

Anerkendelse af fungicider, insekticider, herbicider og vækstreguleringsmidler i 2002. Landbrugsafgrøder og havebrugsafgrøder

Fungicides, insecticides, herbicides and growth regulators approved in 2002 for use in agricultural and horticultural crops

Kamilla Jentoft Fertin, Lise Nistrup Jørgensen, Bent J. Nielsen, Klaus Paaske & Peder Elbæk Jensen

Danmarks JordbrugsForskning

Afdeling for Plantebeskyttelse

Forskningscenter Flakkebjerg

DK-4200 Slagelse

Summary

The Danish Institute of Agricultural Sciences grants approval to chemicals and biological plant protection products for control of plant diseases, pests and weeds, when satisfactory trial results are available. The testing is voluntary and performed upon the companies' applications for approval. The trials are carried out according to international guidelines elaborated by the European and Mediterranean Plant Protection Organisation (EPPO).

From 1 January 1996, Denmark has been operating a GEP recognition system (Good Efficacy Practice) in accordance with the EU directive 93/71EØF.

The Department of Crop Protection has been working in accordance with the principles of GEP during the 2002-season. The recognising authorities (GEP unit) have inspected the testing units. The department is officially recognised with validity from 1 January 1996.

The trials are carried out at the Department of Crop Protection under the Danish Institute of Agricultural Sciences, and the products are tested to such an extent that it is possible to evaluate whether they will be suited for their purpose under Danish climatic and agricultural conditions. This normally implies 3-6 trials per year carried out under different conditions. Usually, the products are tested for two or three years until a basis of trials, which allows a qualified evaluation, is available.

The dosage is considered to be of great importance. In order to test the potential of the products and establish the approved dosage (normal dose), the trials are generally carried out with 3 dosages. For fungicides and insecticides in agricultural crops, 1/1 (normal dosage), 1/2, and

1/4, and for herbicides, 2/1, 1/1 (normal dosage), 1/2, and 1/4. For observation trials (seed treatment cereals), dosages of 2/1, 1/1, 1/2, and 1/4 are necessary.

With validity from 1 January 2003, several new fungicides, insecticides, and herbicides have been granted an approval. Names of approved products, dosages, active ingredients, plant diseases, insect pests, and names of companies are shown in tables 1-5.

The products must be registered in order to be marketed. In Denmark the Danish Environmental Protection Agency grants registrations.

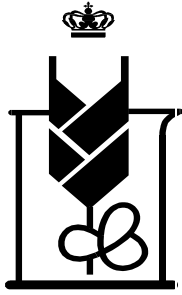
Indledning

Under afprøvningssystemet ved Danmarks JordbrugsForskning, Flakkebjerg udføres forsøg med bekæmpelsesmidler for at undersøge virkningen på forskellige skadegørere med henblik på at finde de bedst egnede produkter til bestemte anvendelsesområder. Danmarks JordbrugsForskning, Flakkebjerg kan efter tilfredsstillende afprøvningsresultater tildele en anerkendelse, som betyder, at midlet har været undersøgt under danske forhold, og at det har en virkning på højde med eller bedre end standarden på markedet. Forsøgene udføres i henhold til aftale med Dansk Planteværn (Nielsen, 1993). Aftalen er frivillig og senest revideret med virkning fra august 2001.

Som resultat af afprøvningsarbejdet er der med gyldighed fra 1. januar 2003 anerkendt en række nye fungicider, insekticider og herbicider. Vedrørende midler, skadegørere, virksomt stof, anerkendt dosering og anmeldende firma henvises til tabellerne 1-5.

Forsøgsarbejdet vedrørende svampesygdomme i korn er nærmere omtalt i Jørgensen (2003), bejdsemidler i korn (Nielsen, 2003a) og svampesygdomme i kartofler (Nielsen, 2003b). Skadedyr i landbrugsafgrøder er omtalt i Paaske (2003). Forsøgsdata med videre er angivet i de årlige forsøgsrapporter (Jørgensen *et al.*, 2002; Paaske, 2002; Jensen *et al.*, 2002). Angående tidligere tildelte anerkendelser og anerkendte midler i øvrigt henvises til "Vejledning i Planteværn 2002" (Nielsen *et al.*, 2003). Midlerne optages dog først på denne liste, når de er godkendte af Miljøstyrelsen.

De med * mærkede midler i tabellerne 1-5 er på tidspunktet for udarbejdelsen af oversigterne i tabellerne ikke godkendte af Miljøstyrelsen.



Dette indregistrerede fællesmærke for anerkendte plantebeskyttelsesmidler (pesticider og vækstregulerende midler) kan af firmaerne anbringes på anerkendte midlers etiketter i umiddelbar tilknytning til anerkendelsesteksten samt anvendes ved annoncering med videre, såfremt anerkendelsesteksten også anføres. Fællesmærket anvendes også i publikationer i forbindelse med omtale af anerkendte midler.

Forsøgsbeskrivelse

Forsøgene er gennemført efter EPPO Guidelines (European and Mediterranean Plant Protection Organisation) (Anon. 1 - 4).

Danmark har fra 1. januar 1996 haft et GEP anerkendelsessystem (God Effektivitets Praksis) i overensstemmelse med EU-direktiv 93/71EØF.

Afdeling for Plantebeskyttelse har haft en officiel GEP-godkendelse siden 1. januar 1996 og har siden udført afprøvningsarbejdet i overensstemmelse med disse principper.

Forsøgene er udført som frilands- eller væksthushorsøg suppleret med laboratorieundersøgelser i relevant omfang.

Midlerne afprøves i et omfang, der giver mulighed for at fastslå, om de vil være egnede til formålet under danske klima- og jordbundsforhold. Dette vil normalt indebære 3-6 forsøg pr. år. Hvis betydningen af eventuelle sortsforskelle i kulturplanterne skal kunne vurderes, vil det være nødvendigt at øge forsøgsantallet.

Midlerne afprøves sædvanligvis i 2-3 år, før anerkendelse kan gives.

For at belyse et middels virkningsgrad under danske forhold og skabe grundlag for fastsættelse af den anerkendte dosering ("normaldoseringen") foretages afprøvningen generelt i 3 doseringer i sammenligning med et standardmiddel i normaldosering. Specielt gælder for fungicider og insekticider til landbrugsafgrøder og frilandsgrønsager, at de afprøves i 1/1, 1/2 og 1/4 dosering. Herbicider afprøves i 2/1, 1/1, 1/2 og 1/4 dosering. Bejdsemidler afprøves i 2/1, 1/1, 1/2 og 1/4 dosering.

Forsøgene har været placeret på egne eller lejede arealer, på DJF's Forsøgsstationer eller udstationeret hos landmænd samt frugt- og bæravlere. I forsøgene er der medtaget anerkendte standardmidler som sammenligningsgrundlag for de afprøvede midler.

Nyanerkendte midler

Nedenfor er angivet nyanerkendte midler eller midler, hvor anerkendelsen er udvidet eller ændret. Hvor anerkendelsen er udvidet, er det kun den nye anerkendelse, der er omtalt.

Tabel 1. Fungicider med ny, udvidet eller ændret anerkendelse. Havebrugsafgrøder (1. januar 2003). * = ikke godkendt af Miljøstyrelsen. Fungicides with new, extended or changed approval (1 January 2003). * = not registered in Denmark.

Midler og aktive stoffer Products and active ingredients	Firma Company	Dosering Dosage	Anerkendt mod Approved against
Signum WG* boscalid 267 g/l pyraclostrobin 67 g/l	BASF	1,8 kg/ha	Gråskimmel i jordbær (<i>Botrytis cinerea</i>)
		1,0 kg/ha	Grå monilla i kirsebær (<i>Monilinia laxa</i>)
		0,75 kg/ha	Gulerodsbladplet i gulerødder (<i>Alternaria dauci</i>)
		0,75 kg/ha	Skulpesvamp i kål (<i>Alternaria brassicae</i>)
		1,0 kg/ha	Hvidplet i kål (<i>Pseudocercospora capsellae</i>)
Bellis SC* boscalid 200 g/l pyraclostrobin 100 g/l	BASF	1,0 kg/ha	Skurv og meldug på æbler og pærer (<i>Venturia inaequalis</i> og <i>Podosphaera leucotricha</i>)

Tabel 2. Bejdsemidler med ny, udvidet eller ændret anerkendelse. Landbrugsafgrøder (1. januar 2003). * = ikke godkendt af Miljøstyrelsen. Seed dressings with new, extended or changed approval (1 January 2003). * = not registered in Denmark.

Midler og aktive stoffer Products and active ingredients	Firma Company	Dosering Dosage	Anerkendt mod Approved against
Dividend 37,5 LS difenoconazol 37,5 g/l	Syngenta	120 ml/100 kg	Stængelbrand på rug (<i>Urocystis occulta</i>) Jord- og frøbåren stinkbrand på hvede (<i>Tilletia caries</i>) Fusariose på hvede (<i>Fusarium spp</i>)
Dividend FS 030 difenoconazol 30 g/l	Syngenta	150 ml/100 kg	Stængelbrand på rug og triticale (<i>Urocystis occulta</i>) Jord- og frøbåren stinkbrand på hvede og triticale (<i>Tilletia caries</i>) Fusariose på hvede, rug og triticale (<i>Fusarium spp</i>)
Premis Pro* prochloraz 60 g/l triticonazole 20 g/l	Bayer Crop-Science	200 ml/100 kg	Stængelbrand på rug og triticale (<i>Urocystis occulta</i>) Fusariose på hvede, rug og triticale (<i>Fusarium spp</i>)
Sibutol FS 199* bitertanol 187,5 g/l fuberidazol 11,5 g/l	Bayer Crop-Science	120 ml/100 kg	Stængelbrand på rug og triticale (<i>Urocystis occulta</i>) Jord- og frøbåren stinkbrand på hvede og triticale (<i>Tilletia caries</i>) Fusariose på hvede, rug og triticale (<i>Fusarium spp</i>)

Tabel 3. Fungicider med ny, udvidet eller ændret anerkendelse. Landbrugsafgrøder (1. januar 2003). * = ikke godkendt af Miljøstyrelsen. Fungicides with new, extended or changed approval (1 January 2003). * = not registered in Denmark.

Midler og aktive stoffer Products and active ingredients	Firma Company	Dosering Dosage	Anerkendt mod Approved against
Amistar + Unix 75 WG azoxystrobin 250 g/l cyprodinil 750 g/kg	Syngenta	0,5 l + 0,5 kg/ha	Meldug på byg (<i>Blumeria graminis</i>) Skoldplet (<i>Rhynchosporium secalis</i>) Bygbladplet (<i>Drechslera teres</i>) Bygrust (<i>Puccinia hordei</i>)
Curzate M* cymoxanil 45 g/l mancozeb 680 g/l	Du Pont	2,5 kg/ha	Kartoffelskimmel (<i>Phytophthora infestans</i>)
Folicur EC tebuconazol 250 g/l	Bayer Crop-Science	1,0 l/ha	Meldug på korn (<i>Blumeria graminis</i>) Bygrust (<i>Puccinia hordei</i>) Gulrust (<i>Puccinia striiformis</i>) Hvedegråplet (<i>Septoria tritici</i>) Hvedebrunplet (<i>Stagonospora nodorum</i>)
Opera* pyraclostrobin 133 g/l epoxiconazole 50 g/l	BASF	1,5 l/ha	Meldug på byg (<i>Blumeria graminis</i>) Skoldplet (<i>Rhynchosporium secalis</i>) Bygbladplet (<i>Drechslera teres</i>) Bygrust (<i>Puccinia hordei</i>)
Proline* prothioconazol 250 g/l	Bayer Crop-Science	0,8 l/ha	Skoldplet (<i>Rhynchosporium secalis</i>) Bygbladplet (<i>Drechslera teres</i>)
Ranman* + Silwett cyazofamid 400 g/l	BASF	0,2 + 0,15 l/ha	Kartoffelskimmel (<i>Phytophthora infestans</i>)
Unix 75 WG cyprodinil 750 g/l	Syngenta	1,0 l/ha	Meldug på hvede (<i>Blumeria graminis</i>)

Tabel 4. Herbicider med ny, udvidet eller ændret anerkendelse. Landbrugsafgrøder og havebrug (1. januar 2003). * = ikke godkendt af Miljøstyrelsen. Herbicides with new, extended or changed approval (1 January 2003). * = not registered in Denmark.

Midler Products	Firma Company	Dosering Dosage	Anerkendt mod Approved against
Basagran SG + Stomp	BASF	i ærter til modenhed med 0,22 kg Basagran SG + 0,75 l Stomp Pentagon pr. ha på ukrudt med kimblade efterfulgt af 0,28 kg Basagran SG + 0,75 l Stomp Pentagon pr. ha 10 – 14 dage senere.	alm. brandbæger, fuglegræs, hvidmelet gåsefod, hyrdetaske, kamille, nat limurt, bleg/fersken pileurt, raps, agersennep, agerstedmoder, svinemælk (som frøplante), tvetand og ærenpris
Basagran SG + Stomp	BASF	i ærter til modenhed med 0,55 kg Basagran SG + 1,5 l Stomp Pentagon pr. ha på ukrudt med 1-2 blade.	alm. brandbæger, fuglegræs, hvidmelet gåsefod, hyrdetaske, kamille, nat limurt, bleg/fersken pileurt, raps, agersennep, agerstedmoder, svinemælk (som frøplante), tvetand og ærenpris
Boxer	Syngenta	i vintersæd med 4,0 l/ha, fra før afgrøden spirer frem til afgrøden netop er spiret frem.	forglemmigej, fuglegræs, hyrdetaske, enårig rapgræs, tvetand, ærenpris, burresnerre, vindaks, agerrævehale og rajgræs♣
Boxer + Topik 100 EC + Sun Oil 33E	Syngenta	i vinterhvede med 2,0 l/ha Boxer + 0,2 l/ha Topik 100 EC + 0,5 l/ha Sun Oil 33E i tankblanding om efteråret på rajgræs i stadie 12 – 21.	rajgræs
Escort *	BASF	i ærter med 1,0 l/ha på ukrudt i stadie 10-11 + 1,0 l/ha 10 – 14 dage senere.	fuglegræs, hvidmelet gåsefod, hyrdetaske, lugtløs kamille, nat limurt, bleg/fersken pileurt, snerle pileurt, raps, agersennep, agerstedmoder, tvetand og ærenpris
Escort *	BASF	i ærter med 2,0 l/ha på ukrudt i stadie 11-12.	fuglegræs, hvidmelet gåsefod, hyrdetaske, lugtløs kamille, nat limurt, bleg/fersken pileurt, snerle pileurt, raps, agersennep, tvetand og ærenpris
Hussar + Renol	Bayer Crop-Science	i vinterhvede, vinterrug og tritcale med 0,07 kg/ha Hussar + 0,5 l/ha Renol i stadie 29, forår.	markarve, forglemmigej, fuglegræs, gåse-mad, hyrdetaske, lugtløs kamille, snerle pileurt, rajgræs, raps, burresnerre, storkronet ærenpris, valmue og vindaks
Hussar + Renol	Bayer Crop-Science	i vinterhvede, vinterrug og tritcale med 0,1 kg/ha Hussar + 0,5 l/ha Renol i stadie 30, forår.	markarve, forglemmigej, fuglegræs, gåse-mad, hyrdetaske, lugtløs kamille, snerle pileurt, vej pileurt, rajgræs, raps, burresnerre, liden storkenæb, storkronet ærenpris, valmue og vindaks

♣ Anerkendelsen er udvidet med rajgræs i 2002

Midler Products	Firma Company	Dosering Dosage	Anerkendt mod Approved against
Hussar + Renol	Bayer Crop- Science	i vinterhvede, vinterrug og triticales med 0,15 kg/ha Hussar + 0,5 l/ha Renol i stadie 31, forår.	markarve, forglemmigej, fuglegræs, gåse- mad, hyrdetaske, lugtløs kamille, snerle pile- urt, vej pileurt, rajgræs, raps, burresnerre, liden storkenæb, rød tvetand, mark ærenpris, storkronet ærenpris, valmue og vindaks
Hussar + Renol	Bayer Crop- Science	i vinterhvede, vinterrug og triticales med 0,2 kg/ha Hussar + 0,5 l/ha Renol i stadie 32, forår.	markarve, forglemmigej, fuglegræs, gåse- mad, hyrdetaske, lugtløs kamille, snerle pile- urt, vej pileurt, rajgræs, raps, burresnerre, liden storkenæb, rød tvetand, mark ærenpris, storkronet ærenpris, vedbend ærenpris, val- mue og vindaks
Hussar + Renol	Bayer Crop- Science	i vårbyg med 0,06 kg/ha Hussar + 0,5 l/ha Renol i stadie 12-14.	forglemmigej, fuglegræs, hvidmelet gåsefod, hanekro, hyrdetaske, lugtløs kamille, bleg/fersken pileurt, snerle pileurt, agersen- nep, raps, rajgræs og rød tvetand
Lexus 50 WG + Lissapol Bio	Du Pont	i vinterhvede 0,02 kg/ha Lexus + 0,1% Lissapol Bio i stadie 25-29 forår. ♦	fuglegræs, hyrdetaske, lugtløs kamille, ager- rævehale, valmue og vindaks
Monitor (750 g/kg) * + Lissapol Bio	Monsanto	i vinterhvede med 18,75 g/ha på kvik i stadie 13 – 14 ca. midt i maj. i vinterhvede med 20 g/ha når afgrøden er på stadie 30 - 32. i vinterhvede med 27 g/ha når afgrøden er på stadie 30 - 32. i vinterhvede med 15 g/ha Monitor + 0,2% Lissapol Bio tidlig forår efter start af vækst, men inden strækning efter- fulgt af 15 g/ha Monitor + 0,2% Lissapol Bio 2-3 uger senere på afgrø- dens st. 30 – 31.	væksthæmning af kvik frem til høst fuglegræs, hyrdetaske, raps og vindaks fuglegræs, hyrdetaske, kamille, snerle pileurt og burresnerre gold og blød hejre
Picolinafen*	BASF	i vinterhvede med 0,133 kg/ha i stadie 11-12 efterår.	brandbæger, fuglegræs, hyrdetaske, lugtløs kamille, burresnerre, agerstedmoder, rød tvætand, mark ærenpris og storkronet æren- pris
Picolinafen*	BASF	i vinterhvede med 0,133 kg/ha i stadie 25-29 forår.	fuglegræs, hyrdetaske, agerstedmoder, rød tvætand, mark ærenpris og storkronet æren- pris

♦ Anerkendelsen er givet under forudsætning af, at forsøgene i 2003 viser samme gode resultater som forsøgene i 2000 og 2002

Midler Products	Firma Company	Dosering Dosage	Anerkendt mod Approved against
Picolinafen* + Oxitril CM	BASF + Bayer Crop- Science	i vinterhvede med 0,053 kg/ha Picolinafen + 0,5 l/ha Oxitril i stadie 11- 12 efterår.	brandbæger, fuglegræs, hyrdetaske, lugtløs kamille, burresnerre, agerstedmoder, rød tvetand, valmue, mark ærenpris og storkronet ærenpris
Picolinafen* + Oxitril CM	BASF + Bayer Crop- Science	i vinterhvede med 0,053 kg/ha Picolinafen + 1,0 l/ha Oxitril CM i stadie 25-29 forår.	fuglegræs, hyrdetaske, lugtløs kamille, bur- resnerre, agerstedmoder, rød tvetand, valmue, mark ærenpris og storkronet ærenpris
Primera Super + Stomp Pentagon + Isoblette	Bayer Crop- Science + BASF	i vintersæd med 0,4 l/ha Primera Super + 2,0 l/ha Stomp Pentagon + 0,4 l/ha Isoblette pr. ha om efteråret i stadie 12-13.	agerrævehale, forglemmigej, fuglegræs, hyr- detaske, enårig rapgræs, raps, agerstedmoder, tvetand, valmue, vindaks og ærenpris
Razer *	Bayer Crop- Science	i vintersæd med 0,1 l/ha om efteråret, i stadie 11- 12.	forglemmigej, fuglegræs, haremadv, hyrdeta- ske, kamille, raps, sennep, agerstedmoder, storkenæb, tvetand, flerfarvet ærenpris, mark ærenpris, storkronet ærenpris og vedbend ærenpris
Razer *	Bayer Crop- Science	i vintersæd med 0,15 l/ha om foråret, i stadie 25-29.	haremadv, hyrdetaske, agerstedmoder, tvetand, flerfarvet ærenpris, mark ærenpris, storkronet ærenpris og vedbend ærenpris
Razer* + Hussar + Isoblette	Bayer Crop- Science	i vinterhvede, vinterrug og tritcale med 0,0375 l/ha Razer + 0,1 kg/ha Hussar + 0,4 l/ha Isoblette pr. ha i stadie 30 forår.	forglemmigej, fuglegræs, haremadv, hyrdeta- ske, kamille, markarve, snerle pileurt, vej pileurt, rajgræs, raps, burresnerre, agersted- moder, storkenæb, tvetand, valmue, vindaks, mark ærenpris, storkronet ærenpris og ved- bend ærenpris
Razer* og Hussar + Isoblette	Bayer Crop- Science	i vinterhvede, vinterrug og tritcale med 0,025 l/ha Razer i stadie 11-12 efterår, og efterfulgt af 0,1 kg/ha Hussar + 0,4 l/ha Isoblette i stadie 30 forår.	forglemmigej, fuglegræs, haremadv, hyrdeta- ske, lugtløs kamille, markarve, snerle pileurt, vej pileurt, rajgræs, raps, sennep, burresnerre, agerstedmoder, storkenæb, tvetand, valmue, vindaks, mark ærenpris, storkronet ærenpris og vedbend ærenpris
Topik 100 EC + Sun oil 33E	Syngenta	i vinterhvede med 0,4 l/ha Topik 100 EC + 0,5 l/ha Sun oil 33E om foråret.	agerrævehale

Tabel 5. Navn og indhold af aktivstof i herbicider med ny, udvidet eller ændret anerkendelse, som anført i tabel 3. Name and active ingredients in herbicides with new, extended or changed approval, as stated in table 3.

Middel Product	Aktivstof Active ingredient	Aktivstof indhold AI content
Basagran SG	Bentazon	870 g/kg
Boxer	Prosulfocarb	800 g/l
Escort	Imazamox Pendimethalin	12,5 g/l 250 g/l
Hussar	Iodosulfuron	50 g/kg
Isoblette	Surfactant	
Lexus 50 WG	Flupyr-sulfuron	500 g/kg
Lissapol Bio	Surfactant	
MaisTer	Foransulfuron Iodosulfuron	300 g/kg 10 g/kg
Monitor	Sulfosulfuron	750 g/kg
Oxitril CM	Bromoxynil Ioxynil	200 g/l 200 g/l
Picolinafen	Picolinafen	750 g/kg
Primera Super	Fenoxaprop-pethyl	69 g/l
Razer	Di-flufenican Pyraflufen	500 g/l 60 g/l
Renol	Surfactant	
Stomp	Pendimethalin	400 g/l
Stomp Pentagon	Pendimethalin	330 g/l
Sun oil 33E	Surfactant	
Topik 100 EC	Clodinafop-propagyl	100

Litteratur

- Anon 1.* 1999. Guidelines for efficacy evaluation of plant protection products. Volume 1, Introduction, general & miscellaneous guidelines, new and revised guidelines.
- Anon 2.* 1999. Guidelines for efficacy evaluation of plant protection products. Volume 2, Fungicides and bactericides.
- Anon 3.* 1999. Guidelines for efficacy evaluation of plant protection products. Volume 1, Insecticides and acaricides.
- Anon 4.* 1999. Guidelines for efficacy evaluation of plant protection products. Volume 1, Herbicides and plant growth regulators.
- Jensen PE & Fertin KJ.* 2002. Weed 2002 Approval. Results from testing of herbicides and growth regulators. Book 1 & 2. Research Centre Flakkebjerg.
- Jensen PE & Fertin KJ.* 2003. Ukrudtsbekæmpelse, nedvisning og vækstregulering i landbrugsafgrøder. Pesticidafprøvning. DJF rapport nr. 85, 2003.
- Jørgensen LN, Nielsen BJ, Jensen KF, Højby M & Paaske K.* 2002. Diseases and insects in

- arable crops 2002. Results from testing of fungicides, insecticides and seed-treatments. Research Centre Flakkebjerg.
- Jørgensen LN.* 2003. Svampesygdomme i korn. DJF rapport, nr. 85. 2003.
- Nielsen BJ.* 1993. Afprøvning af bekæmpelsesmidler i Danmark. Statens Planteavlsvforsøg Årsberetning 1992, 50-53.
- Nielsen BJ.* 2003a. Bekæmpelse af udsædbåren sygdomme i korn. DJF rapport, nr. 85. 2003.
- Nielsen BJ.* 2003b. Bekæmpelse af kartoffelskimmel. DJF rapport, nr. 85. 2003.
- Nielsen S, Jensen PK, Jørgensen LN, Nielsen GC, Paaske K & Jensen JE.* 2003. Vejledning i Planteværn. Landbrugsforlaget. Landbrugets Rådgivningscenter, Skejby, 8200 Århus.
- Paaske K.* 2002. Sygdomme og skadedyr 2002. Resultater af forsøg med fungicider og insekticider i havebrugskulturer. Danmarks JordbrugsForskning, Flakkebjerg.
- Paaske K.* 2003. Skadedyr i landbrugsafgrøder. DJF rapport, nr. 85. 2002.

Status - Plantebeskyttelse i landbruget

Status - Plant protection in agriculture

Carl Åge Pedersen

Landbrugets Rådgivningscenter

Landskontoret for Planteavl

Udkærsvej 15, Skejby

DK-8200 Århus N

Summary

The use of plant protectants is a decisive condition in order to maintain a large and competitive agricultural production in Denmark. Despite the fact that the Danish consumption of plant protectants internationally has been very low, there has been a political desire/demand for reducing the consumption even more through many years.

In 1998, the Bichel-committee concluded that the consumption could be reduced without any financial losses for the agriculture provided that a range of activities was implemented.

Subsequently, the Government introduced the Pesticide Action Plan II, which was to result in a treatment index in 2002 at 2.0, and money for research, development, and advisory activities, which has contributed to the fact that the aim seems to have been reached.

The tight Danish approval procedure has the effect that Danish farmers have fewer pesticides at their disposal than their colleagues in other countries. To some extent, the future common EU approval will remedy this problem. In 2003, the pesticide duty is expected to be approx. 365 mills. DKK. Therefore, Danish agriculture has a competitive disadvantage compared with the colleagues in our neighbouring countries.

The main reason for the discovery of pesticides in the groundwater is the earlier use of pesticides on raw land and pollution from the so-called point sources. That means filling and wash sites etc. Now efforts are directed towards these point sources, and new routines will eliminate the problem in the long term.

The Danish advisory and research system provides the knowledge, which the farmers demand to a great extent. If support and sufficient means for these activities are ensured, Denmark could still be in the lead as to a reliable and targeted plant protection, characterized by a low

consumption of pesticides, which will result in the most profitable plant protection achievable under the present market-wise and politically determined conditions.

Indledning

Anvendelsen af plantebeskyttelsesmidler er en afgørende forudsætning for at opretholde en stor og konkurrencedygtig landbrugsproduktion i Danmark. På trods af, at det danske forbrug af plantebeskyttelsesmidler internationalt set har været meget lavt, har der gennem mange år været et politisk ønske/krav om, at forbruget skulle reduceres yderligere.

Bichel-udvalget konkluderede i 1998, at forbruget kunne reduceres uden økonomiske tab for landbruget forudsat, at en række aktiviteter blev iværksat.

Efterfølgende indførte regeringen Pesticidhandlingsplan II, som skulle resultere i en behandlingshyppighed i 2002 på kun 2,0, og man bevilgede penge til forsknings-, udviklings- og rådgivningsaktiviteter, som har medvirket til, at målet synes at blive nået.

Den stramme danske godkendelsesprocedure bevirker, at danske landmænd har færre pesticider til rådighed end kollegaerne i andre lande. Den kommende fælles EU-godkendelse vil i nogen grad afhjælpe dette problem. Pesticidafgiften forventes i 2003 at blive på 365 mio. kr. Dansk landbrug har derfor en konkurrencemæssig ulempe i forhold til kollegaerne i vore nabolande.

Den væsentligste årsag til fund af pesticider i grundvandet er tidligere tiders anvendelse af pesticider på udyrkede arealer og forurening fra de såkaldte punktkilder. Det vil sige fylde- og vaskepladser m.v. Der gøres nu en indsats mod disse punktkilder, og nye rutiner vil på sigt eliminere problemet.

Det danske rådgivnings- og forskningssystem skaffer den viden, som landmændene efterspørger i stort omfang. Hvis der sikres opbakning og tilstrækkelige midler til disse aktiviteter, vil Danmark fortsat kunne være førende med hensyn til en sikker og målrettet plantebeskyttelse, der vil være præget af et beskedent forbrug af pesticider og resultere i den mest rentable planteproduktion, der kan opnås under de gældende markedsmæssige og politisk fastsatte betingelser.

Hvorfor plantebeskyttelse?

I den offentlige debat er ordene plantebeskyttelse og pesticider blevet negativt ladede. Det er – som regel mikroskopiske – fund af pesticider i grundvand eller vandløb, der får de store avisoverskrifter frem. Ikke fordi sådanne fund indikerer nogen fare for folkesundheden eller for miljøet, men alene fordi vi har svært ved at forlige os med, at den menneskelige aktivitet

sætter sine spor i vore omgivelser. Det er sjældent, at man hører noget om, hvorfor landmænd og andre jordbrugere anvender plantebeskyttelsesmidler.

Det er der faktisk god grund til, idet plantebeskyttelsesmidler sammen med gødningsstoffer og kulturtekniske foranstaltninger er en forudsætning for en stor og sikker landbrugsproduktion af en god kvalitet. Set i et globalt perspektiv er pesticiderne med til at sikre, at der er mad nok til verdens stærkt stigende befolkning. (Som bekendt er det ikke fordi der er for lidt mad i verden, at mange mennesker sultar, men et spørgsmål om fattigdom og manglende infrastruktur).

Man kan godt dyrke jorden uden brug af pesticider, men selv der, hvor det gøres med stor dygtighed og ekspertise – som f.eks. i dansk økologisk jordbrug, må man nøjes med et udbytte, som kun er 2/3 af udbyttet i konventionelt jordbrug.

Mange danske landmænd er indstillet på at dyrke jorden uden anvendelse af pesticider, forudsat forbrugerne vil betale den merpris, der skal til for, at produktionen bliver rentabel, men dels er der jorder og afgrøder, som vanskeligt lader sig dyrke uden brug af pesticider, og dels er der ikke noget, der tyder på, at efterspørgslen efter økologiske produkter indenfor en overskuelig fremtid vil begrunde en økologisk andel af den danske landbrugsproduktion på mere end de nuværende 5 – 10 pct. (p.t. 6 pct. af det dyrkede areal jf. Fødevaredirektoratet, 2002).

Bichel-udvalget

Bichel-udvalget (Miljøstyrelsen, 1998), som kulegravede konsekvenserne af pesticidanvendelsen, kom frem til, at det ville indebære ganske store samfundsmæssige omkostninger at fjerne pesticiderne fra dansk jordbrug. Udvalget konkluderede imidlertid, at selv om det daværende forbrug var langt lavere end i de fleste af de lande, vi normalt sammenligner os med, var det muligt – uden økonomiske tab for landmanden – at reducere forbruget yderligere.

Der var imidlertid en række forudsætninger, som skulle opfyldes, hvis reduktionen skulle ske uden alvorlige økonomiske tab for landmanden. Citat fra Miljøstyrelsen 1999:

”Forskning

Forskning er en kontinuerlig proces, hvor elementer klarlægges over tid. Forskning i udvikling af alternative bekæmpelsesmetoder er i gang på mange felter. Der er ikke p.t. færdigudviklede metoder til rådighed på alle områder, men der er elementer til rådighed, som allerede nu kan inddrages i praksis og være med til at sænke det nuværende pesticidforbrug.

En mere intensiv indsats i forlængelse af de allerede eksisterende forskningsaktiviteter kan bl.a. anbefales på følgende områder:

- Udvikling af alternative metoder til bekæmpelse af udsædsbårne sygdomme.
- Forædling af sorter med god sygdomsresistens, god stråstivhed,

konkurrenceevne over for ukrudt kombineret med højt udbytte og kvalitet.

- Udvikling af modeller til estimering af langsigtet udvikling af ukrudtspopulationen i forskellige sædskifter.
- Videreudvikling af mekaniske metoder, så de bliver mere effektive. Herunder udvikling af selvstyrende radrensere, lugerobotter m.v.
- Udvikling og videreudvikling af skadetærskelmodeller for sygdomme og skadedyr, der inddrager resistensbaserede bekæmpelsesstrategier, alle relevante elementer af forebyggelse og udover økonomi også inddrager miljø. Dette gælder for såvel landbrugsafgrøder som havebrugsområdet.
- Videreudvikling af biologiske bekæmpelsesmetoder.
- Udvikling af dyrkningssystemer, hvor der lægges stor vægt på forebyggende metoder.

Inden for området sprøjteteknik og håndtering af pesticider er det muligt at inddrage metoder til reduktion af afdrift, ligesom der er betydelige muligheder for at minimere eller undgå punktforurening i forbindelse med håndtering, påfyldning, tømning og rengøring af sprøjter.

Rådgivning og uddannelse

For at få formidlet forskningsresultater ud er det vigtigt, at der sker en koordineret indsats for at sikre, at alle tilgængelige informationer kommer ude til jordbrugerne. Følgende elementer er vigtige i denne rådgivning:

- Rådgivning om strategisk planlægning med valg af sort og sædskifte
- Formidling af varslings for sygdomme og skadedyr
- Demonstrationsbrug som illustrerer forskellige beskyttelsesniveauer
- Indøvelse af beslutningsværktøjer og tilgængelighed via f.eks. Internettet
- Etablering af ERFA-grupper med fokus på lavt pesticidforbrug

For at jordbrugeren er modtagelig for denne rådgivning, er det vigtigt, at han kan overføre resultaterne til sin egen bedrift og praksis.

I lighed med den efteruddannelse, der er foregået for at få sprøjtecertifikat eller sprøjtebevis, vil det være nødvendigt, at der løbende tilrettelægges opfølgende kurser, der fokuserer på, hvordan det er muligt at minimere anvendelsen af pesticider.”

Pesticidhandlingsplan II

Som opfølgning på Bichel-udvalgets rapport iværksatte den daværende miljøminister Pesticidhandlingsplan II med følgende hovedmålsætning med hensyn til forbrugets størrelse: Citat fra Miljøstyrelsen 2000:

” Målet for nedsættelse af behandlingshyppigheden vil blive fastsat etapevis. Der etableres et delmål for år 2002 og herefter nye delmål hvert tredje år. Ved evalueringen ved udgangen af 2002 vil der blive fastsat delmål for den kommende 3-års periode.

Beregninger baseret på afgrøde- og pesticidpriser fra 1995/1996 har vist, at den nuværende behandlingshyppighed kan nedsættes til mellem 1,4 og 1,7 inden for 5 - 10 år uden væsentlige drifts- og samfundsøkonomiske tab.

Reduktionsmålet vil være en behandlingshyppighed på under 2,0 inden udgangen af år 2002.”

Virkemidlet til at opnå dette mål var bl.a. statsligt tilskud til forskningsinstitutionerne DJF, FØI og DMU samt landbrugets rådgivningstjeneste til at iværksætte nogle af de aktiviteter, som Udvalget for Jordbrugsdyrkning under Bichel-udvalget havde anbefalet.

Målopfyldelse

Udviklingen i forbruget af plantebeskyttelsesmidler fremgår af nedenstående tabel (Pedersen, 2002).

Tabel 1. Salg af bekæmpelsesmidler. Sale of pesticides.

