertid beskeden både i Danmark og i andre lande. En undersøgelse, som blev gennemført for nogle år siden, viste, at der her i landet er ca. 150 brug, som praktiserer økologisk planteavl på et samlet areal på 2000 ha. Tilsvarende opgørelser fra andre lande viser, at mindre end 1% af det dyrkede areal drives økologisk. Mere end 40% af de økologisk drevne brug i Danmark er under 5 ha store. De mest dyrkede afgrøder på disse brug er grønsager og kartofler, og sammenlignende undersøgelser viser, at udbyttet fra økologisk dyrkede arealer er mindre (5-25%), men at lagersvindet for disse afgrøder også gennemgående er mindre end "normalt" dyrkede afgrøder.

Den betydelige interesse, som visse forbrugergrupper udviser over for økologisk dyrkede afgrøder, indebærer, at det hidtil har været muligt at opnå en ikke uvæsentlig merpris for afgrøder dyrket på denne måde.

10.7.2. Plantebeskyttelse

10.7.2.1. Ukrudtsbekæmpelse

Gennemføres ved mekanisk bekæmpelse og ved sædskifte særligt tilrettelagt med henblik på skift mellem rensende og forurenende afgrøder. Termisk ukrudtsbekæmpelse (flammebehandling) anvendes kun i ringe udstrækning. Biologisk bekæmpelse af ukrudt under danske dyrkningsbetingelser synes ikke at være realistiske muligheder (Leth & Haas, 1984).

Der foreligger undersøgelser af, hvad det koster i arbejdsindsats at foretage en mekanisk ukrudtsbekæmpelse i forhold til anvendelse af herbicider. Eksempelvis viste en svensk undersøgelse (Sperlingsson, 1982), at mekanisk ukrudtsbekæmpelse i sukkerroer gav et nettoresultat, som var 10% mindre, end hvor dyrkningen var baseret på kemisk ukrudtsbekæmpelse.

10.7.2.2. Sygdoms- og skadedyrsbekæmpelse

Gennemføres i en vis udstrækning ved anvendelse af planteekstrakter eller andre naturpræparater, men forebyggelse via sædskifte og resistente sorter er den vigtigste "bekæmpelsesmåde".

Endvidere dyrkes økologiske afgrøder gennemgående med et mindre gødningsforbrug og med organiske kvælstofgødninger, som frigøres langsommere end de uorganiske syntetiske kvælstofgødninger. Afgrøder dyrket på denne måde er muligvis mindre udsatte for angreb af visse sygdomme og skadedyr (meldug, bladlus).

Den større biologiske aktivitet, som er påvist i økologisk dyrkede arealer kan muligvis også have en hæmmende effekt over for angreb af sygdomme.

Kendskabet til effektiviteten af de naturpræparater, som anvendes til bekæmpelse af sygdomme og skadedyr, er meget begrænset. Nogle præparater - udtræk af pyrethrum og derris - ligner i princippet de kemiske plantebeskyttelsesmidler, men er mindre effektive. Andre præparater antages at have en fysisk effekt over for skadegørere (kiselpræparater m.v.).

10.7.3. Forebyggende foranstaltninger

10.7.3.1. Dobbeltafgrøder eller samplantning

Kan også hæmme angreb af sygdomme og skadedyr. Den hæmmende effekt opnås ved mindre gunstige opformeringsbetingelser af en skadegører på linie med den "fortyndingseffekt", som er påvist ved angreb af svampesygdomme i sortsblandinger af korn.

10.7.3.2. Sædskifte

Et mere varieret sædskifte og ingen pesticidanvendelse giver også en mere talrig og artsvarieret fauna og dermed mulighed for en større tæthed af arter, der æder eller parasiterer planteskadelige insekter.

Det skal imidlertid understreges, at der kun foreligger få resultater fra undersøgelser af disse forhold.