Hovedgrupper Main groups	Salg i tons aktivstof fra importør eller fabrikant Sale of active agents from importer or manufacturer in tons								
	gns. 1981-85	1990	1994	1997	1998	1999	2000	2001	mål 31/12 2002
Herbicer	4636	3128	2685	2726	2619	1892	1982	2164	-
Vækstregulatorer	238	867	247	104	175	221	204	309	-
Fungicider	1779	1396	892	794	770	715	614	561	-
Insekticider	319	259	95	51	55	46	41	49	-
I alt	6972	5650	3919	3675	3619	2874	2841	3083	-
Behandlingshyppighed (gl.)	2,67	3,56	2,51	2,45	2,27	2,33	2,00	2,09	2,00
Behandlingshyppighed (ny)	-	-	-	2,63	2,40	2,45	2,07	2,19	-

Kursiv angiver det politiske mål, som Folketinget vedtog i marts 2000 med Pesticidhandlingsplan II.

Kilde: Miljøstyrelsen.

Som det ses af tabellen, har erhvervet allerede samme år, som handlingsplanen blev vedtaget, og den forøgede rådgivnings- og forskningsindsats iværksat, reduceret forbruget til det niveau, der var målet i handlingsplanen.

Indsatsen har strakt sig over årene 2000, 2001 og 2002, og den endelige evaluering heraf vil indgå i den afrapportering af Pesticidhandlingsplan II, der skal foreligge medio 2003. Indsatsen overfor primærlandbruget har ligget i regi af rådgivningssystemet i et nært samarbejde med Danmarks JordbrugsForskning og – for demonstrationsejendommenes vedkommende også FødevarerØkonomisk Institut. De meget omfattende aktiviteter kan bl.a. studeres på LandbrugsInfo 2003-01.

Indsatsen har været koncentreret om følgende seks hovedområder (Pedersen, 2002):

1. ERFA-grupper, rådgivning, efteruddannelse og demonstration
2. Videreudvikling af beslutningsstøttesystemer
3. Bedriftsorienteret ukrudtskontrol på konventionelle og økologiske landbrug, herunder ukrudtsbekæmpelse i rækkesåede afgrøder
4. Resistens mod frøbårne svampesygdomme
5. Indsats mod punktkilder
6. Reduktionsplaner på bedriftsniveau.

Det fører for vidt her i detaljer at beskrive alle disse aktiviteter, men de har været med til at ”sætte pesticidanvendelsen på dagsordenen”. Bl.a. er målsætningen om en landsdækkende behandlingshyppighed på 2,0 blevet neddelt til mål for behandlingsindekset for de enkelte afgrøder, så det for den enkelte landmand – selv eller i samarbejde med sin konsulent – på Internettet (LandbrugsInfo 2003-02) at ”benchmarke” sig op mod målsætningen, hvilket på det nærmeste har gjort det til en sport at opnå et lavt behandlingsindeks. Samtidig er der i landbruget blevet en større tolerance med hensyn til at have ukrudt i afgrøden. Man er meget bevidst om, at det er nettoudbyttet, der skal optimeres. Man skal ikke opnå det absolut højeste udbytte. Der skal være dækning for omkostningerne.

Handlingsplanens målsætning synes således at blive opfyldt, men der er – som Bicheludvalget viste – ikke noget større økonomisk incitament for landmanden til at bruge meget tid på konstant at finde ud af, om det nu er nødvendigt at sprøjte og i givet fald, hvor lidt han/hun kan nøjes med. Da bevillingerne til de aktiviteter, som har været med til at motivere til et lavt forbrug, er ophørt, kan vi nemt i de kommende år få en stigning i behandlingsindekset.

Landmanden vil naturligvis ikke reducere forbruget så meget, at det økonomiske resultat bliver mærkbart forringet, og forhold som fremkomst af ”nye skadevoldere” – f.eks. rapsjordløpper – og mere effektive pesticider end dem, der var kendt på det tidspunkt, hvor Bicheludvalget analyserede situationen, kan resultere i, at behovet for bekæmpelse stiger.

Erhvervet har med en relativt beskeden indsats af svampebekæmpelse i sortsafprøvningen accepteret, at ikke sygdomsresistente kornsorter næppe vil blive udbredt i Danmark, men på trods heraf, er det ikke usandsynligt, at behandlingshyppigheden vil stige i det kommende år.

Hvis det skal undgås, er det nødvendigt med en fortsat forstærket forsknings- og rådgivningsindsats.

Revurderingen

Danske landmænd har generelt væsentligt færre pesticider til rådighed end deres udenlandske kollegaer og konkurrenter. Det skyldes den restriktive godkendelsespolitik i Danmark. Denne politik har erhvervets støtte, idet dansk landbrug eksempelvis ikke ønsker at anvende pesticider, som ved regelret brug giver anledning til, at grundvandet ikke kan bruges urensset som drikkevand. (Vel at mærke det egentlige grundvand, og **ikke** – som det har været tilfældet for

adskillige af de fund, der har været omtalt i pressen – prøver udtaget i én til få meters dybde. Det kan næppe undgås, at der i forbindelse med sprækker i jorden under specielle forhold vil kunne ske en vis transport af et udsprøjtet pesticid til ringe dybde. En sådan hændelse er imidlertid kun i helt specielle situationer en trussel mod det egentlige grundvand.)

Generelt er der midler til rådighed til bekæmpelse af ukrudt, sygdomme og skadedyr i de fleste af de arealmæssigt ”store” afgrøder, men på frugt- grøntområdet er der problemer, som danske jordbrugere – i modsætning til deres kollegaer – ikke har mulighed for at løse. Det samme problem gør sig i nogen grad gældende på frøområdet, men Miljøstyrelsen har i en konstruktiv dialog med erhvervet givet – til disse arealmæssigt ”små” afgrøder, der ikke skal bruges som føde eller foder, – ”Off-label godkendelser”. Jf. LandbrugsInfo 2003-03.

Danmark har på denne måde kunnet opretholde sådanne specialproduktioner.

Det forhold, at en række ”gamle” og derfor ofte også relativt billige midler ikke længere er på markedet i Danmark, giver danske landmænd en konkurrencemæssig ulempe.

En anden og nok i virkeligheden større ulempe opstår ved, at nye midler ofte kommer på det danske marked 1 til flere år senere end i andre lande. Dels fordi der i Danmark stilles større krav til dokumentation end i andre lande, og dels fordi firmaerne af og til viger tilbage med at få midlerne godkendt i Danmark af frygt for, at en eventuel afvisning vil smitte af på godkendelser og brug i andre lande. Selvom vi ifølge EU-direktivet har fælles regler for godkendelse af pesticider, erfarer vi fortsat, at de danske myndigheder stiller supplerende krav vedrørende bl.a. metabolitter og risikofaktorer. Dette bør ændres, så nationale særstandpunkter ikke fortsat blokerer for godkendelse af nye produkter i Danmark. Endvidere er det erhvervets ønske, at der åbnes mulighed for gensidig anerkendelse af godkendelser udarbejdet af myndigheder i andre lande, for derved at sikre en hurtigere markedsføring af midler på det danske marked.

Hvis dansk landbrug eksempelvis blot 1 år må undvære et pesticid, som kan øge vinterhvedeudbyttet med 3 hkg/ha, vil det - selv med nutidens lave kornpriser - give et bruttotab på 126 mio. kr. Firmaet, som sælger produktet, vil typisk de første år tage en relativ høj pris for et sådant produkt, hvorfor nettotabet for landbruget måske vil være det halve, altså godt 60 mio. kr., eller 100 kr. pr. ha vinterhvede.

Den fælles EU-godkendelse vil formentlig – i hvert fald delvis – give mere ensartede konkurrencevilkår på dette område.

Pesticidafgiften

I modsætning til de fleste andre lande betaler danske landmænd afgift på de pesticider, de anvender. 31 pct. på ukrudts- og svampemidler og 47 pct. (af pesticidets pris) på midler mod skadedyr. I alt forventes pesticidafgiften i 2003 at indbringe 365 mio. kr. (ca. 135 kr. pr. ha landbrugsjord).

Principielt koster afgiften landmændene lidt mere end som så, idet de ved en lavere pris (altså uden afgift) ville have anvendt lidt mere pesticid og dermed opnået et lidt større udbytte. Et ekstra udbytte, som principielt ville kunne betale for pesticiderne uden afgift, men ikke nok til også at betale afgiften.

Punktkilder

Næsten alle de fund over grænseværdien på 0,1 mikrogram pr. l, der i grundvandet er gjort af pesticider, stammer fra pesticider, som nu er forbudte. Pesticider, som primært er anvendt på udyrkede arealer, vejer særdeles tungt i statistikken.

Meget tyder på, at de fund, der er gjort i egentlige landbrugsområder, primært stammer fra ”punktkilder”, det vil sige vaske- og fyldepladser m.v. Derimod tyder mere og mere på, at den egentlige anvendelse i etårige landbrugsafgrøder kun har bidraget meget beskedent til de grænseoverskridende fund, der er gjort.

En del af indsatsen i de forløbne 3 år er gjort mod disse punktkilder, og der sker nu en radikal ændring i praksis med hensyn til fyldning og vask af sprøjteudstyret. Sprøjterne bliver udstyret med rentvandstanke, så såvel fyldning som vask af udstyret kan ske i marken og på en sådan måde, at der ikke opstår punktkilder. Se eventuelt LandbrugsInfo 2003-04.

Den faglige indsats

Plantebeskyttelsesområdet vil også i de kommende år have høj prioritet i det planteavlsfaglige arbejde i landbruget.

Hvis det skal være muligt fortsat at kombinere en rentabel produktion med et lavt pesticidforbrug, er det behov for, at fortsætte og videreudvikle det igangværende arbejde vedrørende bl.a.:

- Beslutningsstøttesystemer, som f.eks. Planteværn Online (Planteværn Online 2003) og en lang række andre hjælpeværktøjer, som hovedsageligt ligger på Pl@nteInfo, der er udviklet og drives i samarbejde mellem Danmarks JordbrugsForskning og rådgivningstjenesten. (Planteinfo 2003).
- Varsling for skadevoldere, som f.eks. i Planteavlskonsulenternes Registreringsnet. (Registreringsnettet 2002).
- Dynamisk rådgivning om og fokus på pesticidanvendelsen, således som det bl.a. sker i ERFA-grupper over hele landet, og på de faglige møder, der afholdes af landøkonomiske foreninger overalt i landet.
- Bevaring af sammenholdet omkring forsøgsarbejdet, således at der er sikkerhed for, at beslutningsgrundlaget er holdbart og stammer fra uvildige forsøg. Altså det arbejde, som hvert år afrapporteres i Oversigt over Landsforsøgene (Pedersen, 2002). I Danmark er vi i

den unikke situation, at alle firmaer har bakket op omkring dette arbejde. Både med økonomiske tilskud og ikke mindst ved at bygge sin egen rådgivning og markedsføring på resultaterne af disse forsøg. En opbakning, som har gjort det muligt at gøre Danmark til foregangsland eksempelvis med hensyn til brug af nedsatte doseringer.

- Fokus på sprøjteteknikken, så vinddrift kan undgås, også når der sprøjtes helt til kanten af den behandlede mark.
- Fortsat forskning i skadevoldernes biologi, resistens, alternative metoder osv. Altså de emner, som også Bichel-udvalget har peget på.

Danske landmænd er generelt særdeles veluddannede, og på pesticidområdet har de gennemgået obligatoriske kurser og erhvervet sprøjtecertifikat o.l.

De er meget lydhøre overfor de uvildige råd, de kan få hos konsulenterne i de landøkonomiske foreninger. En netop offentliggjort undersøgelse fra Danmarks Statistik (Danmarks Statistik 2002) viser, at landmændene i al overvejende grad henter råd og vejledning hos de stedlige planteavlskonsulenter. Der er således i erhvervet en ganske stor lyst til at praktisere godt landmandskab også på plantebeskyttelsesområdet. Ny viden vil derfor hurtigt blive brugt i praksis.

Litteratur

Danmarks Statistik 2002. Miljø og Energi 2002:24. Danmarks Statistik, København

Fødevarerdirektoratet 2002. http://www.fvm.dk/oko/high_final_oko.asp?page_id=213

LandbrugsInfo 2003-01.

<http://www.lr.dk/applikationer/kate/viskategori.asp?ID=ka00400012000100000400>

LandbrugsInfo 2003-02.

<http://www.lr.dk/applikationer/kate/viskategori.asp?ID=ka00400012000100000100>

LandbrugsInfo 2003-03.

<http://www.lr.dk/applikationer/kate/viskategori.asp?ID=ka00400012000100000200>

LandbrugsInfo 2003-04.

<http://www.lr.dk/planteavl/informationsserier/phpfri/pesticidhaandtering.htm>

Miljøstyrelsen 1998. Udvalget til vurdering af de samlede konsekvenser af en afvikling af pesticidanvendelsen, BICHEL-UDVALGET, Rapport fra hovedudvalget. Miljøstyrelsen, København.

Miljøstyrelsen 1999. Udvalget til vurdering af de samlede konsekvenser af en afvikling af pesticidanvendelsen, BICHEL-UDVALGET, Rapport fra udvalget om jordbrugsdyrkning. Miljøstyrelsen, København.

Miljøstyrelsen 2000. Pesticidhandlingsplan II. Miljøstyrelsen, København.

Pedersen CÅ (red). 2002. Oversigt over Landsforsøgene 2002. Landbrugets Rådgivningscenter, Århus.

PlanteInfo 2003. <http://www.planteinfo.dk>

Planteværn Online 2003.

<http://www.lr.dk/applikationer/kate/viskategori.asp?ID=ka00400012000100000650>

Registreringsnettet 2002.

<http://www.lr.dk/applikationer/kate/viskategori.asp?ID=ka00400012000100001000>

Status – Plantebeskyttelse i gartneri og frugtavl

Status – Plant protection in horticulture and fruit growing

Poul Thage Pedersen

Dansk Erhvervsgartnerforening

Hvidkærvej 29

DK-5250 Odense SV

Summary

The Danish evaluation of pesticides together with the ongoing evaluation of active substances within the EU has resulted in fewer available pesticides in the future. This causes problems for the horticultural sector especially for minor crops where it is expected that the chemical companies will be less interested in the approval of pesticides for this sector in the future. The lack of pesticides makes it difficult for the producers to observe the requirements in the EU Plant Health Directive and the EU quality standards for fruit and vegetables. A solution of this problem is essential in the long term for example by approval of pesticides within defined climatic zones. At the national level a strong co-operation between authorities and the horticultural industry is very important as well as sufficient public funding for research into the use of pesticides to ensure that the necessary documentation is available regarding the approval of new pesticides.

Indledning

Arealet med gartneri- og frugtavlsproduktion er ca. 17.000 ha, hvoraf væksthusearealet udgør ca. 500 ha. Gartneri og frugtavl udgør dermed 0,65% af det samlede dyrkede areal herhjemme. Den samlede produktionsværdi var i 2001 godt 4,5 mia. kr., hvoraf blomsterproduktionen udgjorde 56%, planteskoleprodukter 21%, væksthuse- og frilandsgroentesager 16% og frugt og bær 4%.

Ifølge Dansk Planteværns salgsstatistik udgjorde forbruget af pesticider i gartneri og frugtavl i 2001 ca. 110 t, hvilket svarer til ca. 4% af det samlede forbrug. Samtidig viser beregninger, at forbruget er faldet i perioden 1995 til 1999, mens forbruget af biologiske bekæmpelsesmidler er steget i samme periode. Erhvervet er dermed langt fremme, når det gælder reduktion i anvendelsen af pesticider bl.a. ved at udbrede anvendelsen af biologisk bekæmpelse i de kulturer, hvor det er muligt med det formål at begrænse anvendelsen af pesticider til et minimum.

Et meget synligt resultatet heraf kan bl.a. ses i Fødevaredirektoratets opgørelser over fund af pesticidrester i frugt og grønt, hvor den danske produktion klart indeholder færre pesticidrester end den udenlandske.

Et andet og meget væsentligt tiltag er, at producenterne i stigende grad går over til dokumenteret produktion i form af IP-produktion af frugt og grøntsager samt miljøprogrammet MPS (Milieu Project Sierteelt) for blomster, hvor anvendelsen af pesticider sker under nøje kontrol. Med disse tiltag har gartnerierhvervet gennem en årrække arbejdet målbevidst på at styrke sit image som et miljøbevidst erhverv. Et image, som erhvervet fortsat vil værne om.

Derfor finder erhvervet de danske pesticidafgifter urimelige. Dels fordi de ikke er adfærdsregulerende, dels fordi de er konkurrenceforvridende, idet tilsvarende afgifter stort set ikke findes i vore konkurrentlande.

Bichel-udvalgets konklusioner i relation til gartneri og frugtavl

Af Bichel-udvalgets rapport fremgik, at en total afvikling af pesticidanvendelsen indenfor gartneri og frugtavl ville få store konsekvenser, bl.a. fordi det ville være vanskeligt at overholde EU's plantesundhedsmæssige krav samt EU's handelsnormer for frugt og grønt. Imidlertid byggede vurderingerne på et spinkelt grundlag, som gjorde det vanskeligt at beskrive konsekvenserne ved en afvikling af pesticidanvendelsen.

Bichel-udvalget anbefalede derfor, at gartneri og frugtavl blev inddraget i en fremtidig strategi for reduktion af pesticider, men at der skulle foretages en yderligere konsekvensvurdering på området.

Kirsten Jensen-udvalget

Til at varetage konsekvensvurderingerne indenfor gartneri og frugtavl blev Kirsten Jensen-udvalget nedsat i januar 2001. Udvalget fik til opgave at analysere og vurdere konsekvenserne ved en delvis udfasning af pesticidanvendelsen, og der blev arbejdet med tre hovedområder:

- Dyrkningsmæssige muligheder for at nedsætte pesticidanvendelsen uden væsentlige erhvervs- og samfundsmæssige konsekvenser
- Miljø-, arbejdsmiljø- og sundhedsmæssige konsekvenser af en nedsat pesticidanvendelse
- Reguleringsmæssige aspekter i forhold til produktion i gartneri og frugtavl

Arbejdet viste, at der kan peges på alternativer til anvendelsen af pesticider inden for visse områder f.eks. ukrudtsbekæmpelse i frilandsafgrøder, men også at det i mange tilfælde kræver yderligere forskning eller udvikling af metoderne, før de kan anvendes i praksis. På andre

områder er det vanskeligere at reducere anvendelsen af pesticider. Det gælder f.eks. den del af væksthushproduktionen, hvor der gennem mange år har været anvendt biologisk bekæmpelse, og hvor en yderligere udbredelse heraf vil være vanskelig. Men også på andre områder har det været vanskeligt at pege på reelle alternativer, specielt fordi det er afgørende for produktionen, at skadegørere kan bekæmpes, således at prydplanter kan overholde EU's plantesundhedsmæssige krav, samt at frugt og grøntsager kan overholde EU's handelsnormer. Dertil kommer de krav, som aftagerne stiller til kvaliteten af produkterne. Et særligt område er anvendelsen af vækstreguleringsmidler til potteplanter, som er helt afgørende for at kunne producere et salgbart produkt, og hvor der i dag ikke findes sikre alternativer til den kemiske behandling trods omfattende forskning på området.

Udvalgsarbejdet skulle have været afsluttet og rapporten offentliggjort i oktober 2001. På grund af regeringsskiftet i november 2001 blev dette dog udskudt, og rapporten forventes først offentliggjort i februar 2003. Det var endvidere planlagt, at udvalgsrapporten skulle danne grundlag for udarbejdelsen af en handlingsplan for reduktion af anvendelsen af pesticider indenfor gartneri og frugtavl. Det forventes nu, at rapporten vil indgå i evalueringen af Pesticidhandlingsplan II, som skal foregå i løbet af første halvdel af 2003 samt i udarbejdelsen af sigtelinierne for den fremtidige indsats for reduktion af forbruget af pesticider i jordbruget.

Særlige problemstillinger for erhvervet

Den danske revurdering af pesticider

Den danske revurdering af pesticider har medført, at en række midler af betydning for erhvervet er forsvundet samtidig med, at godkendelsen af nye og mere miljøvenlige midler går meget langsomt. For at løse problemerne omkring manglende midler til gartneri og frugtavl har det gennem de senere år derfor været nødvendigt at ansøge om at få forskellige midler på midlertidige dispensationer, off-label use eller som udvidet anvendelse. Det har løst de fleste problemer på kort sigt, men dispensationer er ikke en tilfredsstillende løsning på længere sigt. Dette begrundet i, at dispensationerne er tidsbegrænsede, den samlede tilladte mængde af midlerne begrænses, samt at der normalt stilles andre restriktive krav med hensyn til anvendelsen. Desuden er der tale om anvendelse af midler på forbudslisten, hvilket ikke er ønskeligt for erhvervet.

EU's revurdering af pesticider

Også EU's revurdering af pesticider får konsekvenser for erhvervet. På nuværende tidspunkt forventes, at næsten halvdelen af de ca. 800 aktivstoffer, som indgår i revurderingen, vil udgå af markedet, når revurderingen er afsluttet. Enten fordi kemikaliefirmaerne ikke har ansøgt om godkendelse af stofferne bl.a. på grund af de omfattende dokumentationskrav, eller fordi en godkendelse ikke kan opnås af f.eks. miljø- eller sundhedsmæssige grunde.

Allerede i 2003 udgår en lang række aktivstoffer af markedet. Det har imidlertid vist sig ikke at medføre de store problemer for gartneri og frugtavl, dels fordi relativt få af disse anvendes indenfor erhvervet, dels fordi der med få undtagelser findes alternativer til de udgående aktivstoffer. At den danske revurdering allerede har været gennemført betyder også, at mange af de aktivstoffer, som nu udgår ved EU-revurderingen og blev brugt i erhvervet, allerede er udgået af det danske marked.

Alligevel forventes EU-revurderingen at få konsekvenser for gartneri- og frugtavlserhvervet. Kun få aktivstoffer er på nuværende tidspunkt blevet godkendt, og det vides ikke, hvor mange af de notificerede aktivstoffer, der reelt vil blive ansøgt om godkendelse af samt hvor mange, der faktisk opnår en godkendelse.

Essential uses

Forsinkelsen i revurderingsprocessen har medført, at Kommissionen har udarbejdet en forordning vedrørende essential uses, det vil sige midler, som er uundværlige for den videre produktion af en kultur, og som udgår af markedet næste år. De danske myndigheder har ønsket fire midler inkluderet, som alle anvendes i havebruget. Det drejer sig om aktivstofferne haloxyfop (Gallant) til ukrudtsbekæmpelse i frøbede i planteskolekulturer, chlorfenvinfos (Birlane) til bekæmpelse af kålfluer, triforin (Saprol) til bekæmpelse af svampesygdomme i kernefrugt og bær samt natriumsølvthiosulfat (Argylene), der anvendes som holdbarhedsmiddel til snitblomster og potteplanter. Det vurderes, at disse aktivstoffer vil dække behovet indenfor gartneri og frugtavl, når de mange aktivstoffer udgår af markedet næste år.

Imidlertid må aktivstofferne på listen over essential uses kun anvendes indtil udgangen af 2007. Senest på dette tidspunkt skal der derfor findes alternativer til midlerne på listen. Selv om der ikke umiddelbart er lagt op til en udvidelse af listen, vil der i takt med, at aktivstoffer udgår som følge af revurderingen, blive behov for enten justering af listen eller en anden løsning for de midler, som udgår af markedet.

Godkendelse af nye midler

Omsætning og handel med pesticider er inde i en udvikling, hvor alle aktiviteter efterhånden samles i nogle ganske få meget store virksomheder. Fælles for disse virksomheder er, at de rationaliserer og koncentrerer deres indsats omkring de produkter, der giver den største indtjening, idet de omfattende dokumentationskrav gør det dyrt at få godkendt et nyt pesticid. Pesticider med en begrænset omsætning, hvilket er tilfældet for dem, som anvendes indenfor gartneri og frugtavl, vil der være ringe interesse for at få godkendt.

Principielt betyder det, at midler, der allerede er på markedet, formentlig forbliver uden at blive vedligeholdt. Såfremt myndighederne på et tidspunkt forlanger ny dokumentation, vil

resultatet sandsynligvis blive, at midlet bliver trukket tilbage og forsvinder fra det danske marked.

Nye aktivstoffer vil formentlig udelukkende blive udviklet og registreret indenfor landbrugsområdet, mens der ikke vil blive anvendt ressourcer til registrering i afgrøder indenfor gartneri og frugtavl. EU-revurderingen samt godkendelse af nye midler vil medføre problemer for havebruget, som dækker et stort antal mindre kulturer.

Et andet væsentligt aspekt er, at der med et meget begrænset antal midler til rådighed er stor risiko for, at der opstår resistens. Det gælder for eksempel i relation til bekæmpelse af *Fusarium*, *Phytophthora* og meldug, hvor der kan konstateres resistens over for mange af de gamle midler, og hvor nye har været længe undervejs. Det er derfor vigtigt, at der er flere midler at vælge mellem, når skadegørerne skal bekæmpes.

Fremtidige løsningsmuligheder

De problemer, der også fremover vil være med at få godkendt midler til erhvervet, er ikke kun en realitet i Danmark men også i de øvrige europæiske lande. Selvom gartneri og frugtavl i mange lande udgør en langt større del af det samlede jordbrug end herhjemme, er området også i disse lande sandsynligvis for lille til, at kemikaliefirmaerne vil satse på disse kulturer. Det er derfor nærliggende at søge at samarbejde mellem landene om fælles løsningsmodeller.

I forbindelse med revisionen af EU's direktiv om plantebeskyttelsesmidler har muligheden for godkendelse af plantebeskyttelsesmidler inden for nærmere definerede klimazoner været drøftet. Set fra erhvervets synspunkt vil dette være et positivt tiltag specielt i relation til de mindre kulturer. Det betyder, at der ikke skal indsendes dokumentationsmateriale i hvert enkelt land, men at der med én enkelt ansøgning kan søges om godkendelse i flere lande. Erhvervet håber således, at der med denne forenklede godkendelsesprocedure vil være større sandsynlighed for, at kemikaliefirmaerne vil bringe midler til gartneri og frugtavl på markedet.

Det er dog her afgørende, at de nationale myndigheder accepterer en sådan godkendelsesprocedure. I Danmark er der stor fokus på de vandmiljømæssige forhold i forbindelse med godkendelse af pesticider, hvilket har medført, at kravene til dokumentation er mere restriktive end i andre lande. En højere grad af accept af data fra de øvrige EU-medlemslande er derfor nødvendig, hvis en godkendelsesprocedure, som skitseret, skal blive en realitet herhjemme. For erhvervet er det således vigtigt, at reglerne for godkendelse harmoniseres.

Allerede nu er der indledt et samarbejde mellem myndighederne i nogle af EU's medlemslande om oprettelse af en database indeholdende oplysninger vedrørende effektivitetsforsøg og restkoncentrationsanalyser med henblik på, at sådanne data kan udveksles i forbindelse med godkendelsesansøgninger. Det forventes, at også Miljøstyrelsen vil gå aktivt ind i dette sam-

arbejde både med de øvrige landes myndigheder men også med erhvervet, så det sikres, at der er fuld klarhed over de krav, myndighederne stiller til dokumentationsmaterialet.

Også i erhvervet er der kontakt med producentorganisationer i andre lande med henblik på udveksling af data i de tilfælde, hvor producenterne selv har stået for f.eks. restkoncentrationsanalyser.

Herhjemme stiftede Dansk Erhvervsgartnerforening for nogle år siden firmaet Grøn Plantebeskyttelse i et forsøg på at afhjælpe erhvervets problemer med at sikre de nødvendige pesticider. Det sker bl.a. ved, at Grøn Plantebeskyttelse i dag har en aftale med et kemikaliefirma, som betyder, at Grøn Plantebeskyttelse står for bl.a. etikettering, distribution til forhandlere, markedsføring og rådgivning omkring pesticiderne. Der er hermed flyttet nogle opgaver og dermed omkostninger fra kemikaliefirmaet til Grøn Plantebeskyttelse for de pesticider, som firmaet ikke længere ønsker at bruge ressourcer på.

Grøn Plantebeskyttelse står endvidere selv for salg af visse af de midler, hvor dispensationerne fra Miljøstyrelsen kræver en afrapportering omkring anvendelsen. For alle andre midler sker salget fortsat gennem erhvervets normale leverandører. Den ændrede struktur i kemikaliebranchen medfører dog, at der hersker stor usikkerhed om, hvilken rolle Grøn Plantebeskyttelse vil kunne spille fremover.

For at sikre de nødvendige plantebeskyttelsesmidler på længere sigt er det dog helt afgørende, at godkendelsesproceduren ændres. Erhvervet ser derfor frem til, at der i forbindelse med revisionen af direktivet om plantebeskyttelsesmidler skabes mulighed for godkendelse indenfor klimazoner, som på nuværende tidspunkt vurderes at være den bedste løsning på erhvervets problemer med manglende midler. Et godt samspil mellem myndigheder og erhvervet er dog meget vigtig, og ikke mindst er det i relation til forskning altafgørende, at der i offentligt regi afsættes de fornødne basisbevillinger specielt til Danmarks JordbrugsForskning, Flakkebjerg, så rammerne er til stede til gennemførelse af den nødvendige forskning vedrørende pesticidanvendelse. Det er således meget væsentligt for erhvervet, at der på Flakkebjerg udføres effektivitetsforsøg, og at resultaterne heraf videreformidles til erhvervet. Dertil kommer den afgørende betydning, som Flakkebjerg har i forbindelse med godkendelse af nye midler, idet der herfra leveres den nødvendige dokumentation til myndighederne.

Litteratur

Miljøstyrelsen 1998. Udvalget til vurdering af de samlede konsekvenser af en hel eller delvis afvikling af pesticidanvendelsen. Bichel-udvalget. Rapport fra hovedudvalget.

Fødevareredirektoratet 2002. Pesticidrester i danske fødevarer 1999 – resultater fra den danske pesticidkontrol. Fødevarerapport 2000:29.

Dansk Planteværn 2001. Salgsstatistik 2001.

Miljøstyrelsen 2000. Kommissorium for udvalg til vurdering af konsekvenserne af en nedsat pesticidanvendelse i gartneri og frugtavl.

EU-Kommissionen 2002. Kommissionens forordning (EF) Nr. 2076/2002 af 20. november 2002 om forlængelse af den periode, der er angivet i artikel 8, stk. 2, i Rådets direktiv 914/91EØF, og om afvisning af optagelse af visse aktive stoffer i bilag 1 til dette direktiv og tilbagetrækning af godkendelser af plantebeskyttelsesmidler, der indeholder disse stoffer. De Europæiske Fællesskabers Tidende L 319/3, 23.11.2002.

Status – Plantebeskyttelsesforskning i Danmark

Status – Research into plant protection in Denmark

Jørgen Jakobsen

Danmarks JordbrugsForskning

Afdeling for Plantebeskyttelse

Forskningscenter Flakkebjerg

DK-4200 Slagelse

Summary

Research into plant protection contains a number of different subjects and themes. Specialisation and cooperation are needed both nationally and internationally if qualified research in this area is to be maintained in Denmark. Danish plant protection practice and the research that has contributed to this practice attract international attention. This particularly applies to the targeted effort that industry, advisory service, and research have made to limit agricultural use of pesticides. The same applies to the close cooperation between advisory service and research for which there is a tradition in Denmark.

However, research and expertise concerning plant protection are not only directed at Danish plant protection practice but also contribute to the land-use policy and contingency support and the control measures that are included in the international trade in plants and plant products and that are crucial to the important export of potted plants, seed, and potatoes for farm seed and other plant products.

In connection with the current efforts to adjust the research within the public sector in Denmark, politicians, ministries, and industry should – together with the involved research institutions - agree on a long-term action plan for the future research effort and on which parts of this should be financed by the State and the industries.

Indledning

Mit ærinde med dette indlæg er dels nostalgisk - det er den tyvene danske Planteværnskonference - og dels begrundet i den aktuelle diskussion om sektorforskningens fremtidige rolle i det danske forskningslandskab og de konsekvenser, der kan være, hvis der sker dramatiske ændringer i vilkårene for den fremtidige (plantebeskyttelses) forskning i Danmark.

Jeg har tilstræbt at forholde mig til kendsgerninger, men jeg har foretaget et selektivt udvalg af de mange aspekter, der er knyttet til den forskning – både aktuelt og historisk, men har tilstræbt, at det er sket på en redelig måde.

Indlægget skal også ses som et bidrag til de aktuelle forskningspolitiske overvejelser, og mit ærinde i denne sammenhæng er at argumentere for, at investering i forskning – også inden for plantebeskyttelse er vigtig, hvis der skal være mulighed for at håndtere fremtidens problemer på en kompetent måde. Samtidig vil jeg prøve at illustrere, at forskningsekspertise ikke er noget man opbygger fra den ene dag til den anden. Der drejer sig om at kunne et håndværk og at være bekendt med, hvad der er publiceret og have et netværk, nationalt og internationalt.

Mit ærinde er også at argumentere for, at den tradition, der er for et snævert samarbejde mellem rådgivningstjeneste og sektorforskningen i Danmark - ikke mindst på plantebeskyttelsesområdet, ikke tabes på gulvet i forbindelse med den forestående reorganisering af forskningen i Danmark. Samtidig hilser jeg en større integration mellem sektorforskning og universitetsforskning velkommen.

Hvad er plantebeskyttelse?

Plantebeskyttelse omfatter virus, bakterier, svampe, nematoder, mider, insekter, ukrudt, antagonist, nyttedyr, resistente/konkurrencedygtige sorter, skadetærskler, prognose, varslings, pesticider deres effekt og optimale anvendelse, personlige værnemidler, og de utilsigtede miljøeffekter på flora og fauna, og rester i afgrøder, jord og vand, toksinproducerende organismer, og så omfatter det i Danmarks JordbrugsForskning også bier og bisygdomme. Der er således tale om en meget bred vifte af specialer, og det kan man naturligvis ikke dække fuldt og helt, selv ikke på en relativ stor afdeling. Derfor er litteratursøgning, kontakter og samarbejde nationalt og internationalt af afgørende betydning.

Plantebeskyttelse er i Danmark koncentreret om land- og havebrug, men også i skoven og i landskabet kan plantebeskyttelse være af afgørende betydning.

Plantebeskyttelse er også anvendelse af pesticider. I de privilegerede lande er det én meget afgørende del af plantebeskyttelsen, men det gælder ikke eller kun i ringe grad i udviklingslande. Samtidig skal det imidlertid understreges, at det også kan lade sig gøre uden. Det har udviklingen af økologisk jordbrug tydeligt demonstreret. Det er ikke uden omkostninger at gennemføre denne driftsform, men den giver inspiration og demonstrerer, at der er andre mekanismer end anvendelse af kemiske midler, der kan hæmme/kontrollere skadegørere. Dermed har den økologiske produktion bidraget til, at man nu i den konventionelle produktion er langt mere orienteret i forhold til integreret plantebeskyttelse (IP) med langt større opmærksomhed over for andre indsatser, der kan begrænse problemerne med skadegørere. Det gælder sædskifte, jordbearbejdning, valg af modstandsdygtige/konkurrencestærke sorter, alternative

bekæmpelsesforanstaltninger i form af mekanisk ukrudtsbekæmpelse og biologisk bekæmpelse af sygdomme og skadedyr, samtidig med at der lægges afgørende vægt på udvikling af metoder til prognose og varsling og behovsbaseret anvendelse af kemiske midler i doseringer afpasset til den aktuelle behandlingssituation.

Den udbredte og effektfulde anvendelse af kemiske plantebeskyttelsesmidler har haft betydelige følgeomkostninger af utilsigtet karakter. Mest iøjnefaldende har dette gjort sig gældende ved udbredt forurening af grundvandet med betydelige direkte omkostninger som konsekvens. Her er der i høj grad tale om fortidens synder, og der gøres en målrettet indsats både i forbindelse med godkendelse og anvendelse af pesticider for at undgå gentagelser af disse synder. Samtidig må det imidlertid erkendes, at man ikke kan anvende pesticider uden, at disse kan spores både som rester i afgrøder og i jord og vand. Det afgørende er, at denne forekomst begrænses til det, der er sundheds- og miljømæssigt forsvarligt.

I hvilken udstrækning pesticidanvendelse har påvirket flora og fauna i det dyrkede land og dets omgivelser er genstand for løbende diskussion. At intensive produktionsformer påvirker flora og fauna er evident, men det er vanskeligt at isolere effekterne fra de enkelte dele af denne produktionsform. En særlig opmærksomhed er der over for de effekter, som pesticidanvendelse indebærer over for de naturlige reguleringsmekanismer, der bidrager til at begrænse angreb af sygdomme og skadedyr.

Pesticider er giftige, og derfor er det vigtigt, at de mennesker, som er beskæftiget med anvendelse af pesticider, bruger de nødvendige værnemidler for at undgå, at de bliver belastet i et uacceptabelt omfang. Derfor indgår undersøgelser af betydningen af brug af forskellige værnemidler som en del af den forskning, der udføres ved Danmarks JordbrugsForskning.

Formidling af viden herunder udvikling af beslutningsstøttesystemer, der skal sikre en optimal udnyttelse af foreliggende viden, er et andet meget vigtigt aspekt ved plantebeskyttelse.

Hvor foregår det?

Det er indlysende, at det ikke er muligt at udvikle ekspertise og opretholde ekspertise på alle disse områder i én institution. Derfor er samarbejde/arbejdsdeling nationalt og internationalt af afgørende betydning – herunder mulighederne for at deltage i internationale faglige møder/konferencer. I Danmark sker den største samlede indsats inden for plantebeskyttelsesforskningen ved Afdeling for Plantebeskyttelse ved Danmarks JordbrugsForskning, Flakkebjerg, men også ved KVL og Risø foregår der en betydelig indsats. Hertil kommer den forskning, der foregår inden for rådgivningstjenesten – en forskning, der primært er knyttet til markforsøg på en række lokaliteter rundt om i landet. Der er et meget tæt samarbejde mellem rådgivningstjenestens indsats vedrørende plantebeskyttelse og den forskning, der foregår ved Danmarks JordbrugsForskning, Flakkebjerg. Der foregår også en række forskningsaktiviteter

ved DMU, GEUS, Forskningscenter for Skov og Landskab og universiteter, der vedrører plantebeskyttelse eller er beslægtet hermed. Der et tæt samarbejde med Plantedirektoratet om forhold vedrørende karantæne, skadegørere og offentlig bisygdomsbekæmpelse. Derudover har Afdeling for Plantebeskyttelse et tæt samarbejde med Miljøstyrelsen i tilknytning til den officielle godkendelse af pesticider.

Når den største indsats inden for plantebeskyttelsesforskningen foregår inden for Danmarks JordbrugsForskning, skyldes det historiske årsager. På baggrund af forskellige meget alvorlige problemer med sygdomme og skadedyr i begyndelsen af forrige århundrede besluttede Det Kgl. Danske Landhusholdningsselskab og De Danske Landboforeninger på initiativ af professor Kølpin Ravn, KVL at etablere en selvstændig institution, der skulle arbejde med aktuelle problemer vedrørende plantebeskyttelse. Denne institution omfattede i første periode alene sygdomme og skadedyr, men ukrudt blev senere inddraget blandt andet på baggrund af udvikling af kemiske midler til ukrudtsbekæmpelse. Dette førte igen til, at der blev etableret en selvstændig afdeling for ukrudtsbekæmpelse først placeret i Skovlunde og efterfølgende i Flakkebjerg. Med etableringen af Forskningscenter Flakkebjerg i 1997 blev aktiviteterne inden for plantebeskyttelse igen samlet i en enhed, inklusive aktiviteterne vedrørende biavl og bisygdomsbekæmpelse, som havde sit udspring i det daværende Statens Plantepatologiske Forsøg, etableret på initiativ af Christian Stapel – en fremtrædende skikkelse i dansk plantebeskyttelsesforskning og formidling. Denne koncentreret af dansk plantebeskyttelsesforskning ved Danmarks JordbrugsForskning er blandt andre årsager ikke mindst betinget af det tætte samarbejde, der har været med jordbrugets rådgivningstjeneste, og som er blevet intensiveret gennem de seneste årtier. Baggrunden for dette tætte samarbejde er ikke mindst betinget af, at der fra begyndelsen var en stærk satsning på formidling af viden om plantebeskyttelse på en hurtig og direkte måde i forhold til konsulenter og praktikere. At der blev lagt stor vægt på denne formidling fremgik af, at der var en selvstændig oplysningsafdeling ved Statens Plantepatologiske Forsøg og Statens Ukrudtsforsøg helt frem til 1980'erne, hvor disse aktiviteter blev overtaget af Landskontoret for Planteavl/Landbrugets Rådgivningscenter.

Medvirkende til den omfattende forskningsindsats vedrørende plantebeskyttelse ved Danmarks JordbrugsForskning er også, at der foretages en relativt omfattende kontraktforskning og effektivitetsafprøvning af pesticider for agrokemiske firmaer.

Nye problemer kommer til og andre forsvinder

Plantebeskyttelse omfatter problemer, som altid er der. Det er sikkert, at ukrudt er kommet for at blive, og gør man ikke noget for at begrænse det, ja så bliver udbyttet pauvert. Andre problemer er af mere kortvarig og mere iøjnefaldende karakter. Baggrunden for at der i 1906 blev etableret en selvstændig sektorforskningsinstitution for plantebeskyttelse, som senere blev til Statens Plantepatologiske Forsøg placeret på Dronningens Vænge i Sorgenfri, var omfattende angreb af fritfluer specielt i Jylland i begyndelsen af 1900-tallet samt angreb af hvedens brun-

rust og den dertil knyttede berberisfejde, som delte den plantepatologiske ekspertise i to uforsonlige lejre.

Problemerne med fritfluerne var snævert knyttet til den udbredte dyrkning af havre, og de voldsomme angreb dengang betød en katastrofal mangel på foder.

Siden har indsigt i skadedyrets biologi samt ændret afgrødesammensætning reduceret problemerne med fritfluer til et marginalt problem. Et andet meget alvorligt skadedyr var kålfluer, som i generationer var et ødelæggende skadedyr i kålroemarkerne specielt i Jylland. Kålfluer spiller nu kun en rolle i grønsagsproduktionen, fordi kålroer for længe siden blev udkonkurreret af runkelroer/fodersukkerroer, som senere igen stort set er forsvundet til fordel for dyrkning af majs. Majs giver så anledning til, at et andet skadedyr – havrecystenematoden - nu igen spiller en rolle som skadedyr efter i en længere periode at have haft en marginal betydning. Igen fordi afgrødesammensætningen ændrer sig, men også fordi forskningen bidrog til, at der blev udviklet sorter, som var resistente over for dette skadedyr - her i form af professor Sigurd Andersens banebrydende forskning ved KVL i midten af forrige århundrede.

Endelig er det også værd at fremhæve, at problemerne med dette skadedyr blev reduceret, fordi ensidig bygdyrkning førte til, at der blev opformeret mikroorganismer, som fungerede som ”naturlige fjender” overfor dette skadedyr.

I 1960'erne forekom der meget tabsgivende angreb af saddegalmyg fortrinsvis på Lolland Falster. Hvad årsagen var til, at dette skadedyr optrådte som en alvorlig skadegører i en tiårs periode for dernæst næsten at forsvinde, er stadig en gåde. Ændringer i afgrødevalg kan have bidraget hertil, men det synes ikke at være en fyldestgørende forklaring på saddegalmyggens kortvarige status som alvorlig skadegører. I 1960'erne blev meldug og bladlus de helt afgørende problemer i kornafgrøder – hvorfor? Den intensive anvendelse af kvælstof, som gav frodige, tætte afgrøder, er her den væsentlige forklaring, men også fremkomsten af effektive bekæmpelsesmidler har bidraget til, at der var særlig opmærksomhed overfor disse problemer – en opmærksomhed, der stadig gør sig gældende.

Plantepatologisk skete der et gennembrud, da det blev påvist, at en række alvorlige sygdomme skyldes angreb af virus. Det egentlige gennembrud for etablering af plantevirologien skete efter anden verdenskrig med særlig fokus på virussygdomme i kartofler og roer men også i en lang række andre afgrøder.

Der kommer stadig nye problemer til. I de seneste år i form af rhizomania – en virussygdom i bederoer og *Dreslera tritici repentis* (DTR) - en svampesygdom i hvede.

Ser vi på væksthudyrkningen er billedet endnu mere flimrende, fordi den omsiggribende globalisering betyder, at nye skadegørere bliver indslæbt på trods af omfattende plantesundhedsforanstaltninger nationalt og internationalt.

Plantesundhed og kontrol

Dansk plantebeskyttelse har spillet en central rolle i opbygningen af foranstaltninger både nationalt og internationalt for at begrænse spredning af alvorlige planteskadegørere med institutleder H. Rønde Kristensen ved Statens Plantepatologiske Forsøg, som en af de, der har bidraget markant til denne opbygning både i European Plant Protection Organisation (EPPO) og efterfølgende i EU. Denne udvikling fandt sted efter anden verdenskrig, hvor fødevarer var en mangel, og hvor der visse steder/i visse perioder forekom sult. Det førte til dannelse af EPPO. Blandt de første problemer, som den nydannede organisation arbejdede med, var kartoffelcystenematoden – en skadegører, der kan umuliggøre en intensiv kartoffelproduktion. Dette skadedyr blev indslæbt fra Sydamerika i begyndelsen af det nittende århundrede og kom i fokus i årene efter anden verdenskrig, hvor kartoffeldyrkning var afgørende for at sikre fødevarerforsyningen ikke mindst i Holland. Forskning og opfølgende foranstaltninger har bidraget til, at dette skadedyr trods alt ikke har formået at begrænse kartoffeldyrkningens omfang væsentligt. Det skyldes dels udvikling af effektive kemiske bekæmpelsesmidler (som nu er forbudt i de fleste lande, fordi anvendelsen af disse midler medfører risiko for alvorlig grundvandsforurening) og dels forædling af kartoffelsorter, som er resistente overfor denne skadegører.

Blandt de mange sygdomme og skadedyr, der efterhånden er kommet på listen over farlige skadegørere og derfor er underkastet internationale karantæneforanstaltninger, skal jeg blot nævne nogle få aktuelle eksempler – ringbakteriose, førnævnte rhizomania, egens visnesyge og fyrrevedsnematoden.

Ringbakteriosen og de dermed indførte foranstaltninger har præget dansk kartoffelavl mere end nogen anden skadegører. Den hærgede dansk kartoffelavl i de seneste årtier af forrige århundrede og var en reel trussel for en fortsat produktion af danske læggekartofler. Ved en stor fælles indsats mellem forskning, kontrol, rådgivning og erhverv er det imidlertid lykkedes at få elimineret problemerne med ringbakteriose og derved bevare den danske læggekartoffelproduktion. Det har været dyrt, men i forhold til værdien af læggekartoffelproduktionen har det været pengene værd – tror jeg! Der har nemlig aldrig været gennemført en egentlig cost/benefitanalyse.

Den anden aktuelle skadegører, som jeg vil kommentere, er egens visnesyge, der forårsages af en svamp. Den forekommer alene i USA, og i visse dele af landet optræder den epidemisk. USA er en stor eksportør af træ både i form af tømmer og flis (chips). For at undgå at denne eksport medfører, at sygdomme og skadedyr følger med, er der indført en række betingelser for denne eksport. For egens visnesyge betyder det, at flisen kun må indeholde ved og ikke bark, eller at den skal varmebehandles. International handel er i globaliseringens tidsalder overvældende. Det gælder også handel med træflis, som de danske elværker importerer. Derfor er der blandt plantepatologer/skovejere/offentlige myndigheder stor ængstelse for, at denne import indeholde risiko for/kan medføre, at egens visnesyge bliver transporteret til andre

lande – Europa/Danmark med konsekvenser over for egetræsbeplantninger på linie med det, der var tilfældet, da elmesygen for alvor begyndte at hærge det danske landskab i firserne – blot med den forskel, at egen er så meget mere dyrket end elm. Også her er cost/benefit en reel problemstilling, og umiddelbart kan man sige, at omkostningerne ved et epidemisk angreb af egens visnesyge i Danmark eller andre lande er så uoverskueligt store, at man burde forbyde import af flis eller andre træprodukter, der udgør en sådan trussel. Men hvad hjælper det, at Danmark forbyder en sådan import, hvis andre lande accepterer importen. Så er risikoen for, at vi får visnesygen til Europa stadig reel, og er den først kommet til Europa – ja så vil mulighederne for, at den spredes til andre lande – herunder Danmark, være stor.

Endvidere kræver internationale handelsaftaler, at det skal dokumenteres, at en import betyder en reel trussel. Ellers kan/bliver nationale foranstaltninger opfattet som en ”teknisk handelshindring”, med de konsekvenser det har. Eksemplet blot for at understrege vigtigheden af det internationale samarbejde, samt at der forskningsmæssigt kan skabes grundlag for, at der foretages rationelle og effektive foranstaltninger. Risikoen for spredning af sådanne alvorlige skadegørere kan illustreres med en anden aktuel skadegører. Det drejer sig om fyrrevedsnematoden, som er et skadedyr, der lever i træet sikar, og som i symbiose med en svamp danner propper i træets ledningsstreng og derved hurtigt visner og dør. Denne nematodart forekommer almindeligt i USA og Canada, og her er der udviklet en balance mellem skadegører og træer, som betyder, at nematoden ikke optræder som et epidemisk skadedyr. Dette var ikke tilfældet i Japan, hvortil nematoden blev indslæbt – formentlig i forbindelse med anden verdenskrig. Det betød, at tusindvis af kvadratkilometer fyrretræsskov blev ødelagt i løbet af et enkelt årti. Det førte naturligvis til, at de ansvarlige myndigheder og forskere – ikke mindst i vore nordiske nabolande – gennemførte foranstaltninger og undersøgelser, der kunne bidrage til at belyse risikoen for, at noget lignende kunne ske i Europa eller andre lande. Det førte igen til karantæneforanstaltninger for handel med træ/træprodukter for arter, der kan angribes af fyrrevedsnematoden. På trods af dette blev angreb af fyrrevedsnematoden konstateret i Portugal i 1999, og det viste sig, at der i et område nær Lissabon på mange kvadratkilometer var tale om noget, der havde karakter af et epidemisk angreb. Der blev sat store ressourcer ind på at inddæmme dette angreb sideløbende med, at der i andre EU-lande blev foretaget stikprøveundersøgelser i et betydeligt omfang. Det har været dyrt med de foranstaltninger, som er foretaget i Portugal, og det har været et problem for de nationale myndigheder at få de ansvarlige politikere til at bevilge de nødvendige ressourcer. Samtidig kan det konstateres med forløbet i Japan som grundlag, at spredes fyrrevedsnematoden i Europa, og er der betingelser tilstede for epidemiske angreb, ja så er omkostningerne herved fuldstændigt uoverskuelige. Igen er forskning/kontrol af afgørende betydning for dimensionering af den indsats, der bør gøres, og internationalt samarbejde er en forudsætning for, at indsatsen har mening.

Status for dansk plantebeskyttelse

Dansk plantebeskyttelse har i de sidste årtier været præget af bestræbelserne på at udvikle metoder og strategier, der kunne danne grundlag for en behovsbaseret bekæmpelsesindsats, således at anvendelsen af pesticider blev begrænset til de nødvendige behandlinger og de nødvendige doseringer. Denne udvikling er blevet intensiveret af den folkelige og politiske bekymring over de mulige utilsigtede konsekvenser ved jordbrugets anvendelse af pesticider, som efterfølgende er blevet udmøntet i Pesticidhandlingsplan I og II.

Fastsættelse af skadetærskler, udvikling af prognose-varslingsmetoder, undersøgelser af den optimale anvendelse af pesticider med tilhørende doseringsnedsættelse i forhold til de enkelte sorters tolerance/resistens over for skadegørere, udvikling af biologiske bekæmpelsesmetoder og ikke-kemiske metoder til bekæmpelse af ukrudt, samt undersøgelser af pesticidernes utilsigtede effekter og forekomst har i den grad præget plantebeskyttelsesforskningen ved Danmarks JordbrugsForskning, så det har givet anledning til international opmærksomhed.

Igen har denne indsats været præget af et tæt samspil mellem forskning og rådgivning. Et samspil der blandt andet har resulteret i udvikling af PC-Planteværn/Planteværn Online. Disse beslutningsværktøjer har også givet anledning til international opmærksomhed og er blevet ”oversat” til de baltiske lande og Polen. Der pågår p.t. forhandlinger med Norge og Sverige om at eksportere Planteværn Online til disse lande.

Plantebeskyttelse og planteproduktion

Hvor meget kan det egentlig betale sig at investere i plantebeskyttelse i fremtiden? Det kan man naturligvis ikke få endegyldigt svar på, kun kvalificerede skøn. For dansk planteavl i land-, have- og skovbrug er det bedste skøn, der foreligger, det som blev udarbejdet af det såkaldte Bichel-udvalg.

Dette udvalg beskæftigede sig imidlertid ikke med effekten af den samlede indsats vedrørende plantebeskyttelse men alene med den del af plantebeskyttelsen, som er knyttet til anvendelsen af pesticider. Udvalget satte kun tal på værdien af den salgbare produktion og ikke det, som vedrører den ikke salgbare del af ”skov- og landskab”.

Udvalgets konklusion var, at udfasning af pesticider ville indebære et produktionstab på mellem 10 og 25 procent af den samlede produktion, men at der var visse produktioner som f.eks. betydelige dele af produktionen af frilandsgrønsager, frugt og bær og væksthusproduktionen, som ikke kunne opretholdes, hvis der ikke var adgang til de nødvendige bekæmpelsesmidler.

Lægger man oven i dette estimat betydningen af en fortsat udnyttelse og udvikling af plantebeskyttelsen, som ikke er knyttet til anvendelse af pesticider, så vil den samlede værdi af

plantebeskyttelse formentlig repræsentere en værdi, som svarer til 25 procent af værdien af den samlede planteproduktion - med understregning af den usikkerhed, der er indeholdt i sådanne skøn.

Hvordan får vi mest for pengene?

Et skøn vil således føre til, at en fjerdedel af udbyttet af planteproduktionen er afhængig af plantebeskyttelse i den ene eller anden form. Hvad det betyder økonomisk afhænger helt af værdien af planteproduktionen. Den aktuelle værdi af dansk planteproduktion er i 2001 opgjort af Danmarks Statistik til at være 20.457 mio. kr.

Det er naturligvis ikke gratis at udføre plantebeskyttelse. Det koster udgifter til løn, maskiner og bekæmpelsesmidler at gennemføre den praktiske plantebeskyttelse på de enkelte produktionsenheder. Dertil kommer udgifter til myndigheder, rådgivning og forskning samt udgifter, der er knyttet til deltagelse i det internationale samarbejde. Oveni kommer de udgifter, der er en følge af, at der optræder utilsigtede effekter ved anvendelse af pesticider eller andre bekæmpelsesforanstaltninger.

Bichel-udvalget beregnede således, at udgifterne til investering i omlægning af vandforsyning eller oprensning af pesticidforurenset grundvand vil beløbe sig til mellem 96 og 183 mio. kr. årligt. Omkostningen er afhængig af, om rensning medtages som afhjælpende foranstaltning. Hertil kommer de ikke kvantificerbare udgifter til påvirkning af sundhed og miljø i øvrigt.

Det er derfor ikke muligt at beregne sig til et meget præcist tal for nettoværdien af plantebeskyttelse i dansk jordbrug, men man kan blot konkludere, at dansk planteproduktion ikke kan opretholdes som en rentabel produktion med mindre, der anvendes en aktiv plantebeskyttelse.

Endvidere kan det fastslås, at omkostningerne ved den samlede indsats vedrørende plantebeskyttelse helst skal være markant mindre end den gevinst, der opnås ved at anvende plantebeskyttelse i praksis for, at der er incitamenter for offentlig og erhvervsmæssig finansiering af denne indsats.

Hvad koster plantebeskyttelse i Danmark?

Der foreligger ikke en tilgængelig statistik, der kan belyse, hvad de samlede omkostninger inden for plantebeskyttelse i Danmark beløber sig til. Disse omkostninger omfatter den officielle forvaltning – primært godkendelse af pesticider, national og international kontrol, karantæneforanstaltninger, forskning, undervisning og rådgivning samt de direkte udgifter, der er knyttet til den egentlige plantebeskyttelse på bedriftsniveau.

Vi kender udgifterne til jordbrugets indkøb af pesticider og udbringningsudstyr, og der kan gives temmelig præcise skøn over omfanget af den arbejdskraft, der anvendes til bekæmpelse. Det burde således være muligt at gennemføre en cost/benefitanalyse, der kan give os et nogenlunde sikkert skøn over, hvad det koster, og hvad vi får ud af vores aktuelle plantebeskyttelsesindsats. Jeg vil opfordre til, at økonomisk ekspertise ser på denne opgave.

Som tidligere nævnt, hviler forskning på internationalt samarbejde, og det er naturligvis muligt, at man i vid udstrækning er i stand til at importere viden fra andre lande, således at vi i stedet for dansk forskning i større omfang vil hente viden og ekspertise fra udlandet. Det er imidlertid ikke gratis i det lange løb at importere denne viden. Nogen skal jo i sidste instans betale. Endvidere er det ikke uden omkostninger at basere dansk plantebeskyttelsespraksis på udenlandske resultater. Disse resultater skal i større eller mindre grad ”oversættes”.

Hvem skal betale? Det er et varmt tema i den aktuelle debat om sektorforskningen og dens rettigelse.

Der er i Danmark tradition for, at forskningsresultater fra offentlige forskningsinstitutioner er ”Public Good”, og samtidig er der tradition for, at dansk jordbrugsforskning også omfatter anvendt forskning/udvikling. At denne indsats skulle finansieres af det offentlige har historisk været begrundet i, at dansk jordbrug består af mange mindre enheder samtidig med, at jordbruget traditionelt har haft en relativ stor politisk indflydelse. Begge forhold er ikke længere så udtalte. Derfor forestår en diskussion mellem ministerium og erhverv om en væsentlig større erhvervsfinansiering af dansk jordbrugsforskning. Forhåbentlig indser begge parter, at investering i forskning skal være langsigtet, hvis man vil høste det optimale udbytte.

Den teknologiske udvikling og perspektiverne for den fremtidige plantebeskyttelse!

Fremtidens plantebeskyttelse og plantebeskyttelsesforskning vil blive stærkt præget af den teknologiske udvikling. Det vil sætte sit afgørende præg på udvikling af diagnostiske teknikker, udvikling af GM-modificerede afgrøder og til behovbaseret anvendelse af pesticider og andre bekæmpelsesmidler.

Diagnostiske metoder baseret på molekylærbiologiske præmisser kombineret med avanceret teknologi vil betyde, at den klassiske diagnostik vil få en ringe betydning i fremtiden. Det vil blive muligt med sådanne metoder hurtigt og sikkert at identificere ikke alene hvilken art skadegøreren, der optræder, men også hvilken type inden for arten, der er tale om. Det vil betyde en effektivisering af den internationale kontrol, en bedre sporbarhed og langt større muligheder for at praktisere behovsbaseret bekæmpelse - ikke alene på markniveau, men også stedsspecifikt inden for marken.

Der vil blive set større udbud af dyrkningsværdige sorter, som er modstandsdygtige/kurrencedygtige over for vigtige skadegørere baseret på molekylærbiologiske teknikker, og der vil ske en effektivisering af det udstyr, der anvendes til jordbearbejdning og udbringning af pesticider, som vil bidrage til at begrænse behovet for kemisk bekæmpelse. Medvirkende hertil vil være mere indsigt og dermed større udnyttelse af de mekanismer antagonisme/naturlige fjender, der kan bidrage til at begrænse opformering af skadegørere. En sådan udvikling kommer naturligvis ikke af sig selv.

I hvilken udstrækning Danmark skal bidrage til denne udvikling afhænger i afgørende grad af, om der er en villighed til blandt politikere og erhverv fortsat at støtte relevant dansk forskning inden for plantebeskyttelse i et sådant omfang, at vi fortsat er internationalt interessante medspillere.

Sammendrag

Forskning i plantebeskyttelse indeholder en række forskellige discipliner og temaer. Det kræver specialisering og samarbejde både nationalt og internationalt, hvis der i Danmark skal opretholdes en kvalificeret forskning på dette område. Dansk plantebeskyttelsespraksis og den forskning, som har bidraget til denne praksis, vækker international opmærksomhed. Det gælder specielt den målrettede indsats som erhverv, rådgivning og forskning har ydet for at begrænse jordbrugets anvendelse af pesticider. Det samme gælder det snævre samarbejde mellem rådgivning og forskning, der er tradition for i Danmark.

Forskning og ekspertise vedrørende plantebeskyttelse er imidlertid ikke alene rettet mod dansk plantebeskyttelsespraksis men bidrager også til det myndighedsberedskab og de kontrolforanstaltninger, der indgår i den internationale handel med planter og planteprodukter, og som er afgørende for den betydningsfulde eksport af potteplanter, frø og kartofler til udsæd samt andre planteprodukter.

I forbindelse med de aktuelle bestræbelser på at justere sektorforskningen i Danmark bør politikere, ministerier og erhverv sammen med de implicerede forskningsinstitutioner aftale en langsigtet handleplan for den fremtidige forskningsindsats samt hvilke dele heraf, der skal finansieres af det offentlige og erhvervene.

Plantebeskyttelse gennem RNA teknologi: Status, perspektiver og mulige risici

Plant protection through RNA technology: Status, perspectives, and potential risks

Merete Albrechtsen & Bodil Jørgensen

Danmarks JordbrugsForskning

Bioteknologigruppen

Afdeling for Plantebiologi

Thorvaldsensvej 40

DK-1871 Frederiksberg C

Summary

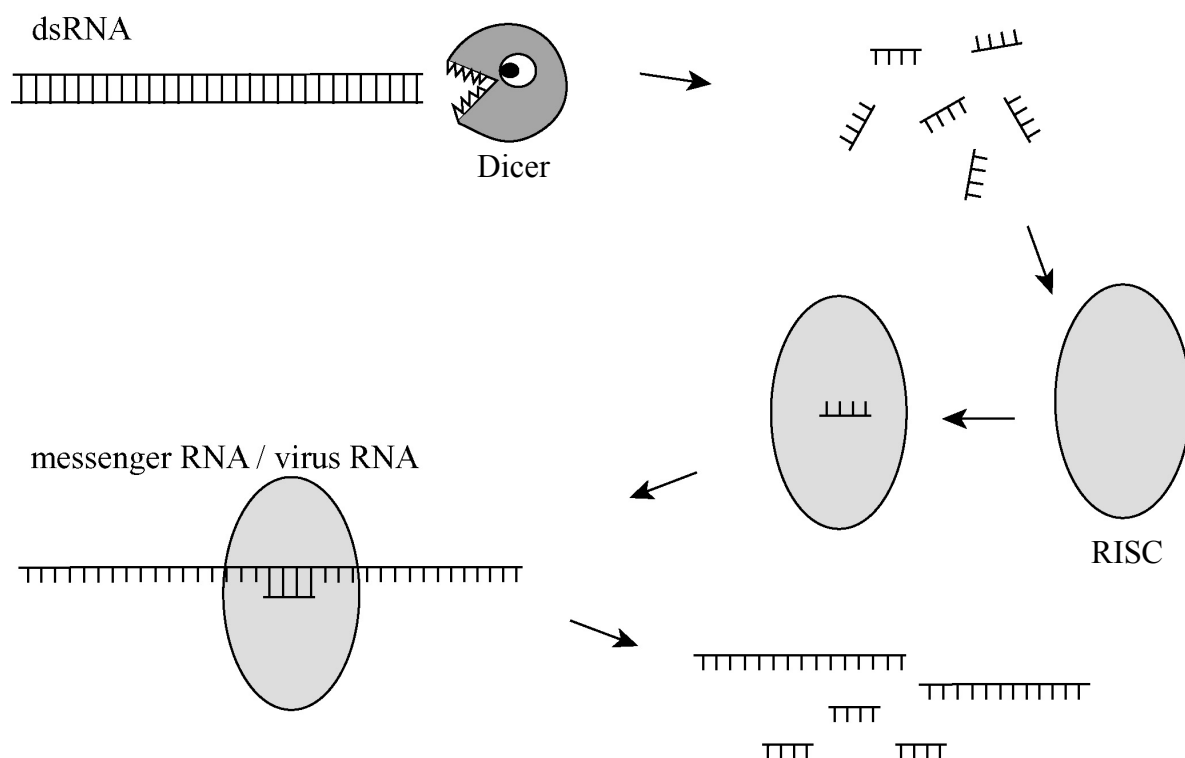
RNA interference hit the headlines in the summer of 2002 with stories of how this technique could possibly cure cancer and other serious diseases. The same technique is already being employed for plant protection, and both its possibilities and potential problems are the subject of active research within the Department of Plant Biology at the Danish Institute of Agricultural Sciences. Around the world the technique has already provided pathogen resistance in several crops. However it has recently been found that many plant viruses can inhibit RNA interference, and this has raised concern that the pathogen resistance may be lost if the crop becomes virus infected. The most recent data from our own and other laboratories suggest that 1) resistance may indeed be lost after virus infection, but 2) the problem may be largely overcome by careful choice of transgenic construct.

Indledning

I sommeren 2002 kom RNA forskningen pludselig på avisernes forsider og i TV og radio med budskaber som "Danske forskere vil stoppe kræftceller", "Længe leve livet/Drømmen om udødelighed fik ny næring i denne uge, da lægevidenskaben bekendtgjorde et gennembrud ...", "...en revolution på linie med opdagelsen af antibiotika...". Det drejede sig om den såkaldte RNA interferens (RNAi) teknologi, der gør det muligt selektivt at slukke for udvalgte gener på langt mere effektiv vis end tidligere. Teknologien har været kendt i nogle år, men der er først for nylig fundet tekniske løsninger, der gør det muligt at anvende den på mennesker. Imidlertid har denne teknologi allerede i flere år været brugt i planter.

RNAi – en forsvarsmekanisme rettet mod RNA

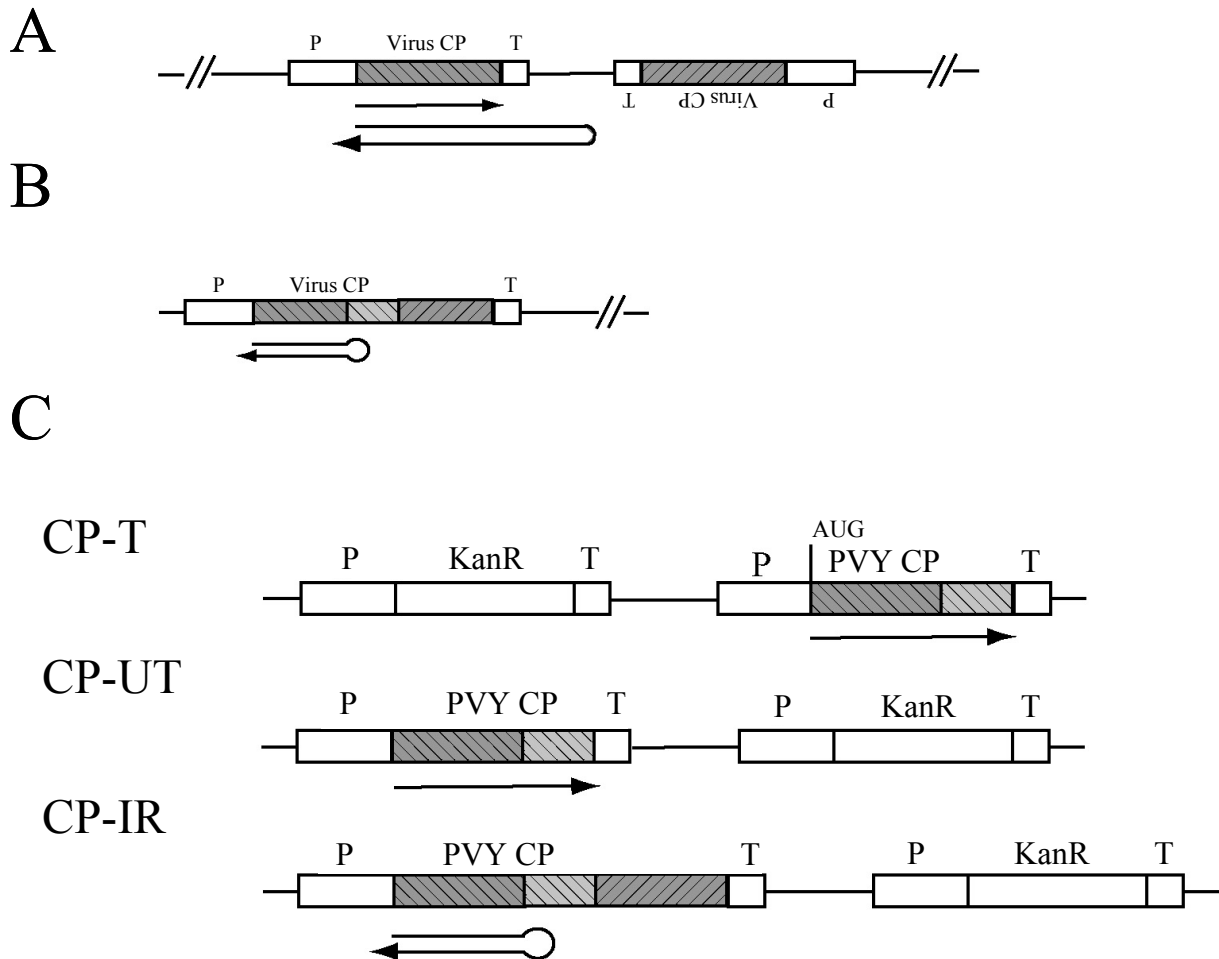
Kort fortalt drejer det sig om, at dobbeltstrengt RNA af celler opfattes som noget fremmed, der skal bekæmpes. Dobbeltstrengt RNA dannes nemlig under replikation af de fleste virus, mens cellernes egne RNA molekyler er enkeltstrengede. Cellen spalter det dobbeltstrengede RNA ved hjælp af et særligt enzym kaldet 'Dicer', og derved dannes nogle karakteristiske små RNA-stykker på 21-23 nukleotiders længde (figur 1). Disse små RNA-stykker styrer derefter en nedbrydningsproces, som destruerer alt andet RNA, der indeholder den samme sekvens. Herved nedbrydes ikke alene det dobbeltstrengede RNA, som udgør virusets 'formeringsform', men også det enkeltstrengede RNA, som udgør virusets genom, samt alle de messenger-RNA der skulle sørge for dannelse af virusets proteiner.



Figur 1. Dobbeltstrengt RNA nedbrydes af enzymet 'Dicer' til små RNA-stykker, som derefter guider enzymkomplekset 'RISC' til at nedbryde komplementært enkeltstrengt RNA. Double-stranded RNA is cleaved by the enzyme 'Dicer' generating small pieces of RNA, which then guide the enzyme complex 'RISC' to digest complementary single-stranded RNA.

Denne virus-forsvarsmekanisme aktiveres under alle virusinfektioner og bevirker, at planten bliver langt mindre syg af virusinfektionen, end den ellers ville være blevet. Men mekanismen er normalt ikke i stand til helt at forhindre viruset i at replikeres og spredes i planten, da der skal være en vis mængde dobbeltstrengt virus RNA til stede, før den aktiveres. Imidlertid

kan vi udnytte mekanismen og opnå fuld immunitet overfor et givet virus, hvis vi gensplejser planten med et stykke DNA, som får planten til selv at producere dobbeltstrengt RNA med samme sekvens som viruset. Planten bliver så at sige vaccineret mod det pågældende virus.



Figur 2. A: Under gensplejsning af planter kan to kopier af det transgene DNA undertiden blive indsat på samme sted i plantegenomet, i modsat orientering. Pilene viser strukturen af det RNA, som dannes fra transgenet, henholdsvis ved normal aflæsning og ved lejlighedsvis gennemlæsning af terminator-signalet. P: promoterregion. T: terminatorregion. **B:** 'Inverted repeat' konstruktion indeholdende en sense kopi af PVY kapsidproteingenet fulgt af en partiel antisense kopi. **C:** Konstruktioner anvendt ved transformation af kartoffel. KanR: gen kodende for kanamycin-resistens. A: During genetic transformation, two copies of the transgenic DNA may become inserted at the same locus, but in the opposite orientation. The arrows show the structure of the RNA produced from the transgene, during normal transcription as well as after occasional read-through of the terminator signal. P: promoter region. T: terminator region. B: 'Inverted repeat' transformation construct incorporating a sense copy of the PVY coat protein gene followed by a partial antisense copy. C: Constructs used for transformation of potato. KanR: gene encoding kanamycin resistance.