Sådanne undersøgelser bør imidlertid gennemføres bl.a. for at få belyst, om det er muligt i et væsentligt omfang at nedsætte pesticidanvendelse i det konventionelle landbrug ved at skåne og derved udnytte skadedyrenes naturlige fjender.

Litteratur

- Høg, K., 1985. Dyrkningsmetoders indflydelse på udbytte, plantekvalitet og miljø. Tidsskr. Planteavl's Specialserie. Beretning nr. S 1805.
- Sperlingsson, C., 1982. Metoder för ogräsbekämpning i sockerbetor - effektivitet, kostnader och konsekvenser. Orsäs och ogräsbekämpning. Rapport 23. Svenska Ogräskonferencen. Uppsala 1982.

10.8. Resistente sorter

Mogens Houmøller og Lone Buchwaldt
Planteværnscentret
Institut for Plantepatologi
2800 Lyngby

- 10.8.1. Indledning
- 10.8.2. Resistensformer
- 10.8.3. Resistensformer hos korn
- 10.8.4. Mulige strategier for optimal udnyttelse af resistensgener
- 10.8.5. Virulensgenovervågning
- 10.8.6. Spredning af sortsvalget
- 10.8.7. Sortsblandinger
- 10.8.8. Isolering af svampetoksiner og selektion af resistent plantemateriale
- 10.8.9 Litteratur

10.8.1. Indledning

Resistens er værtsplantens evne til at modstå angreb af en planteskadegører, og en effektiv resistens er med til at sikre høje og stabile udbytter og samtidig reducere behovet for anvendelse af kemiske bekæmpelsesmidler. Kendskab til resistensens arvelige og fysiologiske baggrund er vigtig for en rationel udnyttelse i planteforædlingen og for fastlæggelse af en optimal strategi for anvendelsen af resistente sorter i plantedyrkningen.

10.8.1. Resistensformer

Man skelner mellem 2 hovedtyper af resistens i planter, nemlig race-specifik og race-uspecifik resistens. En sort, der er modtagelig over for nogle racer af et patogen, men resistent over for andre racer, betegnes som race-specifik. Hvis sorten derimod udviser samme grad af resistens over for samtlige racer af et patogen, betegnes sorten som race-uspecifik. De 2 typer af resistens har forskellig genetisk baggrund, idet den racespecifikke resistens hovedsagelig bestemmes af et enkelt eller nogle få gener, mens den race-uspecifikke resistens bestemmes af flere gener (polygen nedarvning). Den race-specifikke resistens kan være effektiv, men vil ofte være ustabil, hvorimod den uspecifikke resistens ikke er så effektiv, men til gengæld stabil (Helms Jørgensen m.fl., 1985).

Begrebet "resistens" er relativt, idet resistensens effektivitet i praksis afhænger af såvel planten som af patogenpopulationens sammensætning. En sort med det specifikke resistensgen A kan angribes af samtlige patogenracer med det korresponderende virulensgen A, og kun af disse. Dvs. hyppigheden af virulensgen A er bestemmende for, hvor stor en del af populationen, der har evnen til at kunne angribe den pågældende sort og dermed for, hvor effektiv det pågældende resistensgen synes at være i praksis.

10.8.3. Resistens hos korn

I dansk landbrug er eksempelvis resistens mod sygdomme som meldug og rust hos korn særdeles vigtig på grund af de store intensivt dyrkede kornarealer og på grund af disse sygdommes evne til at udvikle voldsomme sygdomsepidemier. Selv om der i vid udstrækning anvendes meldugresistente bygsorter herhjemme, forekommer der alligevel jævnligt meldugepidemier, da der hele

tiden opformerer nye virulensgener (Hermansen, 1968; Hermansen, 1972; Hermansen & Stapel, 1972).