De første gensplejsede virusresistente planter blev fremstillet i midten af 1980'erne. Disse og mange senere virusresistente plantelinier havde fået indsat et gen, som styrede dannelsen af virus-kapsidproteiner. Man mente nemlig, at det var kapsidproteinet, som kunne give resistens. Siden har det vist sig, at næsten alle tilfælde af gensplejset virusresistens skyldes, at det indsatte gen aktiverer RNAi mekanismen. Dette kan ske tilfældigt, hvis der f.eks. bliver indsat to kopier af genet lige ved siden af hinanden men i hver sin orientering, et såkaldt 'inverted repeat'. Herved kan der dannes dobbeltstrenget RNA, hvis begge gen-kopier aflæses i sammenhæng (figur 2A). Det er ikke ualmindeligt, at der indsættes flere kopier af et transgen under transformationen, men det vil dog kun være en mindre del af de transgene plantelinier, hvor generne er indsat på en måde, der giver resistens. Virkningen kan opnås langt mere effektivt, hvis det indsatte gen er konstrueret med et indbygget 'inverted repeat' (figur 2B). Herved dannes der dobbeltstrenget RNA ved hver eneste aflæsning af genet og i alle de planter, som har fået blot en enkelt intakt kopi af genet.

At 'inverted repeat' konstruktioner virker mere effektivt i forbindelse med virusresistens er allerede dokumenteret (Smith *et al.*, 2000). Vi har også selv data, som klart viser effekten. Vi har transformeret to forskellige kartoffelsorter med tre forskellige konstruktioner, alle baseret på det samme kapsidprotein-gen fra kartoffelvirus Y (*Potato virus Y*, PVY) (figur 2C). Den første konstruktion, CP-T, kan i planten styre dannelsen af intakte kapsidprotein-molekyler; den anden, CP-UT, er identisk med CP-T bortset fra, at start-codon mangler, således at genet kun oversættes til RNA og ikke videre til protein; og den tredje, CP-IR, indeholder samme sekvens som CP-UT fulgt af samme sekvens i omvendt orientering, så der dannes et 'inverted repeat'. CP-IR konstruktionen gav PVY resistens i ca. 40% af de transgene linier, mens de andre to konstruktioner kun gav resistens i 0 – 6% af de transgene linier (manuskript under udarbejdelse).

RNAi i praksis

RNAi-baseret virusresistens anvendes kommercielt flere steder i verden. Transgen papaya, som er gjort resistent overfor *Papaya ringspot virus* (PRSV) ved hjælp af RNAi, har været dyrket på Hawaii siden 1998. Papaya er en vigtig indtægtskilde for øens befolkning, men en voldsom PRSV-epidemi var ved at udrydde denne afgrøde, da introduktion af transgene sorter med PRSV resistens reddede papayaproduktionen (Golsalves, 1998; <http://www.apsnet.org/education/feature/papaya/Top.htm>). Kartoffler med RNAi-baseret resistens overfor PVY er på markedet i flere lande; i USA er de dog blevet trukket tilbage fra markedet på grund af forbrugermodstand. Andre kommercielt tilgængelige afgrøder er squash med RNAi-baseret resistens overfor et eller flere potyvirus (USA, Canada; agbios GM database, <http://64.26.159.139/dbase.php>), samt virus-resistent tomat, peberfrugt m.v. (Kina; Huang *et al.*, 2002). Mange flere virus-resistente afgrøder er under udvikling eller afprøvning.

Det er muligt at gensplejse sig til virusresistens ved andre mekanismer end RNAi. Således findes der eksempler på resistens, som faktisk skyldes kapsidproteinets tilstedeværelse i de transgene planter. Også transformation med andre virusgener end kapsidprotein-genet kan føre til resistens. Mekanismerne er ikke helt forstået, men på forskellige måder synes virusproteinerne at forstyrre den naturlige infektionsproces. RNAi har imidlertid flere fordele sammenlignet med protein-baseret resistens. Dels giver RNAi ofte en meget høj grad af resistens, som ikke brydes selv ved høje smittetryk, dels rummer den færre potentielle risici end protein-baseret resistens. Ved RNAi produceres der ingen nye proteiner i de transgene planter, og da metoden bygger på nedbrydning af det transgene RNA, er koncentrationen af dette RNA i planten også meget lav, og risikoen for rekombination med eventuelle inficerende virus dermed også meget lille.

RNAi-baseret resistens mod rodhalsgalle

RNAi er også blevet brugt til at opnå resistens mod bakterien *Agrobacterium tumefaciens*. *A. tumefaciens* forårsager sygdommen rodhalsgalde. Symptomerne viser sig som tumorer, som skyldes, at *A. tumefaciens* transformerer nogle af plantens celler med et stykke bakterielt DNA. Fra dette T-DNA produceres bakterie-specifikt messengerRNA, som oversættes til nye proteiner i værtsplanten. Disse proteiner inducerer lokal celledeling og produktion af metabolitter, som bakterien kan udnytte. En 'inverted repeat' konstruktion baseret på en sekvens fra *A. tumefaciens* T-DNA har givet effektiv resistens overfor denne bakterie i flere plantearter (gåsemad, tomat og valnød; Escobar *et al.*, 2001). I den transgene plante foregår en specifik nedbrydning af dobbeltstrenget RNA, som produceres fra de indsatte T-DNA sekvenser. Når bakterien angriber, vil messengerRNA fra det overførte bakterielle T-DNA også blive nedbrudt, inden det kan blive oversat til proteiner. Metoden virker, fordi *A. tumefaciens* overfører gener fra bakterien til planten, som bakterien er afhængig af. Metoden vil også kunne virke overfor andre typer af plantepatogener, hvis disse er afhængige af specifikke plantegener, som man kan lukke for ved hjælp af RNAi.

RNAi's muligheder i forædling

RNAi kan også bruges til at lukke ned for udvalgte plantegener og hermed f.eks. forhindre produktion af uønskede sekundære metabolitter eller ændre næringsindhold eller struktur i forskellige plantedele. Fremgangsmåden er også her, at en sekvens fra det gen, som skal lukkes ned, klones i form af et 'inverted repeat' og transformeres ind i planten. Hermed induceres specifik nedbrydning af den indsatte sekvens og af plante-mRNA, der indeholder samme sekvens. Dermed forhindres proteinproduktionen fra det eller de plantegener, hvis sekvenser indgår i 'inverted repeat' konstruktionen. Teknikken er beslægtet med antisense-teknologien men er mere effektiv end denne, og begge kan ses som et alternativ til mutagenese og til forædlingsmetoder, der bygger på selektion af eksisterende egenskaber.

Problemer og mulige løsninger

De seneste års forskning har afsløret et potentielt problem ved brug af RNAi i praktisk jordbrug. Da RNAi i planter primært synes at tjene til forsvar mod virus, er det ikke overraskende, at mange plantevira har udviklet modtræk. De fleste plantevira koder således for proteiner, som kan hæmme RNAi-mekanismen i værtsplanten. Forskellige vira hæmmer RNAi på forskellig måde og i varierende grad, men fælles for dem alle er, at hæmningen ikke er fuldstændig. Effekten kan dog tydeligt ses i eksperimentelle systemer. Spørgsmålet er nu, om en RNAi-baseret egenskab vil gå tabt, hvis en afgrøde bliver angrebet af virus? For RNAi-baseret virusresistens kunne det ske ved, at afgrøden blev angrebet af et andet virus end det, som resistensen er rettet imod. Der er foreløbig kun to publikationer, der belyser dette spørgsmål direkte. Tobak transformeret med en 'inverted repeat' konstruktion baseret på en sekvens fra PVY var resistent overfor PVY, men efter smitte med det ubeslægtede agurkmosaikvirus (*Cucumber mosaic virus*) kunne de fleste af planterne inficeres med PVY (Mitter *et al.*, 2001). I et andet forsøg var en slægtning til tobak, *Nicotiana benthamiana*, transformeret med kapsidproteingenet fra kartoffelvirus A (*Potato virus A*, PVA). De transgene planter var fuldt resistente overfor PVA, men efter smitte med PVY kunne alle planter inficeres med PVA (Savenkov & Valkonen, 2001). I begge forsøg var viruskoncentrationen i de transgene linier dog betydeligt lavere end i vildtype kontrolplanter, så resistensen var altså kun delvist brudt. Begge forsøg blev udført i meget begrænset skala med kun ganske få planter, henholdsvis 4 og 5, hvilket understreger nødvendigheden af yderligere forskning på dette område. Vi har undersøgt, om smitte med *Tobacco etch virus* (TEV) kan bryde PVY-resistensen i vores transgene kartoffelkloner. TEV er valgt, fordi det tilhører potyvirus-gruppen, som vides at kode for ret effektive RNAi-hæmmende proteiner, og fordi vores transgene kartoffellinier er modtagelige for TEV. Vi fandt, at infektion med TEV brød resistensen i tre forskellige kartoffellinier, som bærer CP-T konstruktionen, mens de to testede CP-IR linier forblev fuldt resistente. Selv i CP-T linierne blev resistensen dog kun delvist brudt, idet PVY-koncentrationerne var langt lavere end i de tilsvarende TEV-inficerede vildtype-kontrolplanter (manuskript under udarbejdelse). Forsøget viser i overensstemmelse med de tidligere publikationer, at virusinfektioner kan modarbejde en RNAi-baseret resistens. Men det viser også, at RNAi baseret på en 'inverted repeat' konstruktion giver en mere robust resistens end RNAi baseret på en simpel konstruktion uden indbyggede repeats.

Perspektiver for RNAi-baseret resistens og forædling

Spørgsmålet om hvorvidt RNAi-baseret resistens vil være robust nok i praksis lader sig ikke besvare entydigt på nuværende tidspunkt. Vi mener dog, at der er grundlag for betydelig optimisme. Dels viser de refererede forsøg, at virusresistensen kun brydes delvist og i nogle tilfælde slet ikke, selv under forsøgsomstændigheder hvor der arbejdes målrettet på at nedbryde den. Dels er der foreløbig ikke rapporteret nedbrydning af resistensen i de kommercielt dyr-

kede virusresistente afgrøder. Det kan dog naturligvis skyldes, at sagen ikke er undersøgt grundigt nok. Under alle omstændigheder er der behov for flere undersøgelser under så praktisk relevante omstændigheder som muligt.

RNAi er en teknik med store muligheder indenfor resistensforædling såvel som andre aspekter af planteforædling, og den bør ikke afskrives, blot fordi der viser sig potentielle komplikationer. Som med al ny teknologi bør man afveje fordele og ulemper sammenlignet med situationen uden teknologien. Hvis der ikke findes tilgængelige, effektive naturlige resistensgener overfor et givet virus, vil RNAi sandsynligvis kunne anvendes med fordel, også selvom der sker et svagt nedbrud af resistensen i sjældne tilfælde. Anderledes kunne det forholde sig, hvis RNAi bruges til at fjerne allergener eller toksiner fra en afgrøde – her kan selv en beskeden produktion af den uønskede metabolit i en virus-angreben afgrøde have alvorlige konsekvenser. Endelig vil RNAi kunne bruges til ændringer af næringsstofsammensætning, planters vækst eller lignende, også selvom effekten ikke er 100% stabil under alle forhold.

Litteratur

- Escobar MA, Leslie CA, McGranahan GH & Dandekar AM.* 2002. Silencing crown gall disease in walnut (*Juglans regia* L.) Plant Science 163: 591-597.
- Gonsalves D.* 1998. Control of papaya ringspot virus in papaya: A case study. Annu. Rev. Phytopathol. 36: 415-437.
- Huang J, Rozelle S, Pray C & Wang Q.* 2002. Plant biotechnology in China. Science 295: 674-677.
- Mitter N, Sulistyowati E, Graham MW & Dietzgen RG.* 2001. Suppression of gene silencing: a threat to virus-resistant transgenic plants?
- Savenkov EI & Valkonen JPT.* 2001. CP-gene mediated resistance to Potato virus A in transgenic plants is suppressed following infection with another potyvirus. J. Gen. Virol. 82: 2275-2278.
- Smith NA, Singh SP, Wang M-B, Stoutjesdijk PA, Green AG & Waterhouse PM.* 2000. Total silencing by intron-spliced hairpin RNAs. Nature 407: 319-320.

Mod en tematisk strategi for en bæredygtig anvendelse af pesticider

Towards a thematic strategy for a sustainable use of pesticides

Kaj Juhl Madsen

Miljøstyrelsen

Strandgade 29

DK-1401 København K

Summary

A number of activities in the EU concerning the use of plant protection strategies are planned for the next year.

Directive 91/414/EEC on the marketing of plant protection is going to be amended and a proposal is expected during the first half of 2003. By the beginning of 2004 the Commission is furthermore expected to forward a proposal to the EU Parliament and the Council for a thematic strategy on sustainable use of pesticides.

The thematic strategy is not expected to cause great changes to the Danish policy on pesticides as most of the envisaged measures are at present used in Denmark.

The thematic strategy may, however, result in an increased focus on measures to promote the sustainable use of pesticides at EU level, which in the end may promote a harmonisation of the measures. This might lead to a further harmonisation of the conditions for production and competition for farmers.

Indledning

Der vil i de kommende år blive gennemført forskellige aktiviteter vedrørende plantebeskyttelsesmidler på EU-niveau.

For det første skal der ske en revision af direktiv 91/414 om markedsføring af plantebeskyttelsesmidler. For det andet skal der udarbejdes en tematisk strategi for en bæredygtig anvendelse af pesticider.

Dette indlæg vil være koncentreret om udarbejdelse af den tematiske strategi, men der vil indledningsvis være en kort gennemgang af det hidtidige arbejde med revisionen af direktivet om markedsføring af plantebeskyttelsesmidler.

Revision af direktivet om markedsføring af plantebeskyttelsesmidler

Kommissionen udgav som fastlagt i direktivet i juli 2001 en rapport om EU-evaluering af aktivstoffer i plantebeskyttelsesmidler. Rapporten kan ses på Internettet (http://www.europa.eu.int/comm/food/fs/ph_ps/pro/ppp01_en.pdf).

Direktivet fastlagde endvidere, at EU-revurderingen af aktivstofferne skulle være færdig i 2003. Men direktivet åbnede dog en mulighed for, at fristen for revurderingen kunne udsættes, hvis rapporten viste, at det ikke ville være muligt at få gennemført revurderingen indenfor tidsfristen.

Kommissionen konkluderede i rapporten, at fristen for revurdering af plantebeskyttelsesmidlerne skulle forlænges til og med 2008. I rapporten konkluderede Kommissionen endvidere, at direktivet burde ændres, men også at fremsættelse af et ændret forslag ville afvente Ministerrådets og Parlamentets udtalelse.

Ministerrådet udarbejdede i efteråret 2001 konklusioner til rapporten (<http://register.consilium.eu.int/pdf/dk/01/st15/15287dk1.pdf>). De fulde konklusioner vil ikke blive gennemgået i denne artikel.

Det skal dog nævnes, at Rådet beklagede, at det var nødvendigt at udsætte fristen for revurdering, men kunne dog tilslutte sig en forlængelse af fristen for nogle plantebeskyttelsesmidler til udgangen af 2008. For plantebeskyttelsesmidler på den første og anden revurderingsliste burde forlængelse ikke gå ud over 2005. Det blev dog understreget, at en hurtig gennemførelse af revurderingen skal være en topprioritet, og at en forlængelse ud over 2008 vil være stærkt uhensigtsmæssigt.

Rådet erklærede sig enig med Kommission i, at det er nødvendigt med en ændring af direktivet om plantebeskyttelsesmidler indenfor en række områder, som kan ses på ovennævnte link.

Parlamentet vedtog maj 2002 en udtalelse om rapporten ([http://www3.europarl.eu.int/omk/omnsapir.so/calendar?APP=PDF&TYPE=PV2&FILE=P5_TA\(20020530\)0276da.pdf&LANGUAGE=DA](http://www3.europarl.eu.int/omk/omnsapir.so/calendar?APP=PDF&TYPE=PV2&FILE=P5_TA(20020530)0276da.pdf&LANGUAGE=DA)).

Kommissionen forventes at fremsætte et forslag til ændring af direktivet i første halvdel af 2003.

6. Miljøhandlingsprogram

Udgangspunktet for den tematiske strategi er EU's 6. miljøhandlingsprogram, der blev offentliggjort den 22. juli 2002

(http://www.europa.eu.int/servlet/portail/RenderServlet?search=DocNumber&lg=da&nb_docs=25&domain=Legislation&coll=&in_force=NO&an_doc=2002&nu_doc=1600&type_doc=Decision).

Programmet indeholder nøglemålsætninger og –prioriteter for miljøområdet og skal fremme integration af miljøhensyn i EU politikken og bidrage til en bæredygtig anvendelse i hele EU både hos nuværende og kommende medlemmer. Programmet løber over en 10 års periode og lægger særlig vægt på følgende 4 områder:

- klimaændringer
- natur og biodiversitet
- miljø og sundhed og livskvalitet
- naturressourcer og affald.

Mål og aktiviteter vedrørende bæredygtig anvendelse af pesticider findes under området: miljø og sundhed og livskvalitet.

Programmet udgør for de næste 10 år rammen for EU's miljøpolitik med henblik på at sikre et højt beskyttelsesniveau. Der skal dog tages hensyn til subsidiaritetsprincippet og de forskelligartede forhold, der gør sig gældende i de forskellige områder i EU. Programmet baseres på de velkendte principper, såsom forureneren betaler princippet, forsigtighedsprincippet, princippet om forebyggende indsats, samt princippet om at gribe ind mod forureningen ved kilden.

Som noget nyt indebærer programmet, at der skal udarbejdes temastrategier for de ovennævnte 4 områder, og temastrategierne skal være udarbejdet inden for de første 3 år efter programmets vedtagelse, hvilket indebærer, at temastrategierne skal være udarbejdet i 2005.

Disse strategier skal forelægges Rådet og Europa-Parlamentet og skal, hvor det er hensigtsmæssigt, have form af en afgørelse, der træffes under forligsproceduren mellem Rådet og Europa-Parlamentet.

Programmet anfører, at temastrategierne bør udvikles og gennemføres i nært samarbejde med de relevante parter som f.eks. NGO'er, erhvervslivet, arbejdsmarkedets parter og offentlige myndigheder.

Som nævnt findes den bæredygtige anvendelse af pesticider under overskriften miljø og sundhed og livskvalitet.

Målet i 6. Miljøhandlingsprogram for pesticiderne er at nedsætte pesticiders virkninger på sundhed og miljø for at opnå en mere bæredygtig anvendelse af pesticider ved en betydelig samlet nedsættelse af risici og af pesticidanvendelsen, der dog skal være forenelig med den nødvendige afgrødebeskyttelse. Målet er således både en nedsættelse af risici og reduktion af forbruget.

Målet skal for pesticiderne nås ved en fuldstændig gennemførelse og vurdering af den nuværende lovgivningsrammes effektivitet med hensyn til at sikre et højt beskyttelsesniveau, når den ændres, samt ved udarbejdelse af en temastrategi for bæredygtig anvendelse af pesticider.

Temastrategien skal udarbejdes med henblik på

- minimering af farerne og risiciene for sundhed og miljø i forbindelse med anvendelsen af pesticider
- bedre kontrol med anvendelse og distribution af pesticider
- nedbringelse af niveauerne for skadelige aktive stoffer, bl.a. ved at erstatte de farligste med sikrere alternativer herunder ikke-kemiske
- tilskyndelse til begrænset pesticidanvendelse eller pesticidfri dyrkning, navnlig ved at øge forbrugernes bevidsthed, fremme af brugen af kodekser for god praksis og fremme af overvejelser om eventuel anvendelse af finansielle instrumenter
- et gennemsigtigt system for rapportering og overvågning af fremskridtene hen imod strategiens mål, herunder udvikling af passende indikatorer

Mod en tematisk strategi for en bæredygtig anvendelse af pesticider

For at fremme udviklingen af temastrategien offentliggjorde Kommissionen 1. juli 2002 en meddelelse med titlen ”Mod en tematisk strategi for en bæredygtig anvendelse af pesticider” (<http://www.europa.eu.int/comm/environment/ppps/home.htm>).

Formålet med meddelelsen var at igangsætte en debat om indholdet af den tematiske strategi både på institutionsniveau i EU, det vil sige i Europa-Parlamentet, Ministerrådet, det Økonomisk og Sociale Udvalg og på organisationsniveau, således at alle interessenter, som forudsat i det 6. Miljøhandlingsprogram, vil være inddraget i udarbejdelsen af temastrategien.

Kommissionen vil bruge resultatet af denne debat ved udarbejdelsen af den endelige temastrategi, som forventes oversendt til Rådet og Parlamentet i første halvår af 2004.

Rådet har diskuteret meddelelsen på Miljøministerrådsmødet den 9. december 2002, og der var enighed om en række konklusioner vedrørende meddelelsen. Parlamentet er for nærværende ved at diskutere meddelelsen, men en udtalelse forventes først at foreligge februar 2003. Kommissionen har endvidere afholdt en konference for alle interesserede den 4. november 2003.

I det følgende vil der blive givet en beskrivelse af hovedpunkterne i meddelelsen, resultatet af konferencen den 4. november samt Rådskonklusionerne, der blev udarbejdet under det danske formandskab.

Hovedpunkter i meddelelsen

Meddelelsen indeholder detaljeret beskrivelse af tingenes tilstand med hensyn til pesticider, som i meddelelsen alene omfatter plantebeskyttelsesmidler, både på EU- og nationalt niveau. Der er endvidere angivet mulige tiltag inden for 6. hovedområde, der stort set svarer til områderne, der er defineret i det 6. miljøhandlingsprogram.

Det første hovedområde er minimering af farerne og risiciene for sundhed og miljø i forbindelse med anvendelse af pesticider. Kommissionen foreslår her følgende:

- etablering af nationale planer for reduktion af farerne, risiciene og afhængigheden af kemisk kontrol
- anvendelse af bedst mulige praksis for at modvirke forurening af vandmiljøet
- beskyttelse af følsomme arealer
- generelt forbud mod flysprøjtning
- støtte til forskningsprogrammer om epidemiologiske studier af sundhedseffekter på sprøjtefører og forbrugere
- støtte til forskning i forbedring af sprøjte- og beskyttelsesudstyr
- støtte til forskning i cost/benefit analyser af pesticider.

Det andet hovedområde er forbedret kontrol med anvendelse og distribution af pesticider.

Kommissionen foreslår her følgende:

- forbedret statistik om import, eksport og salg af pesticider
- styrkelse af indsamling af oplysninger om anvendelse af pesticider
- kontrol af sprøjteudstyr
- obligatorisk uddannelse og certificering af brugere af pesticider
- indførelse af et system til indsamling og bortskaffelse af emballage og ikke anvendte produkter.

Det tredje hovedområde er nedbringelse af koncentrationerne af farlige aktivstoffer, bl. a. ved at substituere de farligste stoffer med sikrere (herunder ikke-kemiske) alternativer. Kommissionen foreslår her, at direktivet om plantebeskyttelsesmidler ændres, så det bl.a. kommer til at inkludere substitutionsprincippet.

Det fjerde hovedområde er tilskyndelse til begrænset pesticidanvendelse eller pesticidfri dyrkning, navnlig ved at øge forbrugernes bevidsthed, fremme brugen af kodekser for god praksis og fremme af anvendelse af finansielle instrumenter. Kommissionen foreslår her at

- fremme udvikling af alternativer til kemisk bekæmpelse ved hjælp af integreret skade- dyrsbekæmpelse, økologisk landbrug, biologiske bekæmpelsesmetoder samt undersø-

gelse af eventuel brug af genteknologi, hvis anvendelsen anses for at være uden risiko for sundheden og miljøet

- indføre sanktioner over for brugere i form af nedsat eller ingen støtte under støtteordninger, når miljøkrav, som de har fastsat som hensigtsmæssige på baggrund af forholdene for den anvendte landbrugsjord eller den pågældende produktion, ikke overholdes
- vurdere særlige afgifter på pesticider. Kommissionen anfører dog, at der ikke er planer om at fremsætte forslag om en fuldt udviklet EU-dækkende ordning for afgifter på pesticider
- overveje en harmonisering af momsen for pesticider.

Det femte hovedområde vedrører et gennemskueligt system til rapportering og overvågning af fremskridtene hen imod strategiens mål, herunder udvikling af passende indikatorer. Kommissionen foreslår, at der skal:

- ske en jævnlig rapportering om nationale risikobegrænsningsprogrammer
- udvikles passende indikatorer til overvågning og fastlæggelse af kvantitative mål

Det sjette hovedområde vedrører de nye medlemsstater. Kommissionen foreslår her, at

- der i nært samarbejde med de nye medlemsstater udarbejdes særlige støtteprogrammer, som er målrettet mod håndteringen af lagre af forældede pesticider og bortskaffelse af disse
- der fortsat skal ske støtte i forbindelse med pilotprojekter inden for miljøvenlige ordninger med henblik på at videreudvikle ordningerne og navnlig at nedbringe risiciene ved anvendelsen af pesticider.

Det syvende hovedområde vedrører internationale aspekter, herunder sikker anvendelse af pesticider i udviklingslande. Kommissionen foreslår her,

- at der sker en fuldstændig gennemførelse af Rotterdam-konventionen om forudgående informeret samtykke og Stockholm-konventionen om persistente organiske miljøgifte
- at Kommission og medlemsstaterne fortsat vil deltage i arbejdet under Codex Alimentarius for at sikre, at dens maksimalgrænseværdier garanterer tilstrækkelig beskyttelse af menneskers sundhed.

Det er den danske vurdering, at hvis hovedparten af de foreslåede tiltag gennemføres, vil der på fællesskabsplan ske en yderligere beskyttelse mod risiciene ved anvendelsen af pesticider, men da hovedparten af tiltagene allerede i stort omfang er gennemført i Danmark, forventes der ikke en væsentlig forøgelse af beskyttelsesniveauet i Danmark.

Rådskonklusioner

Meddelelsen blev offentliggjort i begyndelsen af den danske formandskabsperiode, og Danmark har derfor siddet for bordenden ved forhandlingerne om Rådskonklusionerne. Rådskonklusioner kan kun vedtages ved enstemmighed, så alle medlemsstaterne skal være i alle

alle konklusioner. Dette indebærer således en balancegang mellem en lang række forskellige synspunkter.

Det lykkedes at nå til enighed om disse konklusioner på Rådsmødet for Miljøministrene den 9. december 2003. Konklusionerne forventes at være offentlig tilgængelige på Rådets hjemmeside i slutningen af januar måned.

Rådet opfordrer i konklusionerne Kommissionen til at fremsende den tematiske strategi i begyndelsen af 2004. Kommissionen skal tage nærhedsprincippet i betragtning og i den forbindelse

- huske på, at nationale planer til at opfylde målene i det 6. miljøhandlingsprogram bør etableres i alle medlemsstater og dække en lang række nationale foranstaltninger, der kan anvendes, såsom kvantitative mål, virkemidler til at nå målene, f.eks. information, rådgivning og uddannelse, samt procedurer til regelmæssig opfølgning og overvågning af fremskridtene imod målene. Foranstaltningerne i forskellige nationale planer bør tage hensyn til allerede eksisterende reduktionsprogrammer så vel som fremherskende forudsætninger for landbrugsproduktionen og miljøets tilstand i regioner og medlemsstater
- tilvejebringe rådgivning om nøgleforanstaltningerne i nationale planer
- inkludere et forslag til EU-rammer for udvikling af Integreret Kontrol af Skadevoldere (IPM) og Integreret Plantebeskyttelse (ICM) som et af værktøjerne, som kunne anvendes i nationale planer med henblik på at opnå bæredygtig anvendelse af pesticider. Rammen bør give mulighed for at udvikle EU-retningslinier, herunder en definition samt nøglekravene til IPM/ICM, og tage hensyn til regionale/lokale forhold samt internationale aftaler
- fortsat fremme lav-input eller pesticidfri dyrkning, og hvor passende, især økologisk jordbrug
- tage hensyn til forskellene mellem medlemsstater, når der foreslås retningslinier for oplæring, uddannelse og rådgivning af brugere af pesticider i de nationale planer
- identificere foranstaltninger, der kan anvendes på fællesskabsniveau, og foranstaltninger der kan anvendes på nationalt niveau
- overveje nytten af at etablere krav til sprøjteudstyr og vedligeholdelse af sprøjteudstyr
- overveje potentialet af økonomiske styringsmidler på alle passende niveauer som en af måderne til at opnå bæredygtig anvendelse af pesticiderne
- indbygge en vurdering af konsekvenserne af foranstaltninger på Fællesskabsniveau foreslået i den tematiske strategi
- undersøge, hvordan forskellige interessenter, såsom producenter, sælgere, brugere og forbrugere kan bidrage til at opnå bæredygtig anvendelse af pesticider
- understrege, at den tematiske strategi, når den behandler GMO'er, skal tage direktiv 2001/18 i betragtning
- udvikle passende indikatorer til at måle fremskridtene i nationale risikoreduktionsplaner. Sådanne indikatorer skal tage arbejdet udført i medlemsstaterne og OECD i be-

tragtning. Indikatorerne kan også tage de specifikke risici hos plantebeskyttelsesmidler og nationale risikohåndteringstiltag i betragtning, og herved udvikle et system, der kan lede til sammenlignelige statistikker på pesticider

- opstille passende tidsrammer for implementeringen af relevante foranstaltninger
- erindre situationen i tredjelande vedrørende anvendelsen af pesticider og sikre sammenhængen mellem Fællesskabet, interne og eksterne politikker og relevante internationale aftaler

Det centrale i konklusionerne er, at der skal udarbejdes nationale planer. Men som det fremgår af ovennævnte, lægges der fra medlemsstaterne stor vægt på, at forslag til tiltag fra Kommissionen skal tage nærhedsprincippet i betragtning og tage de nationale/regionale forhold i betragtning, når der udarbejdes retningslinier.

Der lægges også stor vægt på at få udarbejdet rammer for udvikling af IPM, som en af metoderne til at opnå en bæredygtig anvendelse af pesticider.

Sammendrag

Den tematiske strategi forventes, som nævnt, ikke at medføre de store ændringer for den danske pesticidpolitik, da mange af de foreslåede tiltag allerede på nuværende tidspunkt finder anvendelse i Danmark.

Temastrategien vil dog kunne medvirke til, at der på EU-niveau bliver en øget fokus på foranstaltninger til at fremme en bæredygtig anvendelse af pesticider, hvilket i sidste ende også vil medvirke til en harmonisering af foranstaltningerne. Dette vil endvidere kunne medvirke til ensartede produktions- og konkurrenceforhold for landmændene.

Litteratur

http://www.europa.eu.int/comm/food/fs/ph_ps/pro/ppp01_en.pdf

<http://register.consilium.eu.int/pdf/dk/01/st15/15287dk1.pdf>

[http://www3.europarl.eu.int/omk/omnsapir.so/calendar?APP=PDF&TYPE=PV2&FILE=P5_TA\(20020530\)0276da.pdf&LANGUAGE=DA](http://www3.europarl.eu.int/omk/omnsapir.so/calendar?APP=PDF&TYPE=PV2&FILE=P5_TA(20020530)0276da.pdf&LANGUAGE=DA)

http://www.europa.eu.int/servlet/portail/RenderServlet?search=DocNumber&lg=da&nb_docs=25&domain=Legislation&coll=&in_force=NO&an_doc=2002&nu_doc=1600&type_doc=Decision

<http://www.europa.eu.int/comm/environment/ppps/home.htm>

Plantebeskyttelse og natur

Plant protection and nature

Gunver Bennekou

Danmarks Naturfredningsforening

Masnedøgade 20

DK-2100 København N

Summary

There are many investigations on pesticides in nature. Active substances can be found everywhere. The active substances in pesticides are designed to kill living organisms. Thus pesticides have a considerable impact on flora and fauna both inside and outside the arable area.

The authorisation of pesticides is not a guarantee that the pesticides do not harm nature. Such a guarantee cannot be given with today's level of science and knowledge.

Analyses have shown that a reduction in the pesticide treatment will increase the biological diversity. Nature in Denmark is "under pressure" and it has been decided politically that there shall be an increase in the biological diversity. In the coming pesticide action plan it is important to ensure that plant protection is not a risk to nature.

Indledning

Da jeg skulle forberede mig til den 20. Danske Planteværnskonference, ønskede jeg at få et overblik over den nyeste viden om plantebeskyttelse og natur. I vore tider er det mest logiske sted at søge denne i en elektronisk database. I søgemaskinen google kom der 264 hits på søgningen "plantebeskyttelse og natur" og 4.450 hits på søgningen "natur og pesticider". På den engelske søgning "pesticides nature" kom der 345.000 hits. Et imponerende antal. Et antal, der afspejler den opmærksomhed, der er om effekten af anvendelse af pesticider på naturen. En opmærksomhed som jeg synes er relevant både på grund af de iboende egenskaber pesticider har og på grund af den måde de anvendes på.

Min intention er ikke at lave et indlæg om verdens sande tilstand med hensyn til plantebeskyttelse og natur. Jeg har heller ikke læst alle de mange artikler.

Pesticider i naturen

Uden at have læst de mange tusinde artikler danner der sig dog et klart billede. Der er målt og registreret pesticider stort set overalt fra Arktis til troperne, i luften til det dybe grundvand, i fødevarer, i modermælk. Den kemiske plantebeskyttelse har sat sit mærkat overalt i naturen. I en diskussion om plantebeskyttelse og natur er de kemiske bekæmpelsesmidler meget centrale.

I forhold til naturen er de kemiske bekæmpelsesmidler specielt interessante, fordi hovedparten er designet til at slå et eller andet ihjel, fordi de anvendes på meget store dele af det danske areal, og fordi de i høj grad ”rammer ved siden af” og lander alle mulige andre steder end på de organismer man ønsker at påvirke.

Design af pesticider

Den kemiske plantebeskyttelse har i høj grad været kendetegnet ved, at noget skal slås ihjel. Navnet pesticides angiver dette helt klart. Pest = epidemi, ulykke, caedere = dræbe.

De første kemiske bekæmpelsesmidler var derudover kendetegnet ved, at de havde lang holdbarhed (var persistente) og tit ofte meget bredspektrede, det vil sige, at de slog mange forskellige organismer ihjel. Det betød meget tydelige effekter, som blandt andet blev beskrevet af Rachel Carson allerede i 1962, hvor hun samlede meget af den daværende viden om de uønskede effekter af pesticiderne i USA. I det danske forord til bogen skrev professor Knud O. Møller, at bogen virker som en advarsel om, at det er på høje tid at foranledige, at brugen af ukrudts- og insektdræbende midler formindskes.

De nyere kemiske bekæmpelsesmidler søges ofte designet, så de ikke er helt så persistente, ofte heller ikke så bioakkumulerbare som de tidligere midler. Det kan så betyde, at vi har fået mere vandopløselige pesticider, som i højere grad kan følge med vandets bevægelser og derfor blive spredt på en anden måde end de tidligere pesticider.

Som det nuværende navn på den tidligere agrokemiske forening udsiger, er der hos mange et ønske om at kalde kemiske bekæmpelsesmidler for plantebeskyttelsesmidler. Det kan ses som et ønske om et bedre image eller som et ønske om, at de kemiske bekæmpelsesmidler ikke mere designes til at slå ihjel men til at beskytte. Sådan ser virkeligheden indenfor de kemiske bekæmpelsesmidler dog ikke ud. Det er stadig funktionen af ukrudtsmidler at slå ukrudt (eller den vilde flora) ihjel. Det er stadig for størsteparten af insektmidlernes vedkommende hensigten at slå insekterne ihjel. For svampemidlerne er der både stoffer, som slår de enkelte svampe ihjel, men også midler som gør afgrøden mindre sårbar overfor patogene svampe.

Selvom stofferne i dag ofte er mere smalspektrede end de første kemiske bekæmpelsesmidler, vil de dog ofte også have en direkte effekt på andre organismer, end dem de lige er designet til at slå ihjel.

Ingen garanti for at pesticider ikke skader naturen direkte

Når pesticider skal godkendes i dag, skal der foreligge en omfattende dokumentation af aktivstoffets effekt. Både den tilsigtede effekt: Er det godt nok til at slå de konkurrerende organismer ihjel. Men også eventuel utilsigtet effekt: Er det giftigt overfor regnorme, har det indflydelse på æglægning hos fugle m.m.

Disse undersøgelser kan give en viden om stoffets effekt overfor de præcise organismer man undersøger for. Undersøgelserne kan derfor give os svar på, om dette stof er mere eller mindre giftigt overfor f.eks. tanglopper end et andet undersøgt stof.

Undersøgelserne kan aldrig give os svar på, om anvendelsen af stoffet ikke skader naturen. Hvis vi skulle tættere på et svar på det spørgsmål, ville det være nødvendigt med langt flere undersøgelser og langt større viden om naturens dynamik. Vi mangler undersøgelser af kombinationseffekten, både hjælpe- og tilsætningsstofferne sammen med aktivstoffet, samt forskellige stoffer anvendt sammen. Vi mangler undersøgelser af flere forskellige organismer. Vi mangler viden om, hvad forskellige dødelige og ikke-dødelige effekter har af indflydelse på populationer i naturen. Vi mangler viden, om hvilken effekt ændringer i forskellige populationer har på økosystemerne. Endelig mangler vi viden, om de effekter vi ikke i dag har fantasi til at forestille os. For 20 år siden ville man ikke have drømt om at undersøge for den nedbrydende effekt på ozonlaget, for 10 år siden ville man ikke have tænkt på hormonlignende effekt, om 10 år er der sikkert en anden effekt man vil beklage, at der ikke blev undersøgt for i dag.

Der er altså ingen garanti for, at kemiske bekæmpelsesmidler ikke direkte skader naturen.

Plantebeskyttelse og naturen

Ved mange former for plantebeskyttelse forsøger man at sikre, at de eneste planter på marken er afgrøden. Samtidig forsøger man at undgå dyr – bl.a. insekter – som spiser afgrøden. Plantebeskyttelsen har på den måde indflydelse både på naturindholdet i marken samt på naturindholdet udenfor marken. Viden om de indirekte effekter af plantebeskyttelse er stadig mangelfuld. Det gælder ikke blot de kemiske bekæmpelsesmidler men generelt for plantebeskyttelsen.

I slutningen af 1990'erne søgte man i Bichel-udvalget at samle den daværende viden om forekomsten og om effekten af plantebeskyttelse på sundhed, natur og miljø, og ud fra denne viden at komme med anbefalinger. Udvalget gennemgik viden om pesticiders forekomst i grundvand, overfladevand, drænvand, jordvand og regnvand, hvorimod forekomsten i tørre terrestriske områder ikke blev vurderet. På den baggrund konkluderede udvalget, at der bør indgå massestrømsanalyse i godkendelsen af bekæmpelsesmidler, at der bør ske ophør med anvendelsen af pesticider i områder, hvor der indvindes grundvand til drikkevand, og at pesticidernes fordampning og atmosfærekemiske omdannelse inddrages i godkendelsen af pesticider. Udvalget konkluderede, at plantebeskyttelsen reducerer antallet af plantearter og deres hyppighed, at antallet af leddyr i marken reduceres både på grund af anvendelsen af herbicider, insekticider og fungicider, at tætheden af springhaler og regnorme ikke er påvirket af de pesticider, som anvendtes i det opstillede scenarium, at bestandene af agerhøns, torsanger og gulspurv ville øges ved reduceret pesticidanvendelse, hvorimod det ikke ville påvirke andre undersøgte fuglearter. Udvalget konkluderede også, at der er sandsynlighed for effekt på flora og fauna i vandhuller fra pesticidanvendelsen, en effekt som vil reduceres med reduceret anvendelse. Sprøjtningen vil også have effekt på de omkringliggende terrestriske arealer, men det er ikke muligt at kvantificere, hvilken effekt reduceret anvendelse har, da der mangler data.

Effekten på naturindholdet i marken af forskellige niveauer af kemisk bekæmpelse er sidste år publiceret i en stor undersøgelse redigeret af Peter Esbjerg. De nærmere resultater af undersøgelsen vil blive diskuteret senere på denne konference.

En væsentlig konklusion er, at både plante-, insekt- og fugleliv i markerne bliver rigere, hvis doseringerne af kemiske midler mindskes, og at rigere flora og fauna kan nås stort set uden driftsmæssige problemer. Dog giver de nedsatte doser, der virkelig nytter naturmæssig, problemer med dyrkningssikkerheden.

Når der ses på landbrugets effekt på naturen udenfor agerjorden, kan det være vanskeligt at skille effekten fra plantebeskyttelse fra effekten fra de øvrige landbrugsmæssige tiltag.

Naturen

Naturen i Danmark er trængt. Det er den både, fordi den ligger spredt og fragmenteret i landskabet, og fordi der er stor indflydelse fra de omliggende aktiviteter på naturen. Effekten fra plantebeskyttelse er én blandt mange årsager til naturens tilstand, men som påpeget af Bichel-udvalget og Peter Esbjerg, har også plantebeskyttelsen indflydelse.

Politisk er der et ønske om, at den biologiske mangfoldighed skal øges. Bl.a. besluttede de europæiske statsledere i 2001 i Göteborg, at den nedgang, der sker i biologisk mangfoldighed, skal standses, og at der fra 2010 skal ske en forøgelse af den biologiske mangfoldighed. En

plantebeskyttelse, der er med til at sikre dette, må være et af målene for en bæredygtig plantebeskyttelse.

Ønsker til fremtidig plantebeskyttelse

Der er ingen landbrugsmæssig begrundelse for, at plantebeskyttelse også skal påvirke naturen udenfor agerlandet. For at forbedre naturens tilstand har vi følgende ønsker til fremtidens plantebeskyttelse i landbruget:

- At plantebeskyttelsen ikke giver anledning til risiko for at påvirke natur og miljø udenfor agerlandet negativt
- At plantebeskyttelse udføres, så det giver et optimalt indhold af natur i agerlandet
- At fødevarerne ikke indeholder rester af pesticider
- At regeringens næste pesticidhandlingsplan sikrer ovenstående mål inden 2010 samt opstiller delmål for nedsættelse af pesticidforbruget svarende til Bichel-udvalgets forslag
- At den fælles landbrugspolitik sikrer de rette økonomiske incitamenter til at opnå ovenstående
- At EU's pesticidregulering samt udvikling af teknologi sikrer ovenstående mål
- At plantebeskyttelse udvikles, så det fremover består i at beskytte og fremme afgrøde og ikke at bekæmpe naturen
- At rådgivningen sikrer landmændenes forståelse for sammenhæng mellem plantebeskyttelse og naturindholdet
- At rådgivning og landbrugets plantebeskyttelse fremover sker på en sådan måde, at det er med til at sikre og forøge den biologiske mangfoldighed

Sammendrag

Der er mange undersøgelser af pesticider og natur. De kemiske bekæmpelsesmidler findes overalt. Da de kemiske bekæmpelsesmidler i høj grad er designet til at slå organismer ihjel, har de en væsentlig indflydelse på både naturindholdet i marken og udenfor agerjorden.

Godkendelsesordningen giver ingen garanti for, at de kemiske bekæmpelsesmidler ikke skader naturen. En sådan garanti ville kræve en viden vi ikke har i dag.

Undersøgelser har vist, at en reduktion af pesticidbehandlingen vil forøge den biologiske mangfoldighed. Da naturen i Danmark er trængt, og da det er politisk besluttet, at der skal ske en forøgelse af den biologiske mangfoldighed, er det vigtigt, at der i den kommende pesticidhandlingsplan tages udgangspunkt i, at plantebeskyttelse ikke skal give anledning til risiko for at påvirke naturen negativt.

Litteratur

Bichel-udvalget. 1999. Rapport fra underudvalget om miljø og sundhed, 1999.

Carson R. 1962. Det tavse forår, 1962. Gyldendal Uglebøger.

Esbjerg P & Petersen BS. 2002. Effect of reduced pesticide use on flora and fauna in agricultural fields. Pesticides research nr. 58, Danish Environmental Protection Agency.

Bedriftsorienteret ukrudtsbekæmpelse med ingen eller lavt herbicidinput

Weed control at the farm level with no or low herbicide input

Bo Melander & Brian Bacher Pedersen

Danmarks JordbrugsForskning

Afdeling for Plantebeskyttelse

Forskningscenter Flakkebjerg

DK-4200 Slagelse

Gitte Rasmussen

Storstrømmens PlanteavlsRådgivning

Center Allé 6

DK-4683 Rønnede

Jens Erik Jensen

Landskontoret for Planteavl

Landbrugets Rådgivningscenter

Udkærvej 15, Skejby

DK-8200 Århus N

Summary

Options for reducing the treatment frequency index (BI) of herbicides significantly, as compared with the objectives prescribed in the second Danish Pesticide Action Plan, were tested and studied on nine conventional farms in Denmark. Three farms were selected in Central-Jutland (two pig farms and one arable farm), three in Eastern Jutland (two pig farms and one arable farm), and three on Zealand (all arable farms). In collaboration with the farmer and the local extension service, an expert from the Danish Institute of Agricultural Sciences planned a range of weed control strategies. The newest information on mechanical weed control, reduced herbicide dosages, and measures to improve crop competitiveness were included in the strategies as much as possible. The strategies were then compared experimentally with the farmer's own choice of weed control strategy in terms of weed control effectiveness, achieved BI, and impact on the crop. A total of 18 spring barley fields, 21 winter wheat fields, 1 winter barley field, 2 pea fields, 2 potato fields, 2 maize fields, and 2 sugar beet fields were included in the comparisons. In the cereals, the recommended weed control strategies generally resulted in lower BI than the farmer's own choice, mostly without lowering the effect significantly. However, in most cases the BIs achieved by the farmer himself were also lower than the BI prescribed by the action plan. Improved crop

competitiveness by means of increased seed rates and reduced herbicide dosages were generally more feasible than combined chemical and mechanical (weed harrowing) solutions. Weed harrowing requires considerable experience and skill of the farmer for optimal operation in cereals. Mechanical weed control only in the row crops maize and potatoes turned out to be very successful. Good results were also obtained with bandspraying and inter-row hoeing in sugar beets.

Indledning

Pesticidhandlingsplan II har som overordnet mål at nedbringe behandlingshyppigheden med pesticider til under 2,0 inden udgangen af 2002. I tilknytning til planen blev der udarbejdet en række måltal for behandlingsindeks (BI) med pesticider i landbrugsafgrøder. Måltallene skal hjælpe jordbruget med at nedbringe BI til 2,0 eller mindre som gennemsnit for hele landet. Måltallene vil ved samme afgrødefordeling som i 1999 resultere i en behandlingshyppighed på 2,0 beregnet efter den gamle opgørelsesmetode i Pesticidhandlingsplan I.

Måltallene for de enkelte afgrøder udtrykker således den indsats af sprøjtemidler, der er brug for under gennemsnitlige forhold ved god landbrugsmæssig praksis. På den enkelte ejendom vil behovet for bekæmpelse kunne være større eller mindre som følge af forskelle i klimabetingelser, jordtype, sortvalg, flyvehavreforekomst m.m. Måltallet for den enkelte afgrøde er opdelt i delmål for ukrudts-, svampe- og skadedyrsbekæmpelse samt vækstregulering. Måltallet skal ikke opfattes som en ejendomskvote, men som et nyttigt værktøj den enkelte driftsleder kan støtte sig til i vurderingen af, om pesticidforbruget på bedriften lever op til handlingsplanens målsætning.

I forbindelse med vedtagelsen af den nye pesticidhandlingsplan blev der iværksat en række forskningsaktiviteter, som havde til hensigt at påvirke jordbruget til hurtigt at nedsætte pesticidforbruget. En af disse aktiviteter havde til formål at undersøge om BI for herbicider kunne nedsættes hurtigt og markant på ni udvalgte konventionelle bedrifter. Bedrifterne skulle repræsentere et bredt udsnit af dansk jordbrug både med hensyn til afgrødesammensætning, jordtype, geografi, driftstype m.m. På den enkelte bedrift skulle en ressourceperson fra Danmarks JordbrugsForskning i samarbejde med driftslederen og den lokale planteavlskonsulent udarbejde en bedriftsorienteret bekæmpelsesstrategi mod ukrudt. En plan, som dels indebar så lille en kemisk indsats - og dermed så lavt et BI - som muligt, og dels medførte en tilfredsstillende ukrudtseffekt. Den valgte strategi skulle herefter sammenlignes eksperimentelt med driftslederens egen bekæmpelsesstrategi. Ressourcepersonens primære opgave var altså at forsøge at implementere så meget af den viden om mekanisk, kulturteknisk og forebyggende ukrudtsbekæmpelse, som er blevet genereret i Danmark siden introduktionen af den første pesticidhandlingsplan fra slutningen af firserne. Reducerede herbiciddoseringer efter PC-Planteværns anvisninger indgik desuden som et væsentligt element i mange af strategivalgene.

Denne præsentation er en sammenstilling af de væsentligste resultater med en bedriftsorienteret ukrudtsbekæmpelse i vækstsæsonerne 2001 og 2002 på de ni bedrifter.

Materialer og metoder

Bedrifter og marker

De ni udvalgte bedrifter fordelte sig med 3 i Midtjylland på sandjord, 3 på blandet jord i Østjylland og endelig 3 på Sjælland på lerjord. I tabel 1 er det nærmere angivet, hvilke marker, afgrøder, jordtyper, bekæmpelsesstrategier og opnåede BI'er, udregnet som simple gennemsnitter (ikke arealvægtede), der indgik i undersøgelserne. Bedrifterne blev udvalgt i samarbejde med Landbrugets Rådgivningstjeneste, idet der blev udsendt en konsulentmeddelelse til samtlige lokale konsulenthuse, om de ønskede at bidrage til undersøgelsen. Det var hensigten at finde en række bedrifter, som varierede med hensyn til driftsform, geografi, jordtype, afgrøde og ukrudtsproblem. Fem konsulenthuse meldte tilbage, at de var interesserede i at deltage, heraf tre med en tilstrækkelig geografisk spredning. De kunne hver finde tre bedrifter indenfor deres område, som ville deltage i undersøgelsen og afprøve forskellige metoder til mekanisk ukrudtsbekæmpelse. Udvælgelsen blev således et kompromis mellem, hvad der rent fagligt ansås for optimalt, og hvad der rent faktisk kunne lade sig gøre med hensyn til både konsulenter og landmænds interesse i projektet.

Udvælgelse af bekæmpelsesstrategier

Driftslederen på hver enkelt bedrift og ressourcepersonen fra Danmarks JordbrugsForskning aftalte, hvilke marker på ejendommen det dels ville være muligt at inddrage, dels havde den fornødne relevans. De jyske driftsledere havde alle erfaring med mekanisk bekæmpelse, enten fordi de drev økologisk landbrug ved siden af deres konventionelle bedrifter, eller fordi de havde betydelig erfaring med mekanisk bekæmpelse i deres konventionelle rækkeafgrøder. Driftslederen tilpassede sin egen strategi for ukrudtsbekæmpelse på baggrund af viden og erfaringer. De driftsledere, der ønskede at benytte PC-Planteværn, fik det stillet til rådighed i hele projektperioden. Bekæmpelsesstrategien i forsøgsdelene blev udarbejdet i tæt samarbejde mellem ressourcepersonen og driftslederen. Ressourcepersonen havde som regel tilset markerne og konstateret ukrudtsproblemets omfang, inden løsningsforslagene blev udarbejdet. Der var således tale om en dialog, hvor ressourcepersonen stillede de muligheder op, som kunne være en relevant løsning på den enkelte mark. En løsning, som dels tilsigtede at give en tilstrækkelig bekæmpelse, dels søgte at nedbringe BI mest muligt. I sidste ende skulle den enkelte driftsleder acceptere og udføre forslaget. Afgrøde- og sortsvalg var driftslederne generelt ikke indstillede på at ændre af både praktiske og økonomiske årsager. Derimod kunne både middelvalg, dosis, udsædsmængde og brugen af mekanisk bekæmpelse diskuteres uden større vanskeligheder. Mere detaljerede oplysninger om de valgte marker og bekæmpelsesstrategier på de enkelte bedrifter kan findes på internetadressen: www.agrsci.dk/plb/Ukrudtskontrol/index.htm.

Tabel 1. Bedrifter, marker, afgrøder og jordtyper i hvilke bekæmpelsesstrategierne blev udført. BID er behandlingsindekset (BI) i driftslederdelen; BIF er det opnåede BI i forsøgsdelen. (St.) er en kort angivelse af den udførte strategi. Nærmere detaljer om de enkelte bedrifter, marker, udførte ukrudtsbekæmpelsesstrategier og de statistiske tests kan findes på adressen: www.agrsci.dk/plb/Ukrudtskontrol/. Farms, fields, crops, and soil types in which the weed control strategies were conducted. BID is the treatment frequency index (BI) of the farmer's choice of strategy. BIF is BI for the experimental strategy. (St.) is a short description of the strategy. Further details about the investigations can be found on the web page: www.agrsci.dk/plb/Ukrudtskontrol/.

Bedrift	Marknr. & (jordtype)	2001			2002		
		Afgrøde	BID (St.)	BIF (St.)	Afgrøde	BID (St.)	BIF (St.)
1 (planteavl)	1.1 (JB1)	Vårbyg	0,72 (H)	0,67 (ØK)	Vårbyg	0,78 (H)	0,37 (ØK)
	1.2 (JB1)	Vårbyg	1,22 (H)	1,22 (ØK)	Kartofler	1,10 (H)	0,00 (M)
	1.3 (JB1)	Vårbyg	0,72 (H)	0,50 (K)	Vårbyg*	-	-
2 (plante- og svineavl)	2.1 (JB1)	Kartofler	1,00 (H)	0,00 (M)	Majs	1,09 (H)	0,00 (M)
	2.2 (JB1)	Majs	1,09 (H)	0,00 (M)	Vårbyg m. udlæg	1,00 (K)	0,50 (ØK)
	2.3 (JB1)	Vårbyg	0,45 (K)	0,50 (ØK)	Vinterbyg	0,90 (H)	0,30 (H)
3 (plante- og svineavl)	3.1 (JB1)	Vårbyg	1,10 (H)	1,25 (K)	Kartofler*	-	-
	3.2 (JB1)	Vårbyg	0,60 (H)	1,25 (K)	Vinterbyg*	-	-
4 (planteavl)	4.1 (JB10)	Vinterhvede	1,00 (H)	0,63 (ØK)	Vinterhvede*	-	-
	4.2 (JB10)	Vinterhvede	1,00 (H)	0,38 (H)	Vinterhvede*	-	-
	4.3 (JB10)	Vinterhvede	1,00 (H)	0,52 (H)	Vinterhvede*	-	-
5 (plante- og svineavl)	5.1 (JB10)	Vinterhvede	2,24 (H)	0,54 (FH)	Vinterhvede	0,60 (H)	0,44 (H)
	5.2 (JB10)	Vinterhvede	2,24 (H)	0,54 (FH)	Vinterhvede	0,60 (H)	0,44 (H)
	5.3 (JB6)	Vinterhvede	0,54 (H)	0,25 (ØK)	Vinterhvede	1,30 (H)	1,10 (H)
6 (planteavl og svineavl)	6.1 (JB6)	Vårbyg	0,25 (H)	0,05 (ØK)	Vinterhvede	0,60 (H)	0,60 (ØK)
	6.2 (JB6)	Vinterhvede*	-	-	Vårbyg	0,40 (H)	0,30 (ØK)
	6.3 (JB6)	Vårbyg	0,30 (H)	0,20 (ØK)	Vinterhvede	0,70 (H)	0,60 (ØH)
	6.4 (JB6)	Vinterhvede*	-	-	Vinterhvede	1,30 (H)	0,60 (ØH)
7 (planteavl)	7.1 (JB7)	Vårbyg	0,68 (H)	0,15 (ØK)	Vinterhvede	1,20 (H)	0,97 (ØH)
	7.2 (JB7)	Vårbyg	0,68 (H)	0,15 (ØK)	Vinterhvede	1,20 (H)	0,97 (ØH)
	7.3 (JB7)	Ærter	0,73 (H)	1,87 (ØK)	Vinterhvede	1,05 (H)	0,32 (ØH)
8 (planteavl)	8.1 (JB7)	Ærter	1,80 (H)	1,46 (ØK)	Vårbyg	0,50 (K)	0,00 (M)
	8.2 (JB7)	Vårbyg	0,85 (H)	0,25 (ØK)	V. hvede m. udlæg	0,80 (H)	1,10 (ØH)
	8.3 (JB7)	Vinterhvede	0,50 (H)	0,17 (ØK)	Sukkerroer	2,50 (HR)	0,60 (BR)
	8.4 (JB7)	Vinterhvede	0,43 (H)	0,27 (ØH)	Vinterhvede	1,20 (H)	1,70 (ØH)
9 (planteavl)	9.1 (JB7)	Vårbyg	0,37 (H)	0,33 (ØK)	Vinterhvede	1,20 (H)	0,60 (ØH)
	9.2 (JB7)	Vårbyg	0,37 (H)	0,00 (ØM)	Vårbyg	0,40 (H)	0,00 (ØM)
	9.3 (JB7)	Vinterhvede	0,95 (H)	0,56 (ØK)	Sukkerroer	2,83 (H)	1,12 (BR)

*: Udgik på grund af fejlbehandlinger

H: kun kemisk bek.

K: kemisk og mekanisk bek.

M: kun mekanisk bek.

BR: båndsprøjtning og radrensning

FH: falsk såbed og kemisk bek.

HR: bredsprøjtning og radrensning

ØH: øget udsædsmængde og kemisk bek.

ØK: øget udsædsmængde og kemisk og mekanisk bek.

ØM: øget udsædsmængde og mekanisk bek.

Registreringer

I hver enkelt forsøgsmark blev der udlagt en langsgående bane, som minimum svarede til bredden af den anvendte marksprøjte på bedriften. I denne del af marken, herefter kaldet ”forsøgsdelen”, blev den anbefalede bekæmpelsesstrategi udført. Resten af marken blev behandlet ifølge driftslederens egen beslutning, som herefter kaldes ”driftslederdelen”. For at kunne teste bekæmpelsesresultatet mellem de to behandlingsdele blev der langs grænsen mellem de to behandlingsdele udlagt 10 parvise registreringsfelter, det vil sige i alt 20 felter pr. mark. Hvert felt havde som oftest en størrelse på 1 m², men i enkelte tilfælde – to i 2001 og 3 i 2002 – blev størrelsen reduceret til 0,5 eller 0,25 m² grundet særligt store ukrudtsforekomster. Sidst i juni og i begyndelsen af juli blev afgrøde og ukrudt høstet i alle felterne i korn og ærter. I kartofler, majs og sukkeroer blev kun ukrudtet høstet i løbet af august måned. Det høstede ukrudts- og afgrødebiomasse blev tørret, og tallene for biomasse er udtrykt som g tørstof m⁻². Ukrudtet blev også talt i alle felter umiddelbart før høst af ukrudtet.

Af forskellige årsager blev der kun udlagt ubehandlede felter i: 6 vårbygmarker i 2001 og 2 i 2002; 8 vinterhvedemarker i 2001 og 4 i 2002; 1 ærtemark i 2001. I hver af markerne blev der udlagt fire ubehandlede felter i driftslederdelen. Felterne var 1 m² store og blev placeret tilfældigt op langs de behandlede felter.

Tallene for biomasse og antal ukrudtsplanter blev statistisk analyseret som parvise sammenligninger. Tallene for afgrødebiomasse havde primært til formål at vurdere, om afgrøden var blevet hæmmet i forsøgsdelen sammenlignet med driftslederdelen eller omvendt. Om en eventuel hæmning også har påvirket det endelige kerneudbytte, kan sådanne biomassemålinger omkring 1. juli imidlertid ikke klarlægge entydigt.

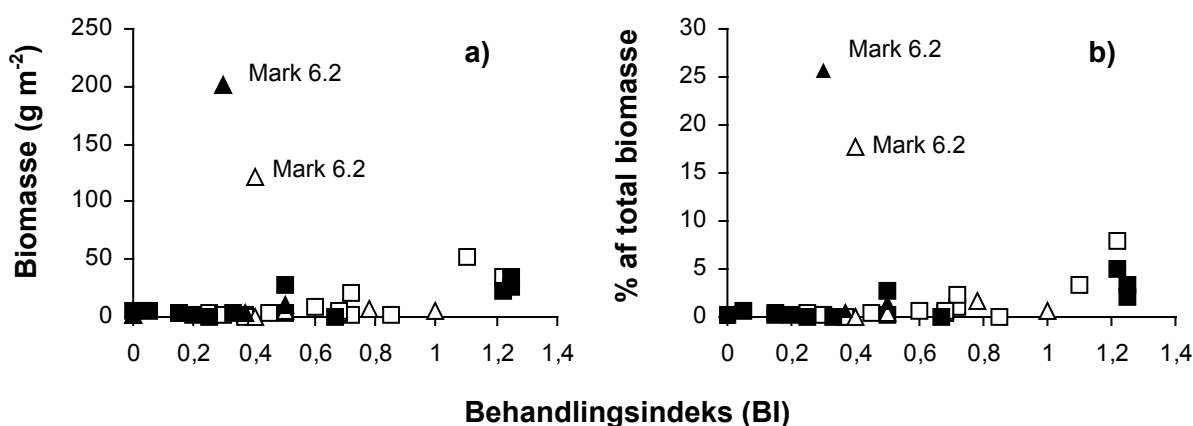
Resultater

Vårbyg

Driftslederne valgte i 15 af de i alt 18 vårbygmarker at løse deres ukrudtsproblemer ved hjælp af rent kemiske løsninger. I tre tilfælde (marker) forsøgte de sig dog med en kombineret kemisk-mekanisk (kemikanisk) løsning, hvor en herbicidindsats blev fulgt op af almindelig ukrudtsharvning. I de to tilfælde blev der foretaget en blindharvning før fremspiring, således at den kemiske indsats lå mellem to mekaniske. I forsøgsdelen endte dialogen mellem driftslederen og ressourcepersonen i løsninger i 12 af markerne, som bestod af øget udsædsmængde efterfulgt af en kemikanisk løsning, hvor den kemiske indsats var det sidste led, og hvor valget af middel og dosis blev foretaget på baggrund af overlevende ukrudt fra den mekaniske indsats. Udsædsmængden blev typisk øget med 10-20% for dels at øge afgrødens konkurrenceevne, dels for at kunne kompensere for et eventuelt plantetab i forbindelse med ukrudtsharvning. I 3 marker blev der kun anvendt en kemikanisk indsats uden brug af øget udsædsmængde, og på de sidste 3 marker faldt valget på en ren mekanisk indsats med blindharvning efterfulgt af almindelig ukrudtsharvning efter afgrødens fremspiring.

Ukrudtsproblemerne var generelt ikke særligt store i de fleste af markerne. I markerne, hvor der indgik ubehandlede felter, var der kun ét tilfælde (marknr. 2.2, 2002), hvor ukrudtsbekæmpelsen havde haft en positiv påvirkning af afgrøden med en signifikant øget afgrødebio-masse til følge. I denne mark var der 383 ukrudsplanter m^{-2} , og ukrudtsbiomassen på 45 g m^{-2} udgjorde ca. 8% af den totale biomasse (afgrøde + ukrudt). I de andre marker med ubehand-lede felter lå ukrudtstrykket på 11-132 planter m^{-2} med en biomasseandel af den totale bio-masse på 0,3-5%.

I driftslederdelen var behandlingsindekset for alle vårbygmarker og år i gennemsnit 0,63 med en spredning på 0,28, og gennemsnittet i hver af de to år var omtrent det samme. Det var ikke tilfældet i forsøgsdelen, hvor et gennemsnit på 0,23 i 2002 var mindre end det halve af det gennemsnitlige behandlingsindeks i 2001 på 0,50. Forsøgsdelen gav et gennemsnit for alle år og marker på 0,43 med en spredning på 0,42. Måltallet for vårbyg er 0,7.



Figur 1. a) er ukrudtsbiomassen (tørstof) efter bekæmpelse plottet mod de opnåede be-handlingsindekser (BI) i de 18 vårbygmarker angivet i tabel 1. **b)** er ukrudtsbiomassen i % af den totale biomasse (afgrøde + ukrudt) plottet mod BI. □ er driftslederdelen i 2001; ■ er forsøgsdelen i 2001. △ er driftslederdelen i 2002; ▲ er forsøgsdelen i 2002. a) is weed biomass (dry matter) following weed control plotted against the achieved treat-ment frequency indexes (BI) in the 18 spring barley fields in table 1. b) is the % weed biomass of total biomass (crop + weeds) plotted against BI. □ is the farmer's weed control strategy in 2001; ■ is the experimental strategy in 2001. △ is the farmer's weed control strategy in 2002; ▲ is the experimental strategy in 2002.

Ifølge tabel 2 var der enkelte marker, hvor forsøgsdelen havde medført en signifikant dårlige-re eller bedre ukrudtseffekt end driftslederdelen. Forskellene er imidlertid ret uinteressante ud fra en agronomisk betragtning, da bekæmpelseseffekterne i begge behandlingsdelene var fuldt tilfredsstillende – mængden af ukrudtsbiomasse udgjorde kun 0,1-2,0% af den totale biomasse (afgrøde + ukrudt), og ukrudsplantetallet var under 53 pl. m^2 . I langt de fleste til-fælde efterlod de valgte bekæmpelsesstrategier kun beskedne ukrudtsmængder, som det er illu-streret i figur 1. Mark 6.2 i 2002 er et udtryk for fejlslagne strategier både i driftsleder- og for-

søgsdelen. I de marker, hvor behandlingsindekset ligger over 1, har der været et betydeligt bekæmpelsesbehov, uden at den høje indsats helt har kunnet fjerne ukrudtet. I to marker skønnede ressourcepersonen, at det var nødvendigt at øge indekset i forhold til driftslederens strategi.

Tabel 2. Fordelingen af vårbyg- og vinterhvedemarker (angivet med marknumre, jf. tabel 1, og antal marker i fed) i forhold til om forsøgsdelen enten har forbedret ukrudtseffekten (opgjort på ukrudtstørstof) eller forværret den sammenlignet med driftslederdelen. Distribution of spring barley fields and winter wheat fields (field numbers as in table 1, and number of fields in bold) according to whether the experimental strategy had improved or worsened the weed control effect as compared with the farmer's choice of strategy.

	2001		2002		Antal marker i alt
	Vårbyg	Vinterhvede	Vårbyg	Vinterhvede	
Marker, hvor forsøgsdelen har medført en signifikant (5% - niveau) bedre ukrudtseffekt	8.2 1	0	8.1 1	0	2
Marker, hvor forsøgsdelen har medført en <u>tendens</u> til <u>bedre</u> ukrudtseffekt	1.1, 1.2 2.3 3.1 6 7.1, 7.2	4.1, 4.3 2	1.1 1	8.2 1	10
Marker, hvor forsøgsdelen har medført en signifikant (5 % - niveau) dårligere ukrudtseffekt	3.2 9.2 2	5.3 8.3, 8.4 9.3 4	0	5.2 6.1 7.3 3	9
Marker, hvor forsøgsdelen har medført en <u>tendens</u> til <u>dårligere</u> ukrudtseffekt	1.3 6.1, 6.3 9.1 4	4.2 5.1, 5.2 3	2.2 6.2 9.2 3	5.1, 5.3 6.3, 6.4 7.1, 7.2 8.4 8 9.1	18
Antal marker i alt	13	9	5	12	39

Den signifikant mindre afgrødebiomasse i mark 3.1 og 8.2 i forsøgsdelen i tabel 3 er sandsynligvis et udtryk for skader forårsaget af ukrudtsharvning.

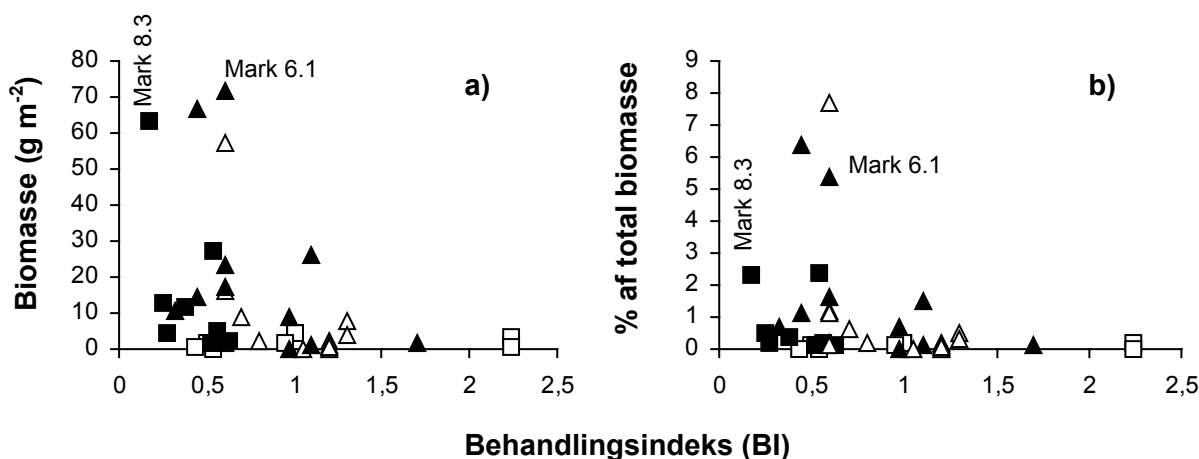
Tabel 3. Fordelingen af vårbyg- og vinterhvedemarker (angivet med marknumre, jf. tabel 1, og antal marker i fed) i forhold til om forsøgsdelen enten har øget afgrødens biomasse eller nedsat den sammenlignet med driftslederdelen. Distribution of spring barley fields and winter wheat fields (field numbers as in table 1 and number of fields in bold) according to whether the experimental strategy had increased or decreased crop biomass (dry matter) as compared with the farmer's choice of strategy.

	2001		2002		Antal marker i alt
	Vårbyg	Vinterhvede	Vårbyg	Vinterhvede	
Marker, hvor forsøgsdelen har medført signifikant (5 % - niveau) mere afgrødebiomasse	0	1	0	2	3
Marker, hvor forsøgsdelen har medført en <u>tendens</u> til <u>øget</u> afgrødebiomasse	1.2, 1.3 6.3 7.2 5 9.1	4.1, 4.3 8.4 3	1.1 2.2 6.2 3	5.3 7.1, 7.3 8.2, 8.4 6 9.1	17
Marker, hvor forsøgsdelen har medført en signifikant (5 % - niveau) mindre afgrødebiomasse	3.1 8.2 2	5.1, 5.2 8.3 3	0	6.1 1	6
Marker, hvor forsøgsdelen har medført en <u>tendens</u> til <u>mindre</u> afgrødebiomasse	1.1 2.3 3.1 6.1 6 7.1 9.2	5.3 9.3 2	8.1 9.2 2	5.2 6.3, 6.4 3	13
Antal marker i alt	13	9	5	12	39

Vinterhvede

I alle 21 hvedemarker valgte driftslederne en rent kemisk bekæmpelsesstrategi, hvor der i 15 tilfælde blev anvendt både efterårs- og forårsbehandling. I 5 af tilfældene nøjedes de med efterårsbehandling og i ét tilfælde kun forårsbehandling. I forsøgsdelen blev der i 5 marker foreslået en integreret løsning med øget udsædmængde (10-15%) efterfulgt af ukrudtsharvning i efteråret for at slutte af med kemisk bekæmpelse udført både efterår og forår i ét tilfælde, kun efterår i ét tilfælde og endelig kun forår i 3 tilfælde. I efteråret 2001 var det planen at anvende ukrudtsharvning i flere marker end kun en enkelt, hvor det lykkedes at gennemføre harvningen. I alle andre tilfælde måtte det opgives på grund af vejrliget. I 5 forsøgsdele blev der kun anvendt en ren kemisk strategi med bekæmpelse både efterår og forår i de 4 tilfælde og kun efterår i det femte tilfælde. Dosis blev som regel nedsat, og middelvalget var i nogle tilfælde forskelligt i forhold til driftslederens valg. I 9 marker blev der anvendt en strategi bestående af

øget udsædmængde (10-15%) efterfulgt af kemisk bekæmpelse udført både efterår og forår i 6 tilfælde og kun efterår i de sidste 3. Som regel var den kemiske indsats betydelig mindre end i driftslederdelen, og middelvalget ofte også et andet. I de sidste 2 marker blev der i forsøgsdelen anvendt falsk såbed efterfulgt af kemisk bekæmpelse udført både efterår og forår.