Enhver sort med specifik resistens vil favorisere det patogen med den eller de korresponderende virulensgener, og sammensætningen af patogenpopulationen (hyppigheden af de enkelte virulensgener) hænger derfor sammen med de enkelte sorters udbredelse. Der vil efterhånden ske en selektion i retning af bestemte virulensgener, hvilket i praksis udtrykkes ved, at de aktuelle sorter "taber" deres resistens, og der ses sygdomsangreb i marken.

10.8.2. Mulige strategier for en optimal udnyttelse af resistensgenerne

Jordbrugerne bliver gennem rådgivningstjenesten vejledt til at benytte de til enhver tid mest resistente sorter, såfremt disse i øvrigt opfylder de ønskede egenskaber, og derved minimeres behovet for fungicidanvendelse. Udover den kemiske bekæmpelse er der i de senere år udviklet nye dyrkningsstrategier for at forlænge resistensgenernes levetid, og dermed mindske risikoen for ødelæggende epidemier.

10.8.5. Virulensgenovervågning

Ved en virulensgenovervågning følges de forskellige virulensgeners hyppighed i patogenpopulationen løbende på forskellige lokaliteter. Der opnås herved et forvarsel om, hvilke sorter der vil være specielt udsatte for sygdomsangreb i de forskellige egne af landet, og en eventuel bekæmpelse kan dermed udføres, før en ødelæggende epidemi opstår. Resultaterne benyttes i sygdomsvarslinger, som udsendes fra Oplysningstjenesten ved Planteværnscentret hvert forår. En sådan varslings, som både er baseret på kvantitative iagttagelser (sygdommens styrke) og kvalitative iagttagelser (sygdommens sammensætning), vil i fremtiden kunne bidrage væsentligt til forbedring af den behovsorienterede bekæmpelse, og dermed til formindskelse af fungicidanvendelsen i jordbruget (Houmøller, 1985).

10.8.6. Spredning af sortsvalget

En anden mulighed er at sprede sortsvalget, såvel på landsplan som på lokalt plan, hvorved ensidig brug af en enkelt eller få sorter undgås, og derved mindskes "presset" også på de forskellige resistensgener.

10.8.7. Sortsblandinger

Anvendelse af sortsblandinger bestående af sorter med forskellig resistens har i flere forsøg vist, at sygdomsudviklingen i en sortsblanding har været mere end halveret i forhold til gennemsnittet af sorterne i renbestand. En sådan reduktion af sygdomsniveauet vil ofte overflødiggøre en kemisk bekæmpelse, og under alle omstændigheder gøre den mere effektiv, hvis den alligevel skulle vise sig nødvendig (Stölen et al., 1980; Welling et al., 1983; Wolfe & Barrett, 1980).

10.8.8. Isolering af svampetoksiner og selektion af resistent plantemateriale

Ved Institut for Plantepatologi på Planteværnscentret er der i 1985 påbegyndt et 5-årigt projekt vedrørende celle- og vævskultur med relation til bl.a. plantepatologi.

Et af formålene er at undersøge, om man ved hjælp af isolerede svampetoksiner kan screene og selekttere for resistens i celle- og vævskulturer og regenerere planter med øget tolerance over for selve patogenet.

Toksiner er lavmolekylære forbindelser, der syntetiseres af mange svampe- og bakteriearter. Toksinerne forårsager skade på plantevæv og er involveret i de pågældende sygdomme. Nogle toksiner er værtspecifikke, andre er uspecifikke eller udviser en grad af specifitet over for forskellige plantearter.

Hvis selektionen kan foregå med værtspecifikke toksiner, er det muligt at opnå høj resistens. Er toksinerne derimod uspecifikke, opnås sandsynligvis en intermediær form for resistens eller tolerance over for patogenet. Sammenlignet med traditionel planteforædling vil denne metode være arbejds- og tidsbesparende og vil samtidig kræve mindre plads.