Figur 2. a) er ukrudtsbiomassen (tørstof) efter bekæmpelse plottet mod de opnåede behandlingsindekser (BI) i de 21 vinterhvedemarker angivet i tabel 1. b) er ukrudtsbiomassen i % af den totale biomasse (afgrøde + ukrudt) plottet mod BI. □ er driftslederdelen i 2001; ■ er forsøgsdelen i 2001. Δ er driftslederdelen i 2002; ▲ er forsøgsdelen i 2002. a) is weed biomass (dry matter) following weed control plotted against the achieved treatment frequency indexes (BI) in the 21 winter wheat fields in table 1. b) is the % weed biomass of total biomass (crop + weeds) plotted against BI. □ is the farmer's weed control strategy in 2001; ■ is the experimental strategy in 2001. Δ is the farmer's weed control strategy in 2002; ▲ is the experimental strategy in 2002.

I de 12 marker med ubehandlede felter var der ikke ét eneste tilfælde, hvor ukrudtsbekæmpelsen havde haft en positiv indvirkning på afgrøden i form af en signifikant øget biomasseproduktion. I to tilfælde var afgrødebiomassen signifikant mindre i de behandlede felter end i ubehandlet, hvilket kunne indikere, at bekæmpelsen både i driftsleder- og forsøgsdelen havde hæmmet kornet, eller at effekten havde været utilstrækkelig. I en række andre tilfælde var der tendens til mindre afgrødebiomasse efter bekæmpelse. Ukrudtsbestandene varierede mellem 1-135 planter m⁻², 3-80 g biomasse m⁻² svarende til 0,1-8% af den totale biomasse (afgrøde + ukrudt).

I driftslederdelen var behandlingsindekset for alle hvedemarker og år i gennemsnit 1,03 med en spredning på 0,49, og gennemsnittet i hver af de to år var omtrent det samme. Det var ikke tilfældet i forsøgsdelen, hvor det gennemsnitlige indeks var 0,43 i 2001 men steg til 0,79 i 2002, fordi der i mange marker blev foretaget en opfølgende bekæmpelse om foråret. Forsøgsdelen gav et gennemsnit for alle år og marker på 0,63 med en spredning på 0,36. Måltallet for vinterhvede er 1,2.

Ifølge tabel 2 var der i alt 7 marker, hvor forsøgsdelen havde medført en signifikant dårligere ukrudtseffekt end driftslederdelen. I 5 af markerne havde behandlingerne dog kun efterladt beskedne ukrudtsmængder: 4-121 pl. m⁻², 5-14 g biomasse m⁻² svarende til 0,2-1,1% af den totale biomasse. I de sidste to marker, mark 6.1 i 2002 og 8.3 i 2001, efterlod strategierne mere ukrudt, således henholdsvis 78 pl. m⁻², 72 g biomasse m⁻² svarende til 5,4% af den totale biomasse og 13 pl. m⁻², 64 g biomasse m⁻² svarende til 2,3% af den totale biomasse (se figur 2). I begge markerne tyder det på, at blindharvning om efteråret har forøget ukrudtstrykket, og at den opfølgende kemiske behandling om foråret har været mindre effektiv. Foruden disse to marker var der også forholdsvis meget ukrudt i mark 5.1 i 2002 i både drifts- og forsøgslersedelen, hvilket skyldes dårlig konkurrenceevne fra en afgrøde, som periodevis havde været oversvømmet og dermed periodevis i dårlig vækst. Problemerne med vand på marken påvirkede også afgrødebiomassen i mark 5.1 og 5.2 i 2001, hvor den signifikant mindre afgrødebiomasse i forsøgsdelen skyldtes, at afgrøden i denne del havde lidt mere under vandet end i driftslederdelen. Den mindre afgrødebiomasse i mark 6.1 i 2002 skyldes øget ukrudtsforekomst efter blindharvningen om efteråret, og at blindharvningen sandsynligvis kan have skadet selve afgrøden. Tilsvarende forhold vurderes at have været gældende i mark 8.3 i 2001. Udover de nævnte marker har hverken driftslederens strategivalg eller strategivalget i forsøgsdelen efterladt større ukrudtsmængder – mængderne må betegnes som beskedne, som det fremgår af figur 2.

Vinterbyg

I vinterbygmarken på bedrift 2 (jf. tabel 1) lykkedes det at reducere behandlingsindekset fra 0,9 i driftslederdelen til 0,3 i forsøgsdelen, hvilket er mindre end det halve af måltallet på 1,0. Strategien var ren kemisk behandling kun udført om efteråret, hvilket resulterede i en ukrudtsmængde på knapt 4% af den totale biomasse.

Ærter

I ærtemarken på bedrift 7 slog strategien i forsøgsdelen fejl, idet en mekanisk indsats med blindharvning og alm. ukrudtsharvning blev efterfulgt af en meget fugtig periode, som tilsyneladende medførte en øget ukrudtsfremspiring. Det blev vurderet, at en ekstra kemisk indsats var nødvendig, og BI blev således på 1,87 i forsøgsdelen sammenlignet med 0,73 i driftslederdelen - måltallet for ærter er 1,8. Det skal dog tilføjes, at ukrudtstrykket i marken var relativt beskedent, således var der kun en ukrudtsmængde på 4,6% af den totale biomasse i de ubehandlede felter.

På bedrift 8 gik det bedre med ukrudtseffekten i ærtemarken, idet en kemikanisk løsning gav signifikant mindre ukrudt med et BI på 1,46 i forsøgsdelen sammenlignet med 1,8 i driftslederdelen, som indeholdt en ren kemisk strategi. På trods af dette skønnedes effekten fra ukrudtsharvning stadig at være for ringe i forhold til det forventelige. Timingen af behandlingen havde ikke været præcis nok, da ukrudtet var blevet for stort.

Kartofler

Mekanisk ukrudtsbekæmpelse ved hjælp af en stjernerullerenser var en stor succes i kartoffelmarkerne på bedrifterne 1 og 2. Der blev således ikke brugt kemi overhovedet i forsøgsdelen, og der blev kun efterladt helt ubetydelige mængder ukrudt. I driftslederdelen endte BI på ca. 1,0 (svarende til måltallet for melkartofler) på begge bedrifter. Det vurderes, at det ofte vil være nok med 1-2 behandlinger med renseren.

Majs

I begge majsmarkerne på bedrift 2 blev der gennemført en rent mekanisk bekæmpelsesstrategi i forsøgsdelen baseret på ukrudtsharvning efterfulgt af stjernerullerensning eller almindelig radrensning mellem rækkerne. Behandlingerne efterlod kun beskedne mængder ukrudt (under 70 g m^{-2}), primært som ukrudt i selve majsrækken, hvor det er vanskelig at opnå høj effekt med de anvendte redskaber på grund af risikoen for at skade majsens roer. BI i driftslederdelen var 1,09, som er meget tæt på måltallet på 1,1.

Sukkerøer

I de to sukkerøemarker i 2002 blev ukrudtsbekæmpelsen i forsøgsdelen klaret ved hjælp af båndsprøjtning og radrensning mellem rækkerne med meget fine resultater, helt på niveau med driftslederdelen. Der blev båndsprøjtet 3 gange på begge marker i forsøgsdelen med anvendelse af de samme midler som i driftslederdelen. Driftslederdelen på begge bedrifter blev bredsprøjtet i alt 4 gange, og på bedrift 8 blev der desuden suppleret med radrensning. BI i forsøgsdelene blev nedsat til henholdsvis 0,6 (bedrift 8) og 1,12 (bedrift 9). I driftslederdelen endte BI på henholdsvis 2,5 og 2,83 – måltallet for fabriksroer er 2,4.

Diskussion

Kornafgrøderne

I kornafgrøderne var det muligt at nedbringe BI betragteligt i forsøgsdelene. Interessant er det imidlertid også, at driftslederen selv fik BI under måltallet i mange tilfælde – så meget, at det i gennemsnit af alle kornmarkerne lå under måltallet. Det kan ikke udelukkes, at driftsledernes strategivalg har været påvirket af deltagelsen i projektet, og at de derfor er blevet inspireret til at nedbringe den kemiske indsats mere, end de ellers ville have gjort.

I mange af bekæmpelsesstrategierne indgik ukrudtsharvning i kombination med kemisk bekæmpelse. Det er nu tvivlsomt, om disse kemikaliske løsninger er relevante for konventionelt jordbrug. Brugen af ukrudtsharvning kræver betydelig kunnen og erfaring, hvis metoden skal lykkes, og i vintersæd har Rasmussen (1998) påvist nogle klare begrænsninger for metodens anvendelse. I nærværende undersøgelse gjorde især blindharvning ondt værre i flere tilfælde, da behandlingen forøgede ukrudtsproblemet. Risikoen for afgrødeskader er også betydelig, og timingen af behandlingerne kan undertiden være vanskelig i perioder med regnfuldt vejr. Omvendt er der også eksempler på rigtige gode resultater med ukrudtsharvning i vårsæd både

i denne undersøgelse og tidligere (f.eks. Rasmussen & Rasmussen, 1994). Kemikaliske løsninger kræver endvidere, at der investeres i udstyr til både mekanisk og kemisk bekæmpelse, og at driftslederen har erfaring og viden i brugen af begge metoder. Strategier, som baseres på en øgning af kornets konkurrenceevne gennem sortsvalg, udsædmængde og gødningsplacering kombineret med stærkt nedsatte herbiciddoseringer udbragt under optimale forhold, fremstår som langt mere gangbare løsninger såvel økonomisk som praktisk. Rent mekaniske løsninger er dog stadig relevante for de driftsledere, som har god erfaring med metoderne, og eventuelt bruger dem i forbindelse med økologisk dyrkning. Tilsvarende konklusioner er anført i Oversigt over Landsforsøgene 2002.

Et væsentligt spørgsmål er imidlertid, om stærkt nedsatte herbicidforbrug fører til mere ukrudt på sigt og dermed senere medfører en øgning af BI. Det spørgsmål kan der ikke svares direkte på i denne undersøgelse, men de tiloversblevne ukrudtsmængder efter bekæmpelse i forsøgsdelene indikerer ikke, at BI under måltallene skulle medføre større ukrudtsproblemer på sigt. Tværtimod indikerer undersøgelse, at et højt BI ved forkert middelvalg og/eller anvendelse kan efterlade betydeligt mere ukrudt end et lavt BI udført optimalt. Ukrudtsmængderne i de undersøgte marker udgjorde overvejende under 5% af den totale biomasse omkring 1. juli, hvilket må betegnes som små ukrudtsproblemer. Teoretisk set kan en ukrudtsmængde på 5% påføre afgrøden et udbyttetab på op til 5%, men det vil kræve en upåvirket ukrudtsbestand, der konkurrerer med afgrøden fra fremspiring af. Ukrudtet i denne undersøgelse er mere eller mindre sat tilbage som følge af behandlingerne. Ukrudtsbiomassen består primært af ukrudtsplanter med stærkt nedsat vækst, genvækst og/eller sent fremspirede ukrudtsplanter, som på grund af forsinkelsen ikke vil kunne påvirke afgrøden betydeligt. Meget af ukrudtsbiomassen, som registreredes i de behandlede felter, er således overvejende ”ikke konkurrencedygtig biomasse”. Ifølge en længere forsøgsserie i Oversigten over Landsforsøgene 2001 har der ikke været væsentlige ulemper med at nedsætte dosis til 1/4-del af normaldoseringen i vårsæd og 1/2-delen i vinterhvede. Ganske vist var antallet af ukrudtsplanter generelt større ved nedsat dosis, men ikke dækningsgraden ved høst, fordi de enkelte ukrudtsplanter var stærkt væksthæmmet af selv 1/4-del dosis. Nettomerudbyttet ved nedsat dosis var bedre i både vårbyg og vinterhvede, primært fordi nedsat dosis gav ca. samme merudbytte som normaldoseringen, men kemikalieudgiften var i sagens natur mindre. Tidligere undersøgelser med nedsatte herbiciddoseringer mod hvidmelet gåsefod og fersken og bleg pileurt i vårbyg har også vist, at selv doser på 1/4-del eller mindre af normaldoseringen vil medføre en kraftig reduktion i ukrudtsplanternes biomasseproduktion og dermed frøproduktion (Rasmussen, 1993; Lutmann, 2002). Rasmussen (1993) kom frem til, at den biomasseproduktion, som en 1/4-del normaldosering efterlod, ikke ville give anledning til en forøgelse af populationen af hvidmelet gåsefod og pileurt på længere sigt, selv ikke under de værste tænkelige forhold. Rasmussen (2002) fremfører heller ikke, at et mindre herbicidforbrug skulle medføre væsentlige problemer, og fandt endog, at manglende ukrudtsbekæmpelse i konkurrencestærke afgrøder ikke gav anledning til mere ukrudt over en 5-årig periode.

Selvom ukrudtsmængder på under 5% ikke bør give anledning til de store bekymringer, hverken udbyttmæssigt eller med risiko for opformering på længere sigt, er der ukrudsarter i korn som bør give anledning til særlig opmærksomhed, og som kan gøre det svært at nedbringe BI væsentligt eller endog at nå måltallet. I vintersæd er det primært græsukrudt og burre-snerre, som alle har stor økonomisk betydning. I vårsæd er det primært arter som pileurt, hane-kro og gul okseøje. I frøavlsdominerede sædskifter kan der være arter, som f.eks. enårig rapgræs, hvor det af hensyn til frøvarens renhed kan være svært at nedbringe BI.

Rækkeafgrøderne

I majs og kartofler demonstrerede de mekaniske metoder et betydeligt potentiale for helt at undlade kemisk ukrudtsbekæmpelse, hvilket naturligvis vil bidrage betydeligt til en nedsættelse af det samlede BI (herbicer, fungicer og insekticer) for disse afgrøder. Tilsvarende gode resultater med mekanisk ukrudtsbekæmpelse i kartofler og majs er tidligere vist under danske forhold (Mikkelsen, 1997; Rasmussen, 2002). Større implementering i praksis vil på mange bedrifter kræve nye investeringer og oplæring i ny teknik.

I sukeroer var der ligeledes gode resultater i forsøgsdelene med en markant nedsættelse af BI. En større udbredelse af radrensning og båndsprøjtning kræver imidlertid en fortsat udvikling af båndsprøjtningsteknikken, automatisk styring af redskaberne samt muligheden for at udføre radrensning og båndsprøjtning i samme arbejdsgang. Forhold, som alle er vigtige for at sikre den biologiske effekt, for at kunne opnå en tilstrækkelig arbejdskapacitet, samt gøre de nødvendige investeringer rentable.

Sammendrag og konklusioner

På ni udvalgte konventionelle bedrifter blev det i 2001 og 2002 undersøgt, om det var muligt at nedbringe behandlingsindekset (BI) for herbicer markant i forhold til måltallene i Pesticidhandlingsplan II. Bedrifterne fordelte sig med 3 i Midtjylland (2 svinebedrifter og 1 planteavlsbedrift), 3 i Østjylland (2 svinebedrifter og 1 planteavlsbedrift) og 3 på Sjælland (alle planteavlsbedrifter). En ressourceperson fra Danmarks JordbrugsForskning planlagde sammen med driftslederne og den lokale konsulent en række bekæmpelsesstrategier for den enkelte bedrift. Man inddrog så meget som muligt af den nyeste viden om mekanisk ukrudtsbekæmpelse, nedsatte herbiciddoseringer og foranstaltninger til forbedring af afgrødens konkurrenceevne. Den valgte strategi (lav BI-strategi) blev derefter sammenlignet eksperimentelt med driftslederens eget strategivalg med hensyn til ukrudtseffekt, opnået BI, og påvirkning af afgrødens vækst. I alt 18 vårbygmarker, 21 vinterhvedemarker, 1 vinterbygmark, 2 ærtemarker, 2 kartoffelmarker, 2 majsmarker og 2 sukeroemarker indgik i undersøgelserne. Arbejdet kan samles i følgende konklusioner:

- Driftsledernes egne bekæmpelsesstrategier medførte ofte et BI, som var på niveau med eller under måltallene.

- Dialogen med ressourcepersonen medførte generelt en yderligere reduktion af BI sammenlignet med driftslederens eget valg: således blev BI nedsat til 0,43 som gennemsnit af alle vårbygmarkerne (måltal 0,7); 0,63 i hvede (måltal 1,2); 1,67 i ærter (måltal 1,8); 0 i kartofler (måltal 1,0 for melkartofler); 0 i majs (måltal 1,1); 0,86 i roer (måltal 2,4).
- I langt de fleste tilfælde efterlod begge bekæmpelsesstrategier relativt små og ofte ubetydelige ukrudtsmængder, som vurderes ikke at have nævneværdig betydning for hverken afgrødeudbyttet eller opformeringen af ukrudt på længere sigt.
- Den lave BI-strategi gav i langt de fleste tilfælde samme ukrudtseffekt som driftslederens egen strategi, og hvis ikke, var der ofte tale om små forskelle.
- Ukrudtsharvning i korn kræver stor viden og erfaring med denne bekæmpelsesmetode for at undgå utilsigtede effekter som afgrødeskader eller forværring af ukrudtsproblemet som følge af øget ukrudtsfremspiring. I kombination med kemisk bekæmpelse bliver effekterne ikke væsentlig bedre, eller mere sikre, og denne kemikanske strategi vurderes ikke at være relevant for konventionel korndyrkning på det nuværende grundlag. Nedsatte herbiciddoseringer kombineret med øget afgrødekonkurrence, eller ukrudtsharvning udført alene, vurderes at være mere økonomisk og rational.
- Mekanisk ukrudtsbekæmpelse i rækkeafgrøderne, majs og kartofler, blev gennemført med høj effekt uden behov for supplerende kemisk bekæmpelse. I sukkeroer var båndsprøjtning og radrensning særdeles effektive. Mekanisk ukrudtsbekæmpelse i landbrugsrækkeafgrøder har derfor et betydeligt potentiale for at nedsætte BI markant.

Litteratur

- Lutman PJW. 2002. Estimation of seed production by *Stellaria media*, *Sinapis arvensis* and *Tripleurospermum inodorum* in arable crops. Weed Research, 42. 359-369.
- Mikkelsen G. 1997. Mekanisk renholdelse i majs og kartofler. 14. Danske Planteværnskonference. Pesticider og miljø/Ukrudt. 183-192.
- Rasmussen IA. 1993. Bliver ukrudtets frøproduktion et problem ved anvendelse af reducerede doseringer i kornafgrøder? 10. Danske Planteværnskonference. Pesticider og miljø/Ukrudt. 71-81.
- Rasmussen J. 1998. Ukrudtsharvning i vinterhvede. 15. Danske Planteværnskonference. Pesticider og miljø/Ukrudt. 179-189.
- Rasmussen K. 2002. Weed control by a rolling cultivator in potatoes. 5th EWRS Workshop on Physical and Cultural Weed Control, Pisa, Italy, 11-13 March 2002. 111-118 (available on CD).
- Rasmussen J & Rasmussen K. 1994. Strategier for mekanisk ukrudtsbekæmpelse i vårsæd. 11. Danske Planteværnskonference. Pesticider og miljø/Ukrudt. 149-162.
- Rasmussen K, Rasmussen G, Badsberg JH & Holst N. 2002. Ukrudtsudviklingen i forskellige sædskifter med og uden bekæmpelse i konkurrencesterke afgrøder. 19. Danske Planteværnskonference. Ukrudt, sygdomme og skadedyr. 151-166.

Oversigt over Landsforsøgene 2001. Forsøg og undersøgelser i de landøkonomiske foreninger. Udgivet af Landsudvalget for Planteavl. Landbrugets Rådgivningscenter. 83 og 116-117.

Oversigt over Landsforsøgene 2002. Forsøg og undersøgelser i de landøkonomiske foreninger. Udgivet af Landsudvalget for Planteavl. Landbrugets Rådgivningscenter. 121-123.

Båndsprøjtning – hvor langt er vi kommet?

Band application – how far have we come?

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

Ivar Lund
Danmarks JordbrugsForskning
Afdeling for Jordbrugsteknik
Forskningscenter Bygholm
DK-8700 Horsens

Jørgen Ravn
Sjællandske Familiebrug
Glasmagervej 4, Fensmark
DK-4700 Næstved

Jens J. Høy
Landbrugets Rådgivningscenter
Udkærsvej 15, Skejby
DK-8200 Århus N

Summary

The paper describes results of a project on band application and row hoeing for weed control in row crops. The project included two main activities. One focused on solving the problems with dust, which can reduce herbicide efficacy when band application and row hoeing are carried out in combination. The other activity focused on biological efficacy in relation to nozzle selection, mounting, and bandwidth.

Indledning

I forlængelse af Bichel-udvalgets arbejde og vedtagelsen af Pesticidhandlingsplan II blev der iværksat et forskningsprogram, som skulle medvirke til at realisere målene i pesticidhandlingsplanen. Et af elementerne var et projekt om båndsprøjtning, som er en af de oplagte muligheder for at opfylde de opstillede måltal for herbicider i rækkedyrkede afgrøder. Indholdet i båndsprøjtningsprojektet var fokuseret på at løse nogle af de spørgsmål, der ofte nævnes som værende begrænsende for en mere udbredt anvendelse af båndsprøjtning og radrensning ved ukrudtsbekæmpelse i rækkesåede afgrøder. To af de områder, som ofte nævnes som barrierer for en øget anvendelse af båndsprøjtning og radrensning, er, at kapaciteten er for lille, samt at ukrudtseffekten ved båndsprøjtning er dårligere end ved bredsprøjtning. Den ofte registrerede nedsatte effekt ved båndsprøjtning samt anvendelse af forholdsvis stor båndbredde betyder, at de realiserede besparelser på dosis er for små til at kunne forrente de merudgifter, der er forbundet med båndsprøjtning og radrensning.

Før dette projekt blev indledt, var det under laboratorieforhold dokumenteret, at jordstøv på ukrudtsplanter kan reducere effekten af en række herbicider (Mathiassen & Kudsk, 1999). Når der radrenses under tørre forhold, vil jordstøv let blive hvirvlet op og afsat på ukrudtsplanter. Undersøgelser af, hvorvidt de støvmængder, der kan forekomme i praksis, kan reducere herbicideffekten samt mulighederne for at undgå dette ved kombineret båndsprøjtning og radrensning, var et af elementerne i dette projekt. Et andet delelement var undersøgelser af egnetheden af forskellige dysetyper til båndsprøjtning i forskellige båndbredder.

Metode

Betydning af støvproblemer i praksis og forebyggelse af disse ved afskærmning

Undersøgelser omkring dette emne blev startet op i 1996 af Sjællandske Familiebrug, Center Syd. I det oprindelige projekt blev der dels foretaget de omtalte laboratorieundersøgelser, der viste, at jordstøv kan reducere effekten af en række herbicider, og der blev gennemført et enkelt års markforsøg i 1999. I markforsøgene blev betydningen af forskellige placeringer af radrenserudstyr i forhold til båndsprøjtningsudstyr undersøgt. Formålet var at undersøge, om det var muligt at undgå generne fra jordstøv. Udstyret var uafskærmet, og resultaterne viste, at uafhængigt af placering af radrenserenhederne i forhold til båndsprøjteudstyret var ukrudtseffekten svagere end ved bredsprøjtning. Undersøgelserne i projektårene 2000-2002 blev derfor koncentreret omkring mulighederne for at afskærme det båndsprøjtede areal for støvgenerne, der kan opstå ved radrensning under tørre forhold. Denne del af projektet blev foretaget i udstationerede forsøg hos forsøgsværter ved Sjællandske Familiebrug. Forsøgene i de 3 år er udført efter lidt forskellige planer og med videreudvikling af udstyret fra år til år. Der har været afprøvet 2 forskellige afskærmninger. I alle 3 år har der været anvendt en kommercielt tilgængelig skærm, den såkaldte Skovhave Klip-Klap Sprøjteskærm (www.skovhave.dk). Skærmen er af plast og udmærker sig ved at være meget fleksibel, således at den nemt indstilles til den ønskede arbejdsbredde. Skærmen er nedadtil forsynet med nylonhår, som sikrer en effektiv afskærmning af siderne ved kørsel på marker med normalt forekommende ujævnheder. Skærmen har i forsøgene været monteret, så den afskærmede radrenserenhederne. I 2001 blev der yderligere inkluderet et system, der var fremstillet af Landskontoret for Bygninger og Maskiner. Systemet bestod af en lukket stålkasse, hvori sprøjtedysen var monteret. Stålkassen var udformet som en tunnel, hvori der yderligere var anbragt et luftsysteem, der frembragte et overtryk i tunnelen for at hindre jordstøv i at trænge ind under båndbehandlingen.

Fordelingstest fra sprøjtedyser

På Afdeling for Jordbrugsteknik er der gennemført fordelingstest med en række potentielle båndsprøjtedyser. Dyserne blev testet til anvendelse i forskellige båndbredder ved at variere dysehøjden og/eller ved at vinkle dyserne i forhold til den normale montering. Fordelingstesten er udført på et fordelerbord med opsamlingskanaler inddelt i 10 mm's interval. Der er gennemført test i såvel stationær stand som dynamisk, hvor fartvinden kan påvirke

fordelingen fra dysen. Resultaterne fra fordelingstestene er anvendt til at beregne dysehøjde og vinkling i de efterfølgende markforsøg. Dette gælder specielt for dyser, som ikke normalt anvendes som båndsprøjtningdyser, og hvor indstillingen alene ud fra visuelle vurderinger er vanskelig, eksempelvis ved anvendelse af almindelige fladsprededyser.

Biologiske effektforsøg med forskellige dysetyper

I markforsøg på Flakkebjerg er den biologiske effekt af en række dyser anvendt som bånddyser ved forskellige båndbredder undersøgt. I forsøgene er der anvendt en doseringsrække på 5 eller 6 doseringer af et phenmedipham produkt for at kunne beskrive hele doseringskurven. Behandlingerne er udført som engangsbehandling på udsået raps på kimbladstadiet, og effekten af behandlingerne er registreret elektronisk 8-10 dage efter sprøjtning. I alle forsøg er effekten af båndbehandlingerne sammenlignet med effekten, der blev opnået ved bredsprøjtning med en fladsprededyse F02 samt en lavdriftdyse LD015.

Resultater

Betydning af støvproblemer i praksis og forebyggelse af disse ved afskærmning

Resultaterne af de 3 års forsøg med afskærmning er vist i tabel 1 – tabel 3.

Tabel 1. Bredsprøjtning og båndsprøjtning med skærmet og uafskærmet udstyr i bederoer. Broadcast application and band application with shielded and unshielded equipment in beets.

Bederoer 2000, 2 forsøg	Ukrudt antal pr. m ² før 2. behandling		Ukrudt pr. m ² 4 uger efter sidste sprøjtning		Ukrudt, pct. dækning ved aftopning	
Behandling	Forsøg 1	Forsøg 2	Forsøg 1	Forsøg 2	Forsøg 1	Forsøg 2
2 x bredsprøjtning	110	183	91	52	26	13
2 x skærmet radrensning + båndsprøjtning	109	59	66	19	15	3
2 x uskærmet radrensning + båndsprøjtning	75	84	61	43	14	4
LSD 1-3	ns	52	ns	16	ns	3

Led 1-3 behandlet med 1,0 l Herbasan + 25 g Safari + 0,3 l Renol pr. ha. Led 2-3 behandlet i 17 cm bånd.

I de 2 forsøg i 2000 (tabel 1) er 2 x bredsprøjtning sammenlignet med 2 forsøgsled, hvor der er udført kombineret båndsprøjtning og radrensning ligeledes med 2 behandlinger. I det ene led har der ikke været foretaget afskærmning, mens det andet båndbehandlede led har været udført med skærmede radrenserenheder. Ukrudtstallene i tabel 1 viser, at der blev fundet en svagere effekt ved bredsprøjtningen end ved de 2 båndbehandling, hvilket ikke umiddelbart

kan forklares. Ved visuelle bedømmelser af støvforekomst i de båndbehandlede led blev der i forsøg 1 registreret en halvering af støvmængden i det skærmede forsøgsled ved første behandling men ingen forskel ved 2. behandling. I forsøg 2, hvor der på grund af jordtypen forekom langt større støvmængder ved behandlingerne, blev det vurderet, at afskærmningen reducerede støvmængden med en faktor 35 henholdsvis 8 ved 1. og 2. behandling. Den skærmede båndbehandling har givet en statistisk sikker bedre ukrudtseffekt end den uafskærmede i dette forsøg.

Tabel 2. Bredsprøjtning og båndsprøjtning med skærmet og uafskærmet udstyr i bederoer. Broadcast application and band application with shielded and unshielded equipment in beets.

Bederoer 2001, 4 forsøg	Ukrudt antal pr. m ² før 1. beh.	Ukrudt antal pr. m ² før 2. beh.	Ukrudt antal pr. m ² før 3. beh.	Ukrudt pr. m ² 14 dage efter 3. beh.
3 x bredsprøjtning	98,6	49,4	32,0	23,6
3 x skærmet radrensning + båndsprøjtning	83,1	57,4	50,6	37,4
3 x uafskærmet radrensning + båndsprøjtning	91,0	76,2	70,0	58,2
LSD 1-3	ns	ns	ns	ns

Led 1-3 behandlet med 3 x 0,8 Herbasan + 0,5 kg Goltix + 15 g Safari + 0,3 – 0,5 l olie pr. ha.

Led 2-3 behandlet i bånd på 17 cm ved båndsprøjtningerne.

I 2001 blev der gennemført 4 forsøg (tabel 2) efter en tilsvarende plan. Det fremgår, at der ikke blev registreret forskelle i effekt, hverken mellem bredsprøjtet og båndbehandlet eller mellem skærmet og uafskærmet båndbehandling. Effekten af afskærmning på støvafsætning blev vurderet at være mindre end det foregående år.

I forsøgene i 2001 blev den passive afskærmning sammenlignet med en afskærmning, hvor der var etableret overtryk i skærmen for at forhindre støvindtrængning. Anvendelsen af overtryk i skærmen ændrede ikke på støvafsætning eller ukrudtseffekt (resultater ikke vist).

I 2002 blev der ligeledes gennemført 4 forsøg. Vejrforholdene under forsøgsbehandlingerne i 2002 betød, at støv ikke forekom som i de tidligere år. Som det fremgår af tabel 3, blev der opnået ukrudtseffekter, som kun varierede lidt mellem behandlingerne, og generelt er der opnået samme effekt med skærmet såvel som med uskærmet båndbehandling som med bredsprøjtning.

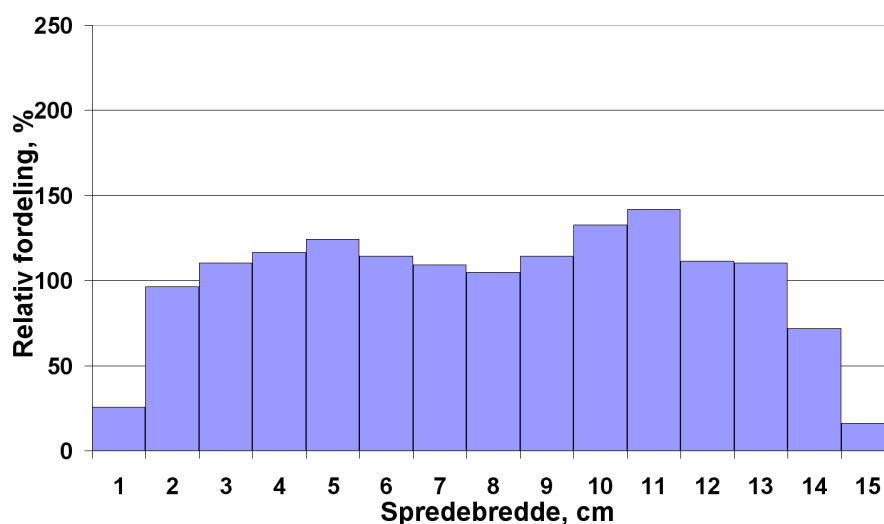
Tabel 3. Bredsprøjtning og båndsprøjtning med skærmet og uafskærmet udstyr i bederoer. Broadcast application and band application with shielded and unshielded equipment in beets.

Bederoer	Ukrudt pr. m ² efter behandling				Ukrudt pct. dækning medio august
	Forsøg 1	Forsøg 2	Forsøg 3	Forsøg 4	
2002, 4 forsøg					Gns. af forsøg
3 x bredsprøjtning	0	4	4	16	9
3 x skærmet radrensning + båndsprøjtning	1	5	4	22	7
3 x uafskærmet radrensning + båndsprøjtning	1	9	8	27	6
LSD 1-3	ns	ns	ns	ns	ns

Led 1-3 behandlet med 3 x 0,5 l Herbasan + 0,3 kg Goltix + 10 g Safari + 0,3-0,5 l olie pr. ha. Led 2-3 behandlet i 17 cm bånd.

Fordelingstest fra sprøjtedyser

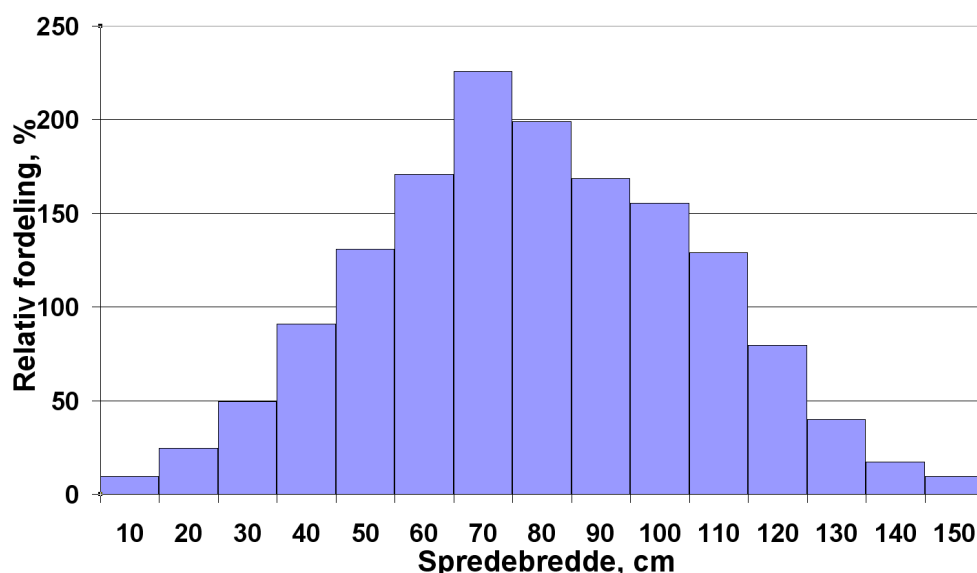
Båndsprøjter kan monteres med forskellige typer af dyser og forskelligt antal dyser pr. bånd. Tidligere undersøgelser har ikke vist nogen fordel ved at anvende flere dyser pr. bånd frem for en enkelt dyse centreret over båndet.



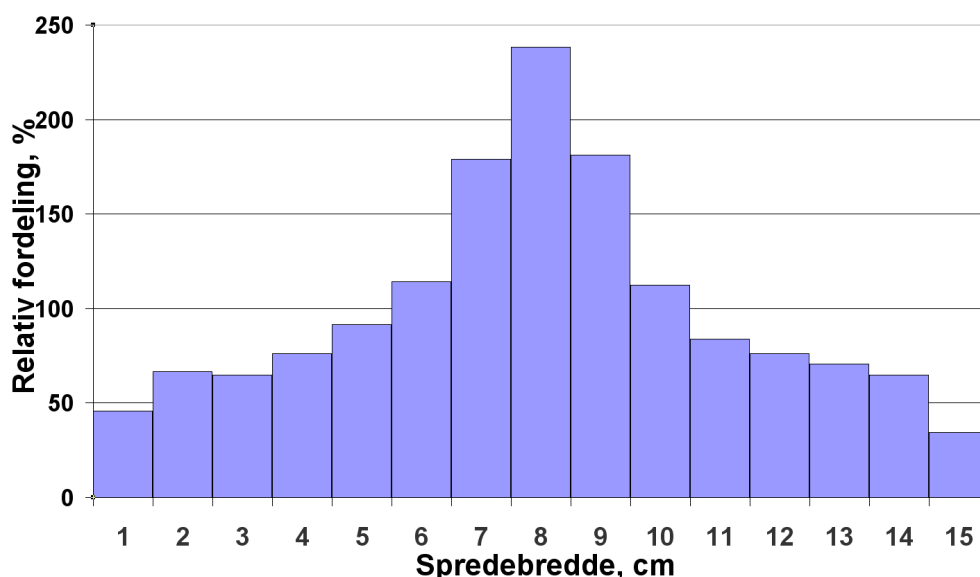
Figur 1. Relativ væskefordeling for Evendyse (TeeJet TJ60-4002EVS). Spray distribution from even spray nozzle (TeeJet TJ60-4002EVS).