Der arbejdes indledningsvis med isolering af toksiner fra skulpesvampe (*Alternaria brassicae*), som i fugtige år angriber raps og kål, og som har vist sig at være vanskelige og bekostelige at bekæmpe med kemiske midler. Desuden arbejdes der med byggets bladpletsyge (*Helminthosporium teres*), en sygdom, der hyppigt kræver bekæmpelse.

Forskning vedrørende den kemiske og genetiske baggrund for værtspecifikke toksiner kan på længere sigt få betydning for udviklingen af nye pesticider. Et af målene inden for pesticidforskninger er netop at øge den toksiske specifitet over for uønskede skadevoldere med så få påvirkninger af miljøet som muligt. Eksempelvis vil værtspecifikke toksiner kunne anvendes til ukrudtsbekæmpelse, såfremt disse kan isoleres fra en specifik sygdomsfrem-

kaldende mikroorganisme. Kemisk bekæmpelse ved hjælp af biologisk nedbrydelige forbindelser vil have mindre indflydelse på det fysiske og biologiske miljø.

10.8.9. Litteratur

- Hermansen, J. E., 1968. Studies on the spread and survival of cereal rust and mildew diseases in Denmark. Doktor afhandling ved Den Kgl. Vet.- og Landbohøjskole. 186 s.
- Hermansen, J. E., 1972. Om kornsorters udbredelse og kornsygdommes optræden. Landbonyt 26. 9-19.
- Houmøller, M. S., 1985. Registrering af kornets bladsygdomme ved virulensovervågning. Agrologisk Tidsskr. Marken nr. 11. 16-20.
- Jørgensen, J. Helms m.fl., 1985. Temanummer om meldug på byg. Ugeskrift for Jordbrug nr. 18. 459-481.
- Stapel, C., Hermansen, J. E., 1972. Om "den fortabte" meldugresistens med særlig henblik på bygsorterne. Emir og Lofa. Landbonyt 26. 279-285.
- Stölen, O., Hermansen, H. E., Loehde, J., 1980. Varietal mixtures of barley and their ability to reduce powdery mildew and yellow rust diseases. Årsskrift, Kongelige Veterinær- og Landbohøjskole. 109-116.
- Stölen, O., Hermansen, J. E., Kølster P. & Munk, L., 1984. Projektet Multiline-sorter. Slutrapport til Statens Jordbrugs- og Veterinær-videnskabelige forskningsråd. Plantepatologisk Afd. Den Kgl. Vet.- og Landbohøjskole. 225 s.
- Welling, B., Lønbæk, M., Olsen, C. C., Houmøller, M. S., 1983. Sortsblandinger af vårbyg. Tidsskr. Planteavl 87. 527-538 (Ber. nr. 1679).
- Welling, B., Houmøller M. S. & Olsen, C. C., 1985. Sortsblandinger af vårbyg 1983. Meldugangreb og udbytteforhold. Tidsskr. Planteavl 89. 385-392 (Ber. nr. 1807).
- Wolfe, M. S. & Barret, J. A., 1980. Can we lead the pathogen astray? Plant Disease 64. 148-155.

10.9. Pesticidfrie randzoner

Jørgen Jakobsen
Planteværnscentret
Institut for Plantepatologi
2800 Lyngby

- 10.9.1 Indledning
- 10.9.2. Udenlandske undersøgelser
- 10.9.3. Danske undersøgelser
- 10.9.4. Fremtidige undersøgelser
- 10.9.5. Litteratur

10.9.1. Indledning

Behandling med pesticider medfører udover de tilsigtede effekter også en reduktion af arter, som ikke er planteskadelige. Sådanne arter kan optræde som naturlige fjender over for arter, som er planteskadelige. Endvidere kan udryddelse eller reduktion af bestanden af ukrudtsplanter og insekter have betydning for fugle og andre vilde dyr.

10.9.2. Udenlandske undersøgelser

Specielt af hensyn til fuglevildtbestanden er der i England gennemført undersøgelser af, hvilken effekt der opnås ved at undlade pesticidbehandling af markkanten, specielt hvor marker afgrænses af levende hegn. Undersøgelserne, som er udført af "The Game Conservancy", har vist, at pesticidfrie randzoner forøger bestanden af agerhøns og fasaner, samt at udbyttet i ubehandlede randzoner ikke er væsentligt mindre end de, som opnås ved pesticidbehandling.

De nævnte undersøgelser har kun været gennemført i nogle få år, og der er således ikke belæg for at slutte, at en konsekvent undladelse af pesticidbehandling af randzoner ikke på længere sigt fører til markante udbyttenedgange, specielt på grund af voksende problemer med ukrudt (Sotherton m.fl., 1985).

10.9.3. Danske undersøgelser

Inspireret af de engelske undersøgelser har miljøstyrelsens Center for Jordøkologi iværksat tilsvarende undersøgelser i Danmark.

Disse undersøgelser er i 1985 gennemført på Vildtbiologisk Station på Kalø og på Gjorslev Gods på Stevn.

Undersøgelserne har bl.a. til formål at belyse, i hvilket omfang de nævnte billearter vandrer fra hegnet i løbet af foråret og ind i marken, samt hvor hurtigt bestanden i de behandlede randområder retableres efter pesticidbehandling.

Planteværnscentret har deltaget på kontraktbasis i undersøgelserne på Gjorslev. Disse undersøgelser har til formål at undersøge pesticidbehandlings effekt på billefaunaen og bladlusforekomsten i en bygmark, som afgrænses af levende hegn. I løbet af vækstperioden er der ved hjælp af faldfælder foretaget en aktivitets-/tæthedsbestemmelse af billearter, som har særlig be-

tydning som bladlusprædatorer (bladlusædere). Undersøgelsen omfatter tæthedsbestemmelse af de nævnte arter i hegnet, som afgrænser marken, i pesticidbehandlede og ikke-pesticidbehandlede dele af markranden samt i marken i forskellig afstand fra hegnet.

Området, hvor undersøgelserne gennemføres, er utypisk for Danmark, fordi markerne på Gjorslev afgrænses af gamle brede hegn. Denne lokalitet er imidlertid valgt for at få belyst, hvad der kan opnås med en sådan pesticidfri randzone, hvor betingelserne for en rig billefauna er til stede.

10.9.4. Fremtidige undersøgelser

Fører undersøgelserne til det resultat, at bestanden af bl.a. de billearter, som kan spille en væsentlig rolle som begrænsende faktor for opformering af bladlus, øges mærkbart ved undladelse af randbehandlinger med pesticider (insekticider), vil undersøgelserne blive suppleret med undersøgelser på area-ler, som er mere typiske for det danske agerland.

Andre undersøgelser har vist, at bladlusprædatorer kan spille en væsentlig rolle som begrænsende for opformering af bladlus i kornafgrøder. Effekten af bladlusprædatorer gør sig særligt gældende, når bladlusene invaderer afgrøderne i den tidlige del af vækstperioden. En decimering af de indflyvende bladlus kan på dette tidspunkt forhindre, at der udvikler sig tabs-givende angreb. Har bladlusene derimod etableret sig i en afgrøde, så er deres formeringsevne af en sådan størrelsesorden, at naturlige fjender ikke kan holde trit med opformeringen.

Det skal understreges, at de her omtalte undersøgelser, som organiseres af Center for Jordøkologi, har et bredere sigte end de af Planteværnscentret udførte undersøgelser. I lighed med de engelske undersøgelser, som er nævnt indledningsvis, er der tale om undersøgelser, som skal belyse, i hvilken udstrækning der kan opnås en rigere flora og fauna i markranden, hvis man undlader behandling med pesticider – samt hvilken pris i form af mindre udbytte en sådan praksis indebærer. Belysning af disse komplekse forhold vil kræve undersøgelser over en årrække på en række forskellige lokaliteter, før man har et generelt dækkende billede af mulige effekter.