I den del af projektet, hvor den biologiske effekt af forskellige dyser blev undersøgt, blev der derfor kun foretaget undersøgelser med en dyse pr. bånd. Den dysetype, der umiddelbart forekommer mest egnet til formålet, er evendysen, som er specielt udviklet til båndsprøjtning. Evendysen er karakteriseret ved at have et rektangulært spredbillede og dermed en tilnær-

melsesvis ensartet væskefordeling i hele båndbredden. Et eksempel på væskefordelingen fra en eventyde er vist i figur 1. Væskefordelingen fra runddyser (figur 2) og fladsprededyser (figur 3) er derimod kendetegnet ved, at der afsættes mest sprøjtevæske lige under dysemundingen.



Figur 2. Relativ væskefordeling for runddyse (TeeJet TXB80005VK). Spray distribution from even spray nozzle (TeeJet TXB80005VK).



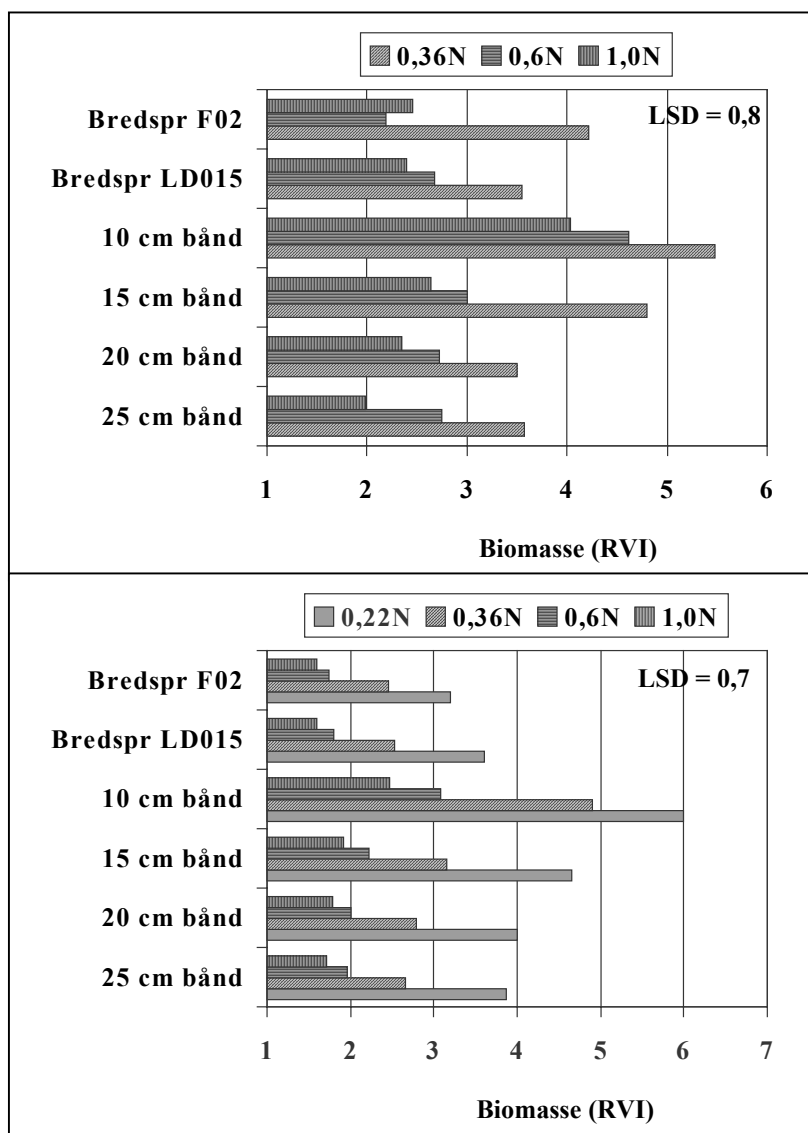
Figur 3. Relativ væskefordeling for fladsprededyse (TeeJet TP650067). Spray distribution from even spray nozzle (TeeJet TP650067).

Runddyser og fladsprededyser forekommer derfor umiddelbart mindre egnede til båndsprøjtning. Ved separat båndsprøjtning og radrensning vil der imidlertid være behov for en zone, hvor sprøjtning og radrensning overlapper for at kunne være sikker på, at der ikke opstår mester, hvor der hverken er sprøjtet eller radrenset. Denne zone vil kunne udgøre en relativt stor

andel af det totalt sprøjtede areal, specielt hvis der anvendes et smalt bånd. I overgangszonen vil det være naturligt, at doseringen gradvis aftrappes, og det er netop det, der vil være tilfældet ved anvendelse af runddyser og fladsprededyser. Ved anvendelse af runddyser og fladsprededyser vil det derfor være muligt at opnå en højere dosis i centrum af det behandlede bånd uden, at den totale dosis pr. ha øges i forhold til eventyser ved samme båndbredde.

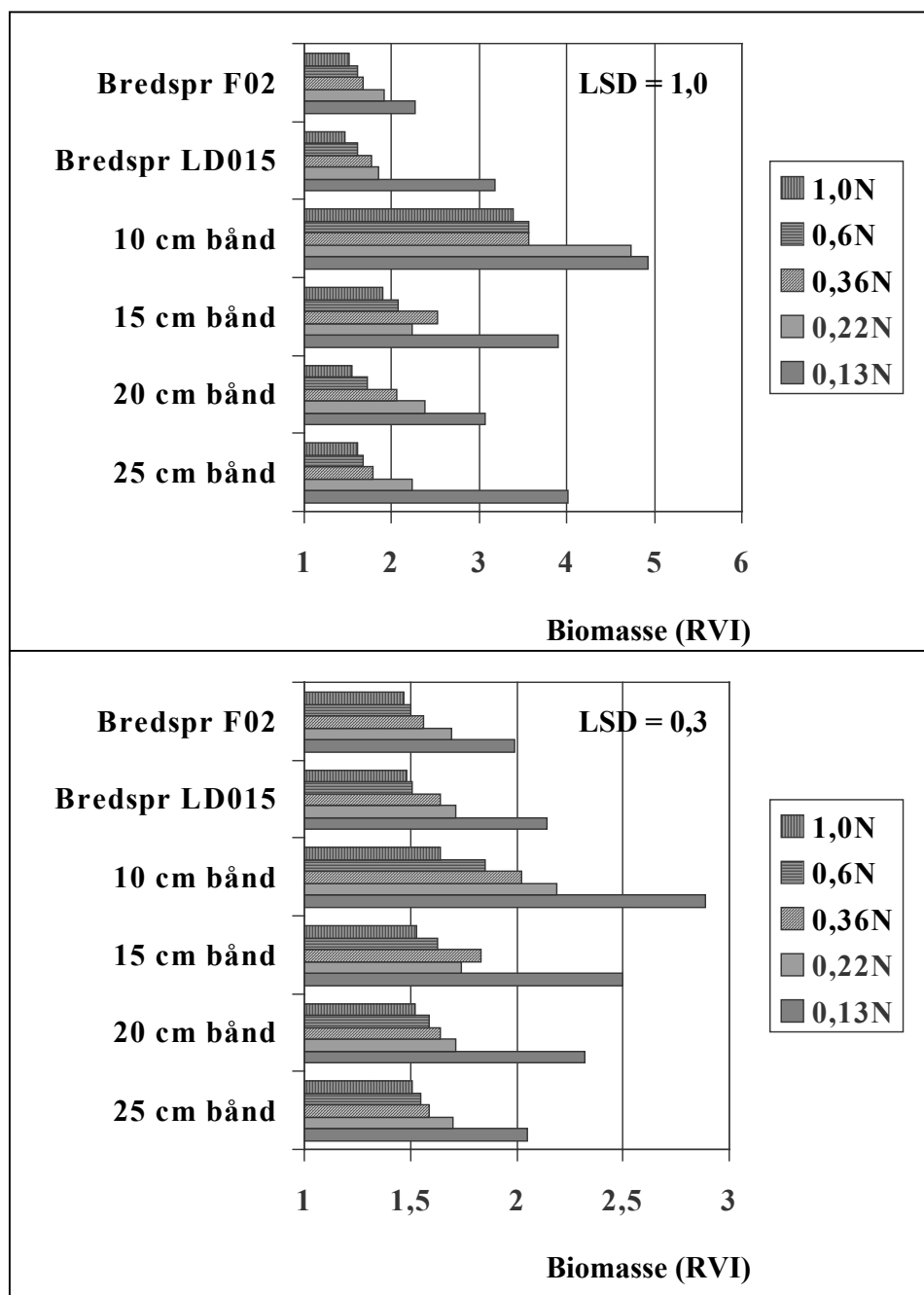
Biologiske effektforsøg med forskellige dysetyper

Effektforsøg er gennemført med sammenligning af effekt ved båndsprøjtning i 10, 15, 20 samt i 25 cm's båndbredde i forhold til effekt ved bredsprøjtning. Resultaterne fra 2000 er



Figur 4. Effekt af Betanal over for raps på kimbladstadiet ved båndsprøjtning med en centralt placeret TeeJet TP650067 fladsprededyse i 4 båndbredder opnået ved 8, 12, 16 eller 20 cm dysehøjde. Efficacy of phenmedipham against *B. napus* at the cotyledon stage with band application with one TeeJet TP650067 flat fan nozzle in 4 different band widths obtained using a nozzle height of 8, 12, 16 or 20 cm.

afrapporteret tidligere (Jensen, 2001). På baggrund af resultaterne fra 2000 blev det videre arbejde koncentreret omkring dyser med små dyseydeler. Resultaterne med en runddyse henholdsvis en fladsprededyse er vist i figur 4 og 5.



Figur 5. Effekt af Betanal over for raps på kimbladstadiet ved båndsprøjtning med en centralt placeret TeeJet TXB80005 runddyse i 4 båndbredder opnået ved 6, 9, 12 eller 15 cm dysehøjde. Efficacy of phenmedipham against *B. napus* at the cotyledon stage with band application with one TeeJet TXB80005 hollow cone nozzle in 4 different band widths obtained using a nozzle height of 6, 9, 12 or 15 cm.

Det fremgår af figurerne, at der generelt er fundet en aftagende effekt, når båndbredden reduceres fra 25 til 10 cm. Det er dog kun ved anvendelse i 10 cm båndbredde, der er en sikkert dårligere effekt end ved bredsprøjtning.

Diskussion

I mange sukkerroemarker radrenses for at holde styr på ukrudtet, selvom der er gennemført fuldt ukrudtsprogram med bredsprøjtning. Når der alligevel radrenses, vil det være naturligt at foretage ukrudtsbekæmpelsen generelt med båndsprøjtning og radrensning. Fra praksis er der stigende interesse, men der nævnes en række problemer og ulemper ved metoden, som gør, at den kun anvendes i begrænset omfang. Båndsprøjtning og radrensning kan udføres i separate arbejdsgange eller som en kombineret behandling. Formålet med dette projekt har ikke været at tage stilling til hvilken metode, der er at foretrække, men at løse nogle af de problemstillinger, der har været rejst. Ved projektets start var der dokumentation for, at det støv, der forekommer ved kombineret båndsprøjtning og radrensning under tørre forhold, kan reducere ukrudtseffekten væsentligt. Et af formålene med projektet var at undersøge, om det var muligt at undgå støv på de planter, der står i det sprøjtede bånd. Under markforhold kan det være svært at finde en forsøgsmetodik, der kan belyse sådan et spørgsmål, eksempelvis forekommer støvgener ikke alle år. I forsøgene er det registreret, at en passiv og dermed prisbillig afskærmning har været lige så effektiv som en dyrere afskærmning med overtryksluft. Der er desuden fundet en meget markant reduktion af støvforekomst i båndet ved anvendelse af afskærmning af radrensenhederne i forsøg, hvor der blev behandlet under støvende forhold. Endelig er der opnået ukrudtseffekter ved den kombinerede båndsprøjtning og radrensning med skærmet udstyr, som har været på højde med bredsprøjtning. Tilsvarende resultater er fundet i demonstrationsforsøg (Anon, 2003).

I den anden del af projektet har der været foretaget undersøgelser af forskellige dyser til anvendelse som båndsprøjtedyser. Formålet har dels været at undersøge effekten af dyserne ved de båndbredder, som p.t. anvendes i praksis, det vil sige 15-25 cm. Dels har formålet været at undersøge mulighederne for at anvende allerede markedsførte dyser til båndbredder på 10 cm, som vil være relevant i kombination med nogle af de nye styringsteknikker. I forsøgene er der en generel tendens til aftagende effekt af en dyse, når båndbredden reduceres fra 25 til 10 cm, og effekten i 10 cm bånd er for de fleste dyser sikkert dårligere end bredsprøjtning. Der kan være flere årsager til dette, hvor de to væsentligste formodes at være væskemængden og dysehøjden. Ved 10 cm's bånd behandles kun 20% af arealet i afgrøder dyrket på 50 cm rækkeafstand, og væskemængden i båndet bliver derfor let meget høj, hvilket nedsætter effekten, fordi sprøjtevæsken "løber af" ukrudtet. Der findes kommercielt fremstillede dyser, som kan anvendes med væskemængder på under 500 l/ha i båndet (størrelse 01 og mindre) ved behandling af 10 cm bånd. Som det ses af figur 4 og 5, har resultatet med disse dysestørrelser ligeledes vist en svagere effekt ved anvendelse i 10 cm bånd. Det formodes derfor, at dysehøj-

den er en anden væsentlig faktor. For at opnå et bånd på 10 cm skal specielt dyser med stor spredevinkel meget tæt på jorden. Dermed kan dråbedannelsen ikke forventes at være fuldendt, og dråbehastigheden er så stor, at en større refleksion af dråber må forventes, når de rammer blade. En mulighed for at undgå dette problem er ved at vinkle dyserne i kørselsretningen for at reducere båndbredden på denne måde. Det har været forsøgt i enkelte forsøg og med positivt resultat. Generelt henstår dog nogle spørgsmål omkring dysevalg ved båndsprøjtning i smalle 10 cm bånd. Til anvendelse ved 15 cm båndbredde og derover er flere typer dyser egnede og kan anvendes med samme effekt som ved bredsprøjtning. Disse er beskrevet af Jensen og Lund (2003) sammen med praktiske vejledninger om dysehøjde, doseringsberegning etc.

Sammendrag

Artiklen beskriver de aktiviteter, der har været gennemført i Bichelpjektet om båndsprøjtning og radrensning i perioden 2000-2002. Projektet indeholdt to hovedaktiviteter. I den ene aktivitet blev mulighederne for at løse problemerne med støv, der kan reducere herbicideffekten ved kombineret båndsprøjtning og radrensning, undersøgt. I den anden aktivitet blev effekt ved båndsprøjtning undersøgt i relation til dysevalg og montering samt båndbredde.

Litteratur

- Anon.* 1997. Bandsprøjtning och radrensning från sådd till skörd. SockerNäringens Samarbetskommitté Informerar, nr. 42, Januar 1997.
- Anon.* 2003. Demonstration af radrensning og båndsprøjtning, 2000 til 2002. Oversigt over Landsforsøgene 2002, 289-290.
- Jensen PK.* 2001. Status og perspektiver for anvendelse af båndsprøjtning. 18. Danske Planteværnskonference – Ukrudt. DJF Rapport nr. 40, Markbrug, 173-183.
- Jensen PK & Christensen S.* 1993. Reflectance measurements as a tool for monitoring herbicide efficacy and herbicide tolerance. Proc. EWRS Symp. Quantitative approaches in weed and herbicide research and their practical application, 235-241.
- Jensen PK & Lund I.* 2003. Båndsprøjtning – valg af dysetype, væskemængde, båndbredde og dosering, Grøn Viden, Markbrug nr. 269.
- Mathiassen SM & Kudsk P.* 1999. Herbicideffekt på planter med jordstøv på bladene. 16. Danske Planteværnskonference – Ukrudt. DJF Rapport nr. 9, Markbrug, 119-126.

Nye informationer om meldugresistens i byg og gulrustresistens i hvede

New information about disease resistance genes in varieties of barley and wheat

Mogens S. Hovmøller

Danmarks JordbrugsForskning

Afdeling for Plantebeskyttelse

Forskningscenter Flakkebjerg

DK-4200 Slagelse

Jakob Willas Jensen

Danmarks JordbrugsForskning

Afdeling for Sortsafprøvning

DK-4230 Skælskør

Summary

In recent years there has been an increased focus on the utilisation of host resistance for disease control in cereals, in organic farming systems as well as in conventional agriculture. Through the Pesticide Action Plan II (2000-2002), a project dealing with improved characterisation of host resistance in commercial varieties of winter- and spring barley and winter wheat was carried out. The project had two main types of experimental studies: *i*) postulation of race-specific powdery mildew resistance in spring- and winter barley and yellow rust resistance in wheat, and *ii*) assessment of level of partial resistance to major cereal diseases as expressed under field conditions using inoculated trials. The present review deals with the postulation of resistance genes only. In spring barley, 13 different resistance genes were postulated among varieties currently being multiplied for seed increase. Among these, *Mlo* was by far the most common. In winter barley, 6 genes were found, some of which were common to both spring and winter barley. This situation is far from being optimal, and such genes may not maintain ability to control powdery mildew in spring barley for very long because of the intense selection for the matching virulence. In yellow rust, 10 sources of resistance were identified among 27 varieties of which certified seed was available in the autumn 2002. *CV*-resistance was among the most common sources of resistance in the varieties. Although this resistance previously has been defeated under Danish conditions, it has proved very effective for yellow rust control since 1995, where the corresponding virulence has been missing the Danish yellow rust population. Although molecular markers for resistance is being developed at a high rate, only a tiny proportion of potential powdery mildew and yellow rust resistance genes can be identified at present. Further, the level of throughput and cost effectiveness of the marker systems need to be improved before they can supersede the well-

known host-pathogen interaction test in variety testing schemes, which has been used so far for postulating host resistance genes.

Indledning

I de senere år har der været øget fokus på udnyttelse af sortsegenskaber i korn, herunder resistens mod bladsvampe. Det gælder både i det konventionelle jordbrug og i økologisk dyrkning. Det skyldes primært, at resistens har et meget stort potentiale for forebyggelse af svampesygdomme i korn kombineret med, at resistens er en særdeles miljøvenlig og billig form for plantebeskyttelse. Den øgede dyrkningssikkerhed, som planteavleren opnår ved at dyrke sorter med god resistens, er således ikke forbundet med ekstra omkostninger.

En optimal udnyttelse af resistens forudsætter en grundig karakterisering af resistensegenskaber i de sorter, der er til rådighed for planteavleren samt kendskab til virulensegenskaber og dynamik i de patogenpopulationer, som er årsag til de forskellige sygdomme. I foråret 2000 blev der iværksat et projekt under Pesticidhandlingsplan II ”Resistens mod blad- og frøbårne sygdomme i korn”. Projektets aktiviteter var i overvejende grad baseret på kunstig tilført smitte og havde som formål at forbedre grundlaget for sortsvalg og rådgivning i plantebeskyttelse. Kunstig smitte er særlig relevant for sygdomme, som optræder under specielle fugt- og temperaturforhold f.eks. bladplet og skoldplet på byg, for sygdomme som typisk optræder pletvis i marken f.eks. gulrust på hvede, samt for vært-patogen systemer med markante patotype/sort interaktioner, som det ses hos meldug og rust på både byg og hvede.

Resistensprojektet under Pesticidhandlingsplan II indeholdt to typer af resistensundersøgelser: *i*) påvisning af resistensgener, og *ii*) påvisning af partiel resistens via markforsøg. Dette indlæg vil fokusere på undersøgelserne omkring meldugresistensgener i vår- og vinterbyg og gulrustresistensgener i vinterhvede. Tolkning og implementering af de nye informationer om resistens- og resistensgener i SortInfo og andre former for formidling af sortsegenskaber vil blive omtalt.

Påvisning af resistensgener

Påvisning af specifik meldugresistens i byg, der tidligere har været gennemført som en del af den statslige sortsafprøvning (Deneken & Boesen, 1993-1997), ophørte sidst i 1990’erne, mens gulrustundersøgelserne ikke tidligere har været en del af sortsafprøvningen i Danmark. Både bygmeldug som hvedegulrust er kendetegnet ved tydelige gen-for-gen interaktioner (Manners, 1988; Jørgensen, 1988), og resistensgener kan således identificeres ved hjælp af et panel af specifikke patogenisolater med kendt virulensprofil (Torp *et al.*, 1978; Hovmøller, 2001). I princippet kan resistensgener ikke påvises i en sort men kun sandsynliggøres i det omfang tilstedeværelsen ikke bliver modbevist. Da ”avirulens x resistens” jf. gen-for-gen hypotesen giver resistente planter (Flor, 1956), kan en sort, som er fuld modtagelig overfor et givet isolat, således ikke besidde resistensgener, som korresponderer til isolatets *avirulensgener*. Tolkningen af de forskellige vært-patogen interaktioner kompliceres i nogen udstrækning af miljøets indflydelse,

det vil sige både fugt- og temperatur, men også den genetiske baggrund for både sort og patogenisolat kan modificere den fænotypiske expression af interaktionen. Det er derfor afgørende, at undersøgelserne gennemføres under veldefinerede lys-, fugt- og temperaturforhold.

Meldugresistens i vårbyg

I vårbyg blev der fundet 13 forskellige navngivne resistensgener i 157 sorter samt enkelte gener, der endnu ikke er navngivet (Anonym, 1996-2002; Jensen, 2002). Resistensgenerne forekommer i sorterne i en række forskellige kombinationer. Langt det hyppigste resistensgen p.t. er Mlo. Udover Mlo er der i de aktuelle sorter kun to resistens/resistenskombinationer med god effekt overfor den nuværende meldugpopulation, *Mli* i Alabama (fra *Spontaneum* byg, Jahoor, pers. med.) og en kombination af fire resistensilder i Punto (Ri, Tu2, Im9, og Hu4). Der er via den danske virulensovervågning fundet enkelte meldugisolater, der er virulente på disse to sorter, men i meget lave frekvenser. Mlo er speciel ved, at der endnu ikke med sikkerhed er fundet patogenisolater med 100% Mlo-virulens (Hovmøller *et al.*, 2000), selvom den forekommer på op mod halvdelen af bygarealet i flere europæiske lande (Bousset *et al.*, 2000). I midten af

Tabel 1. Oversigt over specifik meldugresistens i vårbyg samt modtagelighed for henholdsvis meldug, bygrust, skoldplet og bygbladplet. Tabellen er fra SortInfo under Pl@nteInfo, med sortering efter fremavlsareal i 2002 (udtræk januar 2003). Overview of race-specific resistance in spring barley and susceptibility for powdery mildew, leaf rust, scald, and net blotch. The table is from SortInfo, which is available from <http://www.planteinfo.dk>.

Hovedoversigt for vårbyg (sorter i Landsforsøg 2002, nyeste data)														
		Udbytteforsøg 1)		Sygdomme (Observationsparceller) 2)					Sortsegenskaber 3)	Fremavlsareal 4)	Modtagelighedsgruppe i Planteværn Online 5)			
		Kerneudb. forholdstal	Meldug dækning	Bygrust dækning	Skoldplet dækning	Bladplet dækning	Specifik meldug resistens	C2, areal	Meldug	Bygbladplet	Bygrust	Skoldplet		
		(fht)	(%)	(%)	(%)	(%)		(ha)	(kar. -1 - 3)	(kar. 0 - 3)	(kar. 0 - 3)	(kar. 0 - 3)		
Ar		2002	2002	2002	2002	2002	2002	2002	2002	2002	2002	2002		
Sortering														
1. Cicero		100 (10)	0 (12)	6 (13)	1,6 (9)	1,2 (5)	Mlo	4.037	-1	2	2	1		
2. Barke		96 (10)	0 (12)	1,3 (13)	2,3 (9)	0,2 (5)	Mlo	4.018	-1	1	1	1		
3. Alliot		95 (10)	0,01 (12)	1,0 (13)	10 (9)	1,4 (5)	Mlo	2.695	-1	2	1	2		
4. Lux		100 (10)	0,9 (12)	0,3 (13)	3,8 (9)	4,3 (5)	Ar,U3	2.649	2	3	1	2		
5. Prestige		98 (10)	0 (12)	1,4 (13)	1,9 (9)	4,2 (5)	Mlo	2.315	-1	2	1	1		
6. Otrå		103 (10)	0,03 (12)	11 (13)	2,9 (9)	2,7 (5)	Mlo	1.863	-1	2	2	2		
7. Odin		94 (10)	0,03 (12)	9 (13)	0,1 (9)	0,8 (5)	Mlo	1.241	-1	1	2	1		
8. Hydrogen		106 (10)	0 (12)	8 (13)	0,01 (9)	0,3 (5)	Mlo	1.192	-1	1	3	0		
9. Neruda		103 (10)	0 (12)	5,0 (13)	7 (9)	0,4 (5)	Mlo	1.121	-1	1	2	2		
10. Pasadena		98 (10)	6 (12)	1,2 (13)	6 (9)	1,2 (5)	Ar	1.019	2	2	2	2		
11. Annabell		100 (10)	11 (12)	4,6 (13)	4,6 (9)	0,1 (5)	St	712	2	0	2	2		
12. Jacinta		99 (10)	8 (12)	6 (13)	3,1 (9)	1,2 (5)	Ru,Im9,La	456	2	2	1	2		
13. Scarlett		91 (10)	15 (12)	5 (13)	1,2 (9)	0,1 (5)	St	441	2	0	2	1		
14. Astoria		99 (10)	4,8 (12)	4,4 (13)	9 (9)	1,6 (5)	Al	364	2	2	2	2		
15. Alabama		98 (10)	0,01 (12)	5 (13)	4,3 (9)	0,4 (5)	Mli	351	0	1	2	2		
16. Punto		100 (10)	0,3 (12)	0,9 (13)	4,8 (9)	0,4 (5)	Ri,Tu2,IM9,Hu4	343	0	1	1	2		
17. Ortheqa		99 (10)	3,8 (12)	3,6 (13)	0,8 (9)	0,2 (5)	Ar,We,U	271	2	0	1	1		
18. Helium		106 (10)	0,10 (12)	3,3 (13)	1,1 (9)	1,8 (5)	U	216	0	2	2	1		
19. Danuta		98 (10)	0 (12)	7 (13)	2,0 (9)	0,4 (5)	Mlo	201	-1	1	2	2		
20. SW Wikingett		97 (10)	0 (12)	13 (13)	1,1 (9)	0,5 (5)	Mlo	152	-1	1	3	1		
21. Cork		94 (10)	35 (12)	0,1 (13)	2,4 (9)	16 (5)	Al	123	3	3	1	2		
22. Brazil		107 (10)	0,9 (12)	1,1 (13)	6 (9)	4,2 (5)	U	120	2	2	1	2		
23. Mellan		96 (10)	1,7 (12)	0,8 (13)	0,6 (9)	0,5 (5)	Ru,IM9,Hu4	52	1	2	1	1		
24. Harriot		102 (10)	1,3 (12)	4,3 (13)	0,3 (9)	0,4 (5)	St	39	1	1	2	1		
25. Dialog		104 (10)	0,01 (12)	6 (13)	2,5 (9)	2,7 (5)	Mlo	38	-1	2	2	1		

1990'erne blev der gennemført en mindre overvågning for Mlo-virulens i Danmark, hvor der ikke blev fundet isolater med øget aggressivitet på Mlo-resistente sorter. Fra England og Tyskland kommer der jævnligt rapporter om øget frekvens af isolater med øget Mlo-aggressivitet, men egentlig Mlo-virulens har ikke kunnet verificeres. Der findes mindst to kendte isolater med øget aggressivitet, det ene stammer fra Japan og er indsamlet i 1950'erne, og det andet er frembragt under eksperimentelle forhold i Tjekkiet i 1970'erne (Lyngkjær *et al.*, 2000). Ingen af de to isolater menes at være i stand til at etablere en egentlig epidemi på Mlo-resistente sorter under naturlige forhold. Der er oprettet en hjemmeside, hvor de nyeste informationer om Mlo kan findes (<http://www.volny.cz/eschwarzbach/>).

Udover information om den specifikke meldugresistens ses det gennemsnitlige angreb af fire bladsygdomme i ikke-fungicidbehandlede observationsparceller samt modtagelighedsgruppering i Planteværn Online. For bygmeldug benyttes skalaen -1, 0, 1, 2, 3 (for andre patogen-systemer kun 0-3), hvor højeste tal betyder størst modtagelighed for den pågældende sygdom. Grupperingen er bl.a. baseret på sorternes indhold af resistensgener, f.eks. er sorter med Mlo altid i gruppe "-1", som udtryk for, at Mlo indtil videre har været fuld effektiv under danske forhold. Dernæst tages der hensyn til det gennemsnitlige angreb i Observationsparceller i de forudgående år men med mest vægt på det seneste år, såfremt smittetrykket har været tilstrækkelig højt. Tidligere blev der også taget hensyn til, om virulensfrekvensen, som matcher sortens resistens, var stigende eller faldende over tid, men dette forhold er nu udgået som konsekvens af, at den danske meldugvirulensovervågning er ophørt. Modtagelighedsgrupperingen anvendes også i SortsValg (under SortInfo), hvor der foretages beregning af økonomi ved dyrkning af de enkelte sorter bl.a. under hensyntagen til forventet pesticidforbrug.

Meldugresistens i vinterbyg

I vinterbyg har den specifikke resistens typisk haft mindre betydning i praksis, end det er tilfældet i vårbyg (Jensen & Jørgensen, 1981). Det kan skyldes, at de resistenskilder, som har været tilgængelige i forædlingsmateriale af vinterbyg, har haft en relativ kort "holdbarhed", - et fænomen som skyldes, at selektion for virulens baseret på resistens i vinterbyg, er stærkere end selektionen i vårbyg (Hovmøller & Østergård, 1996). Derudover har der i vinterbyg været stor fokus på dyrkningsegenskaber som overvintringsevne og kuldetolerance, hvilket kan have betydet mindre fokus på sygdomsresistens.

Tabel 2 antyder, at der er kommet ny effektiv resistens ind i vinterbyggen f.eks. i Luise (U), Nobelia og Carola (begge med Ar, U3), som får 0,2% eller mindre meldug i gns. i Observationsparceller 2002 (Nobelia dog 2,5% i 2001). Nogen endelig konklusion om det er ny specifik resistens som er effektiv, om det er højt niveau af partiel resistens, eller det blot skyldes et generelt lavt smittetryk i vinterbyg de senere år, kan være vanskelig at drage. Carola er imidlertid fuldt modtagelig på 1-2 bladstadiet overfor et større antal isolater; dette sammenholdt med de lave angreb under markforhold indikerer et relativt højt niveau af partiel resistens. Det samme er

tilfældet med Parasol, der har haft 0,2% eller mindre de seneste to år i OBS'erne.

Tabel 2. Oversigt over specifik meldugresistens i vinterbyg samt modtagelighed for henholdsvis meldug, bygrust, skoldplet og bygbladplet. Tabellen er fra SortInfo, med sortering efter solgt udsæd efterår 2002 (udtræk januar 2003). Overview of race-specific resistance in spring barley and susceptibility for powdery mildew, leaf rust, scald, and net blotch. The table is from SortInfo, which is available from <http://www.planteinfo.dk>.

Hovedoversigt for vinterbyg (sorter i Landsforsøg 2002, nyeste data)										
	Sygdomme (Observationsparceller 2)				Sortsegenskaber 8)	Solgt udsæd 4)	Modtagelighedsgruppe i Planteværn Online 5)			
	Meldug dækning	Bygrust dækning	Skoldplet dækning	Bladplet dækning	Specifik meldug resistens	C2 udsæd	Meldug	Bygbladplet	Bygrust	Skoldplet
	(%)	(%)	(%)	(%)		(t)	(kar. -1 - 3)	(kar. 0 - 3)	(kar. 0 - 3)	(kar. 0 - 3)
Ar	2002	2002	2002	2002	2002	2003	2002	2002	2002	2002
Sortering										
1. <u>Ludo</u>	2,7 (7)	13 (9)	2,1 (18)	0,1 (5)	St	7.397	2	0	3	1
2. <u>Vanessa</u>	1,4 (7)	10 (9)	2,2 (18)	0,02 (5)	U	4.191	1	1	3	2
3. <u>Carola</u>	0,2 (7)	0,06 (9)	2,2 (18)	1,9 (5)	Ar,U3	1.894	1	2	0	1
4. <u>Platine</u>	1,5 (7)	6 (9)	2,6 (18)	0,1 (5)	Ra	1.015	2	1	3	2
5. <u>Menhir</u>	0,1 (7)	3,3 (9)	6 (18)	0,3 (5)	Ra,U	620	0	1	2	2
6. <u>Siberia</u>	2,4 (7)	1,2 (9)	7 (18)	3,7 (5)	Ra,(Ha)	499	2	2	2	2
7. <u>Clara</u>	4,5 (7)	2,4 (9)	0,3 (18)	0,1 (5)	St	456	2	1	2	1
8. <u>Louise</u>	0,03 (7)	2,9 (9)	0,5 (18)	0,06 (5)	U	390	1	1	2	0
9. <u>Cleopatra</u>	0,02 (7)	4,3 (9)	2,6 (18)	1,1 (5)	Ly,(Ha)	266	1	1	2	2
10. <u>Nobilis</u>	0,2 (7)	3,5 (9)	0,8 (18)	0,08 (5)	Ar,U3	138	2	1	2	1
11. <u>Rafiki</u>	2,4 (7)	13 (9)	2,2 (18)	0,3 (5)	Ra	80	2	1	3	2
12. <u>Reni</u>	1,0 (7)	4,2 (9)	3,9 (18)	0,3 (5)	Ra	77	2	1	2	2
13. <u>Parasol</u>	0,01 (7)	0,2 (9)	0,3 (18)	2,1 (5)	Ar	0	0	2	0	0
14. <u>Malibu</u>	1,2 (7)	4,1 (9)	0,5 (18)	0,2 (5)	Sp		2	1	2	1
15. <u>Antonia</u>	1,8 (7)	1,8 (9)	5 (18)	1,5 (5)	Ra,(Ha)		2	2	2	2

Tidligere har man benyttet forskellige resistensgener i henholdsvis vinter- og vårbyg (Torp *et al.*, 1978; Jensen & Jørgensen, 1981; Jensen *et al.*, 1992), hvilket har været en særdeles fornuftig strategi specielt i områder, hvor vårbyg har haft stor betydning. Ifølge tabel 2 er det ikke længere tilfældet, idet resistenskilder som St, Ar og Ly, der oprindeligt blev brugt i vårbyg, nu også findes i vinterbyg. Dette er uheldigt rent strategisk på grund af den stærke selektion for virulens, som modsvarer resistens i vinterbyg (Hovmøller & Østergård, 1996). Dermed kan anvendelse af et givet resistensgen i vinterbyg selv på et lille areal ”ødelægge” effekten af dette gen på et stort areal med vårbyg.

Gulrustresistensgener i vinterhvede

I de 27 hvedesorter, hvoraf der blev certificeret udsæd i efteråret 2002, blev der fundet otte forskellige resistensgener med Yr-betegnelse samt Sd- og CV-resistens (Hovmøller, 2003, upubliceret); sidstnævnte består af et kompleks af tre eller fire resistensgener (Callonec *et al.*, 2002). En oversigt over de forskellige resistensgener/kilder, hvis tilstedeværelse er undersøgt, fremgår

af tabel 3.