10.9.5. Litteratur

Sotherton, N. m.fl., 1985. The Cereals and Gamebirds Research Project. The Game Conservancy, Annual Review No 16, 1985.

10.10. Integreret plantebeskyttelse

Jørgen Jakobsen
Planteværnscentret
Institut for Plantepatologi
2800 Lyngby

- 10.10.1. Indledning
- 10.10.2. Hvad indgår i integreret plantebeskyttelse?
- 10.10.3. Integreret plantebeskyttelse i praksis
- 10.10.4. Integreret plantebeskyttelse i fremtiden

10.10.1. Integreret plantebeskyttelse

Denne betegnelse er en fordanskning af "Integrated Pest Management" og betyder ideelt set en afbalanceret anvendelse af de muligheder, som er til rådighed for at begrænse og bekæmpe angreb af planteskadegørere. Udviklingen af sådanne plantebeskyttelsesprogrammer foregår intensivt verden over.

10.10.2. Hvad indgår i integreret plantebeskyttelse?

De væsentlige komponenter, som indgår i disse programmer, er:

- Valg af sædskifte, som formindsker angreb af ukrudt, sygdomme og skadedyr.
- Udnyttelse af afgrødesorter, som har en bedre konkurrenceevne over for ukrudt, og som er resistente eller tolerante over for angreb af sygdomme og skadedyr.
- Udvikling af jordbehandlingsstrategier og valg af såtidspunkt, som formindsker betydningen af angreb af skadegørere.
- Fastsættelse og udnyttelse af skadetærskler for de enkelte skadegørere, således at bekæmpelse kan foretages, når angreb indebærer udbyttetab, som er større end udgifterne til bekæmpelse.
- Udvikling af prognose- og varslingsystemer, som kan beskrive risikoen regionalt for angreb af skadegørere på kort eller længere sigt i vækstperioden jf. 10.6. og 10.7.
- Virkning af modeller, der med baggrund i de aktuelle klimatiske og botaniske forhold optimerer pesticidernes effekt ved behandling, herunder muliggør anvendelse af reducerede doseringer.
- Udnyttelse af den naturlige flora og fauna (skadegørernes naturlige fjender).
- Anvendelse af bekæmpelsesmidler, som er specifikke over for de skadegørere, som aktuelt forekommer.
- Udsætning af masseproducerede sterile hanindivider af skadegørere.
- Etablering og pleje af områder (hegn m.v.), hvor der er en mere artsrig flora og fauna - og som kan have betydning for udvikling af bl.a. skadedyrenes naturlige fjender.

10.10.3. Integreret plantebeskyttelse i praksis

Det særlige ved integreret plantebeskyttelse er ikke anvendelse af forskellige foranstaltninger til begrænsning af skadegørernes betydning, dette har altid været indeholdt i plantedyrkningspraksis. Det særlige ved integreret plantebeskyttelse er, at der tilstræbes en systematisk undersøgelse af, hvilken kombination af de forskellige foranstaltninger, der giver den økonomisk (og økologisk) optimale udnyttelse.

Derfor er udviklingen af integrerede plantebeskyttelsesorganismer snævert forbundet med udviklingen af elektronisk databehandling.

Denne teknik muliggør bearbejdning af komplekse modelsammenhænge og analyser af store datamængder.

10.10.4. Integreret plantebeskyttelse i fremtiden

EDB gør det muligt at foretage indsamling og bearbejdning af produktionsdata i stor skala, f.eks. produktionsdata fra det markstyringsprogram, som Landskontoret for Plantavl har under udvikling.

På dette datamateriale kan der foretages omfattende statistiske analyser som kontrol og supplement til de forsøgsdata, som indgår som grundlag for udviklingen af integrerede plantebeskyttelsesprogrammer.

Denne generering af data og den hermed større indsigt i samspillet mellem plantedyrkningsforanstaltninger og udvikling og betydning af skadegørere udgør et væsentligt element i en dynamisk udbygning af beskyttelsesprogrammerne.

Det indebærer på længere sigt udvikling af egentlige "ekspertprogrammer", hvor plantebeskyttelse blot er en del af et samlede dyrkningsprogram for forskellige afgrøder med hensyntagen til de forhold, der gør sig gældende for den enkelte bedrift.

Institutter m.v. under Statens Planteavlsforsøg

Sekretariatet

Statens Planteavlskontor, Kongevejen 83, 2800 Lyngby	(02) 85 50 57
Informationstjenesten, Lottenborgvej 2, 2800 Lyngby	(02) 87 53 27
Dataanalytisk Laboratorium, Lottenborgvej 24, 2800 Lyngby	(02) 87 06 31
Sekretariatet for Sortsafprøvning, Tystofte, 4230 Skælskør	(03) 59 61 41
Statens Bisygdomsnævn, Kongevejen 83, 2800 Lyngby	(02) 85 62 00
Jordbrugsmeteorologisk Tjeneste, Forsøgsanlæg Foulum, 8833 Ørum Sønderlyng	(06) 65 25 00

Landbrugscentret

Statens Forsøgsstation, Ledreborg Allé 100, 4000 Roskilde	(02) 36 18 11
Statens Forsøgsareal, Bornholm, Rønnevej 1, 3720 Åkirkeby	(03) 97 53 10
Statens Biavlsforsøg, Ledreborg Allé 100, 4000 Roskilde	(02) 36 18 11
Statens Forsøgsstation, Rønhave, 6400 Sønderborg	(04) 42 38 97
Statens Forsøgsstation, Tylstrup, 9380 Vestbjerg	(08) 26 13 99
Statens Forsøgsstation, Tystofte, 4230 Skælskør	(03) 59 61 41
Institut for Grovfoder, Forsøgsanlæg Foulum, 8833 Ørum Sønderlyng . .	(06) 65 25 00
Statens Forsøgsstation, Borris, 6900 Skjern	(07) 36 62 33
Statens Forsøgsstation, Silstrup, 7700 Thisted	(07) 92 15 88
Statens Forsøgsstation, Askov, 6600 Vejen	(05) 36 02 77
Statens Forsøgsstation, Lundgård, 6600 Vejen	(05) 36 01 33
Statens Forsøgsstation, 6280 Højer	(04) 74 21 04
Statens Forsøgsstation, St. Jyndeved, 6360 Tinglev	(04) 64 83 16
Statens Planteavls-Laboratorium, Lottenborgvej 24, 2800 Lyngby	(02) 87 06 31
Centrallaboratoriet, Forsøgsanlæg Foulum, 8833 Ørum Sønderlyng . . .	(06) 65 25 00

Havebrugscentret

Institut for Grønsager, Kirstinebjergvej 6, 5792 Årsløv	(09) 99 17 66
Institut for Væksthuskulturer, Kirstinebjergvej 10, 5792 Årsløv	(09) 99 17 66
Institut for Frugt og Bær, Kirstinebjergvej 12, 5792 Årsløv	(09) 99 17 66
Institut for Landskabsplanter, Hornum, 9600 Års	(08) 66 13 33

Planteværnscentret

Institut for Pesticider, Lottenborgvej 2, 2800 Lyngby	(02) 87 25 10
Institut for Plantepestologi, Lottenborgvej 2, 2800 Lyngby	(02) 87 25 10
Planteværnsafdelingen på »Godthåb«, Låsbyvej 18, 8660 Skanderborg .	(06) 52 08 77
Institut for Ukrudtsbekæmpelse, Flakkebjerg, 4200 Slagelse	(03) 58 63 00
Analyselaboratoriet for Pesticider, Flakkebjerg, 4200 Slagelse	(03) 58 63 00