Tabel 3. Oversigt over kendte gulrustresistensgener, samt anvendte testsorter (differentialsorter) i forbindelse med påvisning af specifik gulrustresistens i danske vinterhvedesorter (Hovmøller, 2003, upubliceret). Overview of known sources of yellow rust resistance in differential varieties which were used for postulating race-specific resistance in Danish-grown wheat varieties.

Kode for resistens ¹	Testsort	Bemærkning
<i>Yr1</i>	Chiseese 166	alm. i DK-sorter
<i>Yr2</i>	Kalyansona	alm. i DK-sorter
<i>Yr3</i>	Vilmorin 23	alm. i DK-sorter
<i>Yr4</i>	Hybrid46	alm. i DK-sorter
<i>Yr5</i>	<i>Triticum spelta</i>	ikke påvist i kommercielle sorter
<i>Yr6</i>	Heines Kolben	alm. i DK-sorter
<i>Yr7</i>	Lee	ikke påvist i DK-sorter
<i>Yr8</i>	Compair	ikke påvist i DK-sorter
<i>Yr9</i>	Sleipner	alm. i DK-sorter
<i>Yr10</i>	Moro	ikke påvist i europæiske sorter
<i>Yr15</i>	<i>Yr15/6</i> Avocet S	ny resistens som netop påvist i DK-sorter
<i>Yr17</i>	VPM1	alm. i DK-sorter
<i>Yr24</i>	<i>Yr24/3</i> Avocet S	ikke påvist i DK-sorter
Sp	Spaldings Prolific	ikke påvist i DK-sorter
Sd	Stubes Dickopf	alm. i DK-sorter
CV	Carstens V	alm. i DK-sorter; kompleks af flere gener
VPR	-	voksenplanteresistens med god effekt (max. 5% angreb i smitteforsøg)
R	-	ukendt og p.t. meget effektiv resistens på både småplanter og voksne planter
+	-	supplerende ukendt specifik resistens
Kode for resistens ¹	Yr betegner lokaliserede resistensgener	
	Sd, Sp og CV: Foreløbige resistensbetegnelser	
	R: Virulente isolater endnu ikke observeret i DK	
	VPR: Resistens som primært er udtrykt i voksne planter	

Som det fremgår af tabel 4, er der kombinationer af to eller flere resistensgener i de fleste sorter. En række af resistenserne har de senere år haft nær 100% effekt under danske forhold med hensyn til forebyggelse af gulrust. Det gælder bl.a. *CV*-resistens, som i 1980'erne og begyndelsen af 1990'erne var "brudt ned" i Danmark (Hovmøller, 1993). At *CV*-resistens igen er effektiv skyldes, at den daværende danske gulrustpopulation forsvandt helt i 1996 (Justesen *et al.*, 2002), og da der via vindspredning af sporer igen kom gulrust til landet i 1997 og 1998 (Hovmøller *et al.*, 2002; Brown & Hovmøller, 2002), var det udelukkende patotyper, som manglede *CV*-virulens. Med det store areal med *CV*-resistente sorter i 2003 (1/3 eller mere af hvedearealet) er der en stor risiko for, at *CV*-virulens igen bliver opbygget i den danske gulrustpopulation, men det er

ikke muligt at forudsige hvornår, f.eks. om det sker i 2003. *Yr15* resistens (Peng *et al.*, 2000), der først nu er ved at vinde indpas i kommercielle sorter, har p.t. høj effekt over det meste af verden; ikke desto mindre blev virulens detekteret ved mindst to danske lokaliteter i 2002. Såfremt *Yr15*-resistens opnår stor udbredelse, er der stor sandsynlighed for, at dens holdbarhed bliver ganske kortvarig, med mindre *Yr15* krydses ind i sorter med højt niveau af partiel resistens/voksenplante resistens.

Tabel 4. Oversigt over specifik gulrustresistens i vinterhvede samt modtagelighed for henholdsvis meldug, Septoria gråplet, brunrust og gulrust i Observationsparceller 2002. Tabellen er fra SortInfo, med sortering efter solgt udsæd efterår 2002 (udtræk januar 2003). Overview of yellow rust resistance genes in winter wheat and susceptibility for powdery mildew, Septoria leaf blotch, leaf rust, and yellow rust in Observation plots 2002. The table originates from SortInfo (<http://www.planteinfo.dk>).

Hovedoversigt for vinterhvede (sorter i Landsforsøg 2002, nyeste data)										
	Udbytteforsøg 1)		Sygdomme (Observationsparceller 2)		Sortsegenskaber 3)	Solgt udsæd 4)	Modtagelighedsgruppe i Planteværn Online 5)			
	Kerneudb. forholdstal	Meldug dækning	Septoria dækning	Gulrust dækning	Specifik gulrust resistens	C2 udsæd	Meldug	Septoria	Brunrust	Gulrust
	(fht)	(%)	(%)	(%)		(t)	(kar. -1 - 3)	(kar. 0 - 3)	(kar. 0 - 3)	(kar. 0 - 3)
Ar	2002	2002	2002	2002	2002	2003	2002	2002	2002	2002
Sortering										
1. Solist	99 (10)	3,1 (12)	3,4 (14)	0 (11)	CV,Sd	12.953	1	1	1	1
2. Bill	97 (10)	1,6 (12)	8 (14)	1,7 (11)	Yr9,Yr17	11.962	1	2	0	1
3. Senat	97 (10)	1,8 (12)	3,8 (14)	0,01 (11)	Yr3,CV+	8.132	1	1	3	0
4. Ritmo	99 (10)	8 (12)	10 (14)	8 (11)	Yr1	7.532	2	2	1	2
5. Grommit	97 (10)	2,5 (12)	7 (14)	2,3 (11)	Yr3,Yr17	7.283	1	2	0	2
6. Kris	98 (10)	1,0 (12)	14 (14)	6 (11)	Sd	5.560	1	2	0	2
7. Stakado	98 (10)	8 (12)	7 (14)	0 (11)	CV+	5.253	2	1	2	1
8. Hatrick	105 (10)	3,6 (12)	9 (14)	9 (11)	Yr1	4.242	1	2	1	2
9. Boston	100 (10)	0,02 (12)	3,7 (14)	0,3 (11)		3.847	0	1	0	1
10. Deben	104 (10)	3,4 (12)	8 (14)	0,01 (11)		3.671	2	2	0	0
11. Wasmo	101 (10)	6 (12)	7 (14)	0 (11)	CV,Sd	3.518	2	1	1	0
12. Baltimor	103 (10)	4,4 (12)	15 (14)	21 (11)		3.417	2	2	0	3
13. Galicia	104 (10)	0,5 (12)	13 (14)	0,02 (11)	Yr2,Yr4	1.947	1	2	0	0
14. Pentium	96 (10)	0,3 (12)	8 (14)	2,5 (11)	Yr3,Yr17	1.389	1	2	0	2
15. Travix	104 (10)	1,5 (12)	15 (14)	0,3 (11)		911	1	2	0	2
16. Biscay	103 (10)	4,7 (12)	14 (14)	2,0 (11)		790	2	2	0	2
17. Shamrock	94 (10)	3,8 (12)	9 (14)	0,01 (11)		428	1	2	1	0
18. Terra	95 (10)	4,9 (12)	6 (14)	0,02 (11)	Yr1	374	2	1	2	0
19. Veronika	102 (10)	2,9 (12)	3,7 (14)	0,01 (11)	Yr6,Yr9,Yr17	347	1	1	0	0
20. Flair	100 (10)	2,4 (12)	6 (14)	20 (11)	Yr1	295	1	2	0	3
21. Symbol	104 (10)	0,05 (12)	9 (14)	0,01 (11)	Yr2,Yr4	236	0	2	0	0
22. Ina	100 (10)	4,5 (12)	10 (14)	3,1 (11)	Yr1	226	2	2	1	2
23. Skater	102 (10)	2,5 (12)	8 (14)	0,05 (11)		222	1	2	1	1
24. Cardos	92 (10)	0,1 (12)	6 (14)	6 (11)		211	1	2	0	2
25. Pirat	95 (10)	0,6 (12)	9 (14)	0,02 (11)	Yr6,Yr9,Yr17	203	1	2	0	0
26. Geflon	98 (10)	7 (12)	14 (14)	1,2 (11)	Yr2,Sd	185	2	2	1	1
27. Complet	91 (10)	8 (12)	4,3 (14)	0,06 (11)		177	2	1	1	1

Udover tabellens information om den specifikke gulrustresistens ses angreb af fire bladsygdomme i Observationsparceller samt modtagelighedsgruppering i Planteværn Online. Grupperingen er bl.a. baseret på sorternes indhold af resistensgener: sorter med *CV*- eller *Yr15* resistens er p.t. typisk i gruppe "1" (delvis modtagelig), som udtryk for at *CV*-resistens har været fuld effektiv under danske forhold siden 1996 (Hovmøller, 2001a), men at sådanne sorter kan blive modtagelige, såfremt *CV*-virulente patotyper igen kommer til Danmark. Sorter i gruppe "0" har i smitteforsøg demonstreret høj grad af resistens (Anonym, 1997-2002), selv overfor virulente

patotyper, og vurderes derfor at have en god ”voksenplante-resistens” (VPR). VPR klassifikationen baseres altid på modtagelighed såvel på småplanter (1-2 bladstadiet) som på smitteforsøg under markforhold på voksne planter (Hovmøller, 2001b). I lighed med meldug i byg anvendes modtagelighedsgrupperingen også i SortsValg (under SortInfo), hvor der foretages beregning af økonomi ved dyrkning af de enkelte sorter bl.a. under hensyntagen til forventet pesticidforbrug.

Praktisk betydning for rådgivning og forædling

Som det fremgår af det forangående, har kendskab til sorternes resistensgrundlag stor praktisk betydning for rådgivningen, specielt i vært-patogen systemer, hvor det enkelte resistensgen kan have stor sygdomsforebyggende effekt, som det er tilfældet med meldug i byg og gulrust i hvede. For det første kan man danne sig overblik over slægtskab med hensyn til resistens på tværs af sorterne og dermed få en fornemmelse for, hvor stor risiko der er for, at resistensen eventuelt brydes på én gang i forskellige sorter, f.eks. hvis der sker mutation fra avirulens til virulens, eller at et enkelt eller nogle få isolater bliver spredt fra områder, hvor virulensen i forvejen er hyppig. Dernæst kan den enkelte planteavler udnytte kendskab til resistensgrundlaget ved at lave ”diversifikation” på bedriftsniveau, det vil sige at dyrke sorter med forskelligt resistensgrundlag enten i monokultur i de forskellige marker eller ved at blande sorterne i en eller flere sortsblandinger. En sådan diversifikation vil mindske risikoen for alvorlige epidemier af de pågældende sygdomme.

I resistensforædlingen er det også vigtigt at kende resistensgrundlaget i sorter og forædlingsmateriale bl.a. i forhold til udvælgelse af de bedst egnede patogenisolater til selektion for ny resistens. I en sådan selektion stræber man efter at anvende isolater med virulensprofiler, så allerede kendt resistens ”overkommes”.

Molekylære markører for resistens

Der har de seneste 10-15 år været stor fokus på udvikling af molekylær- og biokemiske markører for resistens med henblik på at effektivisere resistensforædlingen (Jahoor & Backes, 2000). Der er således udviklet et stort antal markører for sygdomsresistens i landbrugsplanter, totalt set, hvilket rejser spørgsmålet om eventuelt at benytte molekylære markører for resistens i forbindelse med sortsafprøvning. Indenfor den enkelte afgrøde og de enkelte sygdomme er antallet af resistensgener med gode markører imidlertid forsvindende lille set i forhold til de mere end hundrede kendte resistensgener mod meldug og rust i korn (Jensen & Jørgensen, 1981; Jensen *et al.*, 1992; McIntosh *et al.*, 1995; Torp *et al.*, 1978).

Mange markører er baseret på RFLP, der er en hybridiseringsbaseret teknik, eller RAPD, AFLP og/eller mikrosatellitter. Det gælder for meldugresistens i byg, f.eks. markører for *Mla*-locus, som indeholder mange af de kendte resistensgener Al, Ri, Ly, Ar, Ru osv., samt markører for tre nye loci *Mlf*, *Mlj* og *mlt*, hvis gener endnu ikke er udnyttet i kommercielle sorter (Jahoor & Backes, 2000). De fleste nuværende markører er på grund af tidsforbrug og pris ikke umiddelbart anvendelige i kommerciel forædling, så man søger at udvikle nye, simple PCR-baserede

markører f.eks. i forhold til de mange forskellige gener i *Mla*-locus (Jahoor, 2003, personlig meddelelse). P.t. findes der i bygmeldug gode PCR-baserede markører for generne *Mla12* (Ar) (Schwarz *et al.*, 1999), *Mla1* (Mohler & Jahoor, 1996) samt *Mlo*, der var et af de første svampe-resistensgener, der blev sekvenseret (Buschges *et al.*, 1997); da der er taget patent på anvendelse af markøren for *Mlo*, forudsætter kommerciel anvendelse licensbetaling (<http://www.volny.cz/eschwarzbach/>).

I sortsafprøvningen de nærmeste år vil molekyllære markører for resistens i korn næppe blive anvendt som andet end et eventuelt supplement til den velkendte vært-patogen baserede påvisning af resistens. Sidstnævnte metode er i denne sammenhæng stadig langt den billigste og mest fyldestgørende.

Forsøgene er finansieret via midler fra Pesticidhandlingsplan II (2000-2002) under Miljøministeriet og Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri.

Litteratur

- Anonym*. 1997-2002. Sortsforsøg: Korn, bælgssæd og olieplanter. Danmarks JordbrugsForskning og Landskontoret for Planteavl (flere årgange).
- Bousset L, Østergård H, Hovmøller MS, Caffier V & Vallavieille-Pope C de*. 2000. Effectiveness of powdery mildew resistance genes in autumn-sown and spring-sown barley crops. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica* 35, 153-159.
- Brown JKM & Hovmøller MS*. 2002. Aerial dispersal of pathogens on the global and continental scales and its impact on plant disease. *Science* 297, 537-541.
- Buschges R, Hollricher K et al.* 1997. The barley *mlo* gene: A novel control element of plant pathogen resistance. *Cell* 88, 695-705.
- Callonec A, Johnson R & Vallavieille-Pope C de*. 2002. Genetic analyses of resistance of the wheat differential cultivars Carstens V and Spaldings Prolific to two races of *Puccinia striiformis*. *Plant Pathology* 51, 777-786.
- Deneken G & Boesen B*. 1993-1997. Landbrug grøn viden. Reports from the Danish Variety Testing Station (5 volumes).
- Flor HH*. 1956. The complementary genetic system in flax and flax rust. *Adv. Genet.* 8, 29-54.
- Hovmøller MS*. 1993. Gulrust på hvede – biologi og sortsresistens. 10. Danske Planteværnskonference. Tidsskrift for Planteavl Specialserie. S-2237, 49-60.
- Hovmøller MS*. 2001a. Disease severity and pathotype dynamics of *Puccinia striiformis* f.sp. *tritici* in Denmark. *Plant Pathology* 50, 181-189.
- Hovmøller MS*. 2001b. Resistens mod gulrust i hvede – datakilder, effekt og formidling. 18. Danske Planteværnskonference. DJF-rapport nr. 40, 85-93.
- Hovmøller MS*. 2003. Seedling and adult plant resistance to yellow rust in 105 European

- Wheat varieties (under udarbejdelse).
- Hovmøller MS & Østergård H. 1996. Prediction of durability of powdery mildew resistance in autumn sown and spring sown barley varieties. In: Kema G.HJ, Niks R.E. & Daamen R.A. (eds.) Proc. 9th European and Mediterranean Cereal Rust and Powdery Mildews Conference. Cereal Rusts and Powdery Mildews Bulletin, Vol. 24, Supplement, Wageningen, 105-108.
- Hovmøller MS & Caffier V et al. 2000. The European barley powdery mildew virulence survey and disease nursery 1993-1999. *Agronomie* 20, 729-743.
- Hovmøller MS, Justesen AF & Brown JKM. 2002. Clonality and long-distance migration of *Puccinia striiformis* f.sp. *tritici* in NW Europe. *Plant Pathology* 51, 24-32.
- Jahoor A & Backes G. 2000. Molecular mapping of powdery mildew and leaf rust resistance genes by means of molecular markers in barley. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica* 35, 103-104.
- Jensen HP & Jørgensen JH. 1981. Powdery mildew resistance genes in Northwest European winter barley varieties. *Danish Journal of Plant and Soil Science* 85, 303-319.
- Jensen JW. 2002. Sorter af korn, bælgssæd og olieplanter. *Grøn Viden* nr. 259, 1-91.
- Jensen HP, Christensen E & Jørgensen JH. 1992. Powdery mildew resistance genes in 127 new North-western European spring barley varieties. *Plant Breeding* 108, 210-228.
- Jørgensen JH. 1988. Genetics of *Erysiphe graminis*. Pages 137-157 in: G. S. Sidhu, ed. Genetics of pathogenic fungi. *Advances in Plant Pathology*, vol 6. Academic Press, New York.
- Lyngkjær MF, Newton AC, Atzema JL & Baker SJ. 2000. The Barley mlo-gene: an important powdery mildew resistance source. *Agronomie* 20, 745-756.
- Manners JG. 1988. *Puccinia striiformis*, yellow rust (stripe rust) of cereals and grasses. *Advances in Plant Pathology*. 6, 373-387.
- McIntosh RA, Wellings CR & Park RF. 1995. Wheat Rusts: an Atlas of Resistance Genes. (Kluwer Academic Publishers, Dordrecht).
- Mohler V & Jahoor A. 1996. Allele specific amplification of polymorphic sites for the detection of powdery mildew resistance loci in cereal. *Theoretical and applied Genetics* 93, 1078-1082.
- Peng JH & Fahima T et al. 2000. High-density molecular map of chromosome region harboring stripe-rust resistance genes *YrH52* and *Yr15* derived from wild emmer wheat, *Triticum dicoccoides*. *Genetica* 109, 199-210.
- Schwarz G, Michalek W, Mohler V, Wenzel G & Jahoor A. 1999. Chromosome landing at the Mla locus in barley (*Hordeum vulgare* L.) by means of high-resolution mapping with AFLP markers. *Theoretical and applied genetics* 98, 521-530.
- Torp J, Jensen HP & Jørgensen JH. 1978. Powdery mildew resistance genes in 106 North-west European spring barley varieties. Pages 75-102 in: Royal Veterinary and Agricultural University Yearbook, Copenhagen, Denmark.

Justering af fungicidindsatsen i hvede afhængig af sortsresistens

Adjusting the fungicide input in winter wheat depending on variety resistance

Lise Nistrup Jørgensen & Leif Hagelskjær

Danmarks JordbrugsForskning

Afdeling for Plantebeskyttelse

Forskningscenter Flakkebjerg

DK-4200 Slagelse

Ghita Cordsen Nielsen

Landbrugets Rådgivningscenter

Udkærsvej 15, Skejby

DK-8200 Århus N

Summary

A considerable reduction (> 50%) in fungicide input in winter wheat has taken place during the last 20 years mainly due to use of appropriate and reduced dosages. The target figure (Treatment frequency index) in Pesticide Action Plan II for fungicide input in winter wheat has been recommended to be 0.75. This figure has generally been reached in 2002. If further reduction plans are to be suggested, cropping of resistant varieties and adjusting of fungicide input according to the need in specific varieties are believed to become of increasing importance. During 3 seasons different fungicide input has been tested in varieties with different degrees of resistance to septoria (*Septoria tritici*) and yellow rust (*Puccinia striiformis*). In recent years varieties with particularly good resistance to septoria have become quite common and a realistic choice to other varieties. Septoria attack was moderate in 2 of the trial seasons and severe in the 3rd year. Yellow rust appeared with severe attack in a few of the trials during the 3 years. The yearly variation between benefits from fungicide application is very considerable due to differences in climate and disease pressure. In individual years, however, the economic outcome from different fungicide inputs has been marginal compared with the yearly variations. The economical optimum in resistant varieties has been a TFI between 0.25 and 0.5. Most typically, only an ear application has been profitable. In more susceptible varieties the optimum TFI has been 0.5-0.9. In more susceptible varieties a 2 spray-programme give a bigger flexibility with regard to the dose needed at 2nd application. Plant protection online has been tested in several of the trial plans and has generally given competitive disease control and margin over fungicides cost in line with or better than for the standard treatments. The trials have shown that a fungicide input lower than the target figure 0.75 is possible if the varieties with good resistance to septoria and yellow rust increase significantly in the area grown.

Indledning

Fra begyndelse af 1980'erne frem til i dag har fungicidindsatsen i vinterhvede ændret sig fra et behandlingsindeks på ca. 2,0 til ca. 0,75 i 2002. Den væsentligste årsag til denne markante reduktion i fungicidindsatsen er den udbredte anvendelse af reducerede doseringer. Antallet af sprøjtninger mod svampesygdomme i hvede har derimod været nogenlunde konstant på omkring 2 i hele perioden. I forbindelse med Pesticidhandlingsplan II's mål om at reducere det samlede BI til 2,0 inden 2003, blev der for fungicidindsatsen i vinterhvede foreslået et BI måltal på 0,75 (Vejledning i Planteværn). Dette mål er jævnfør diverse statistikker opfyldt (Anon. 2002; Landbrugsinfo - www.lr.dk; Farmstat og Kleffmann, 2002).

En større udbredelse af resistente sorter vurderes at ville give muligheder for en yderligere reduktion i fungicidindsatsen i forhold til det, der praktiseres i dag.

For at belyse, hvad der er en økonomisk optimale indsats med fungicider i forskellige typesorter med forskelligt resistensniveau, har der været iværksat en betydelig forsøgsaktivitet ved såvel Danmarks JordbrugsForskning som i regi af Landbrugets Rådgivningscenter. Ønsket var at kunne foretage en vurdering af, hvad der vil være et realistisk mål for en økonomisk optimal fungicidanvendelse i hvede. Andre driftsøkonomiske metoder og overvejelse vedrørende analysering af denne type data er bl.a. foretaget af Ørum og Jørgensen (2001).

Forsøgene er finansieret af penge, som blev bevilget i forbindelse med Pesticidhandlingsplan II. I visse af forsøgene har der desuden været led, som er finansieret af kemikaliefirmaer. I det følgende vil forsøgsresultaterne summarisk blive præsenteret.

Metode

I 3 forsøgsår (2000-2002) er der udført forsøg efter forskellige planer, som skulle belyse, hvor meget fungicidindsatsen kan differentieres i forskellige sorter med forskelligt resistensgrundlag. Der er hovedsageligt lagt vægt på, at sorter, der kategoriseres som resistente sorter, skal have god resistens overfor både septoria og gulrust. Tilsvarende den inddeling i sortsresistens, som gives i både Planteværn Online og SortsInfo, er resistensgraden tildelt 1 af 4 karakterer, hvor 1 er et udtryk for god resistens, mens 2 og 3 er udtryk for en modtagelig sort (tabel 1). Modtagelighed over for meldug vurderes generelt kun i sjældne tilfælde at have stor betydning for de høstede merudbytter. Forsøgene har været udført både ved Landbrugets Rådgivningscenter og Danmarks JordbrugsForskning.

Tabel 1. Inddeling af sorter i resistensgrupper jævnfør værdierne tildelt til sæson 2003.

Categorization of varieties based on degree of resistance to most important diseases. Resistant (0, 1) or susceptible (2, 3).

Sort Variety	Meldug Mildew	Gulrust Yellow rust	Septoria Septoria	Brunrust Brown rust
Resistente Resistant	-	-	-	-
Stakado	2	1	1	2
Boston	0	1	1	0
Solist	1	1	1	1
Senat	1	0	1	3
Terra	2	0	1	2
Modtagelige Susceptible	-	-	-	-
Ritmo	2	2	2	1
Biscay	2	2	2	0
Baltimor	2	3	2	0
Kris	1	2	2	0
Bill	1	1	2	0
Pentium	1	2	2	0
Grommit	1	2	2	0
Travix	1	2	2	0

Bekæmpelse af septoria i 4 sorter med forskellige doseringer af svampemiddel

I 3 år er der i 4 forskellige hvedesorter afprøvet 3 forskellige doseringer af Amistar + Folicur EW (Jørgensen & Høyer, 2001; Jørgensen & Høyer, 2002; Jørgensen & Jensen, 2003). Vejledning ifølge Planteværn Online indgik ligeledes i forsøgene. 3 af de 4 sorter har været konstant i de 3 forsøgsår, mens man som den mest modtagelige sort brugte Hussar i de 2 første forsøgsår og Kris i det sidste forsøgsår. I de 2 første forsøgsår er der udelukkende fokuseret på indsatsen til aksbehandling, mens der i 2002 i den ene blok forud for aksbehandling blev behandlet med 0,375 l Opus team i halvdelen af forsøget, mens den anden del forblev ubehandlet. Aksbehandlingsindsatsen har været følgende:

1. Ubehandlet
2. 0,375 l Amistar + 0,375 l Folicur (vs 51-55)
3. 0,25 l Amistar + 0,25 l Folicur (vs 51-55)
4. 0,125 l Amistar + 0,125 l Folicur (vs 51-55)
5. Planteværn Online

I forsøgsløbet med Planteværn Online er alle sorter fulgt med ugentlige intervaller, og behandling er tildelt efter behov. Hovedresultater med nettoudbytter fra forsøgsserien er vist i tabel 4 og figur 1-2.

Bekæmpelse af svampesygdomme i 10 sorter i 3 år

I en anden forsøgsserie har der været afprøvet 1 kontra 2 behandlinger i 10 forskellige sorter, ligesom Planteværn Online indgik som et led i 2 af de 3 forsøgsår (tabel 2). I de 2 første forsøgsår var 9 af de 10 sorter de samme, mens der i 2002 kun var 4 sorter, som var sammenfaldende.

Tabel 2. Fungicidbehandling i 3 forskellige forsøgsår, hvor effekterne er vurderet i 10 sorter. Fungicide treatments in 3 different trial years where 10 varieties are investigated for response.

2000	2001	2002
1. Ubehandlet	1. Ubehandlet	1. Ubehandlet
2. 0,5 l Amistar (vs 51-55)	2. 0,25 l Amistar + 0,375 l Opus (vs 51-55)	2. 0,75 l Opera (vs 39)
3. 0,5 l Zenit (vs 31) & 0,5 l Amistar (vs 51-55)	3. 0,375 l Opus team (vs 31) & 0,25 l Amistar + 0,375 l Opus (vs 51-55)	3. 0,375 l Opera (vs 31) & 0,75 l Opera (vs 51-55)
4. Planteværn Online	4. Planteværn Online	4. 0,375 l Opus Team (vs 31) & 0,25 l Amistar + 0,25 l Opus (vs 51-55)

Landsforsøg med typesorter

I 3 år er der afprøvet forskellige afprøvningssorter i 3 typesorter ved LR. Der er afprøvet BI indsats, der varierer fra 0,25 til 1,3 fordelt på 1 til 3 behandlinger. I løbet af de 3 forsøgsår har typesorterne varieret lidt (tabel 3).

Tabel 3. Antal forsøg og sorter som er indgået i landsforsøgene med typesorter. No. of trials and varieties investigated in the trials with different degrees of resistance.

	2000	2001	2002
Antal forsøg No. of trials	8	13	9
Sorter Varieties	Kris Ritmo Stakado	Kris Ritmo Stakado	Kris Baltimor Boston

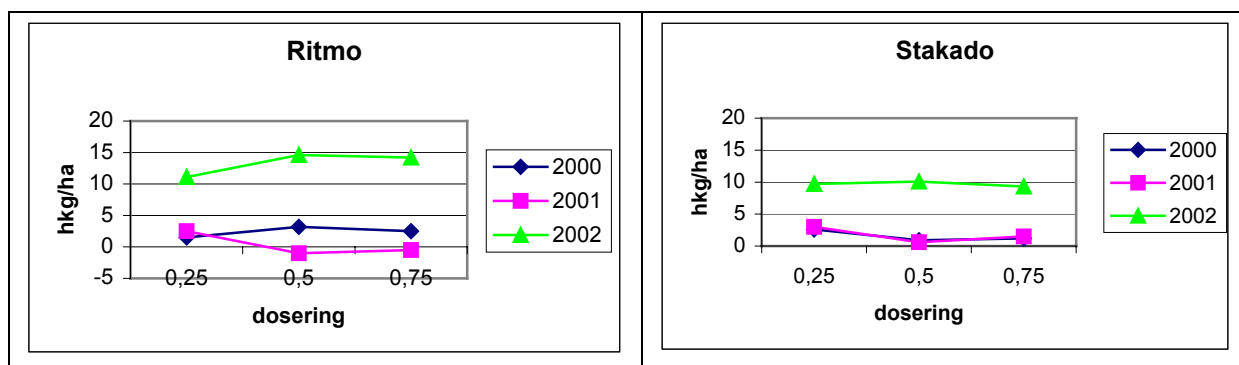
Sammenligning af merudbytter i forskellige sorter

Sammenfattende for alle de forsøg, der er udført i Landsforsøgene, kan man over årene se betydelige forskelle i merudbytter opnået som følge af fungicidbehandling. Hvis sorterne opdeles i septoria og gulrust modtagelige og resistente fås en betydelig forskel i de opnåede merudbytter (tabel 7).

Resultater og diskussion

Bekæmpelse af septoria med forskellige doseringer af svampemiddel i 4 sorter

I de enkelte år har der været store forskelle imellem de opnåede brutto- og nettomerudbytter for en aksbehandling (tabel 4). 2002 var et år med store merudbytter, men der er ingen markant forskel mellem de opnåede nettomerudbytter for de 4 sorter. I de 2 andre forsøgsår har nettoudbytterne været forholdsvis marginale. De aktuelle doseringskurver for alle 3 forsøgsår er meget flade, men tendensen har været, at en indsats på 0,5 har været det mest optimale i næsten alle sorter (figur 1). I 2002, hvor angrebene var meget kraftige, er der dog en tendens til, at 0,25 har givet et ringere resultat i de mest modtagelige sorter (Ritmo og Kris). I den mindre modtagelige sort Stakado har $\frac{1}{4}$ dosis været nok. Planteværn Online har generelt givet et nettoudbytte, der er på niveau med standardbehandlingerne (tabel 4). Indsatsen med Planteværn Online i Stakado har i 2 af de 3 år været lavere end for de øvrige mere modtagelige sorter.



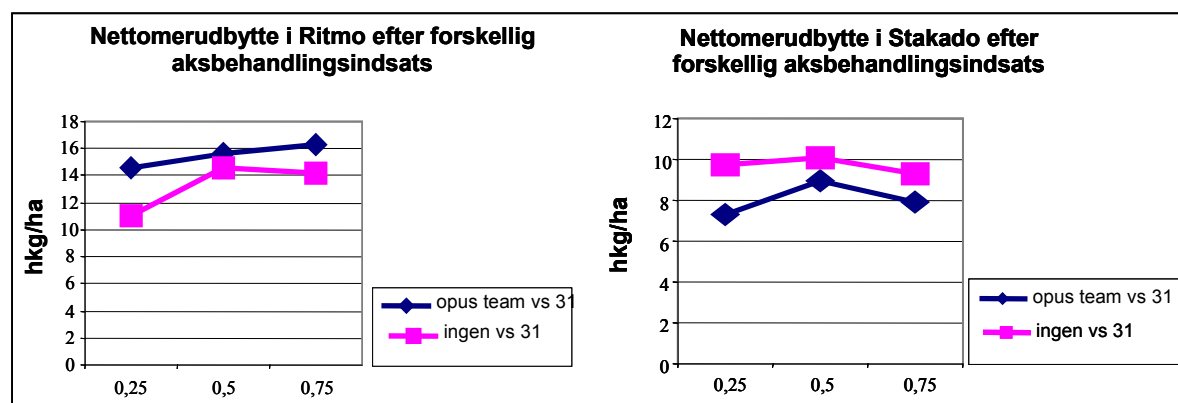
Figur 1. Nettomerudbytte i Ritmo og Stakado efter 3 forskellige doseringer ved aksbeskyttelse i 3 år I det enkelte år er forsøgene gennemsnit af 2 forsøg. Net yield in Ritmo and Stakado using 3 different dosages for ear treatments. Data from 3 years. 2 trials per year.

Forsøgene fra 2002 viste, at en behandling på vs 31 har en positiv effekt på nettoudbyttet i modtagelige sorter som Kris og Ritmo, mens det ikke har været tilfældet i en mere resistent sort som Stakado (figur 2). Her har en tidlig behandling ikke kunnet betale sig. Ved aksbehandling i Ritmo er der opnået det bedste nettoudbytte med en højere dosering (0,25 Amistar+ 0,25 Folicur), når der ikke har været behandlet forud på vs 31. Hvor der er behandlet forud for aksbehandlingen er der lille forskel på, hvilken dosering der bruges til aksbehandling. En tidligere behandling giver således en større fleksibilitet med hensyn til aksbehandling. I Stakado har optimum været $\frac{1}{2}$ dosis både med og uden behandling på vs 31, men forskellen ned til $\frac{1}{4}$ dosis er lille og usikker, når der ikke er foretaget en forudgående behandling. Både i Ritmo og Stakado bidrager en tidlig bekæmpelse på vs 31 til en forbedret effekt på septoriaangrebene frem til vs 75. En effekt der dog ikke lønner sig i de resistente sorter.

Tabel 4. Brutto- og nettoerudbytte i 4 sorter behandlet med forskellig indsats ved aksbehandling i 3 forsøgsår. Under Planteværn Online er i parentes angivet, hvilken BI indsats der er tildelt i de forskellige sorter og år. Gross and net yield (hkg/ha) in 4 varieties treated with different ear treatments in 3 years. 2 trials per year. In bracket under Plant Protection Online is given the TFI in the specific year and variety.

Sort og år Variety and year	0,75 N		0,5 N		0,25 N		Planteværn Online	
	0,375 Amistar + 0,375 Folicur EW		0,25 Amistar + 0,25 Folicur EW		0,125 Amistar + 0,125 Folicur EW			
	brutto	netto	brutto	netto	brutto	netto	brutto	netto
Blanding*	-	-	-	-	-	-	-	-
2000	5,7	-0,6	5,4	0,9	2,1	-0,6	5,6	0,9 (0,5)
2001	7,7	1,4	8,0	3,5	5,0	2,3	10,5	6,2 (0,56)
2002	18,5	12,2	16,6	12,1	13,6	10,9	19,0	11,7 (0,75)
Ritmo	-	-	-	-	-	-	-	-
2000	8,8	2,5	7,7	3,2	3,8	1,1	7,2	2,5 (0,5)
2001	5,8	-0,5	3,5	-1,0	5,2	2,5	5,4	1,1 (0,56)
2002	20,5	14,2	19,1	14,6	13,8	11,1	22,4	15,0 (0,76)
Stakado	-	-	-	-	-	-	-	-
2000	7,5	1,2	5,4	0,9	5,3	2,6	4,6	1,0 (0,38)
2001	7,8	1,5	3,9	-0,6	5,7	3,0	4,8	1,3 (0,41)
2002	15,6	9,3	14,5	10,1	12,4	9,7	17,0	9,4 (0,8)
Hussar/Kris	-	-	-	-	-	-	-	-
2000	8,5	2,2	7,2	2,7	5,3	2,6	11,3	6,0 (0,57)
2001	8,8	2,5	8,3	3,8	6,8	4,1	10,0	5,8 (0,56)
2002	20,0	13,7	17,2	12,7	11,8	9,1	20,0	12,8 (0,74)
gns	11,3	5,0	9,7	5,2	7,6	5,0	11,2	6,0

*Sortsblanding =Ritmo, Stakado, Hussar/Kris



Figur 2. Nettoerudbytte for aksbehandling med forskellige doseringer af tankblandingen Amistar+Folicur i Ritmo og Stakado. I forsøget er aksbehandling udført med og uden behandling med 0,375 Opus team på vs 31. 2 forsøg 2002. Net yield for ear application with 3 different dosages of the tank mix Amistar+Folicur in Ritmo and Stakado. The ear application is done with and without a treatment at gs 31 using 0.375 Opus Team.

Sortsblandingen har generelt givet et lidt lavere angreb af septoria bedømt i forhold til gennemsnittet af de 3 sorter, der indgik. Generelt vurderes det, at brugen af sortsblandinger har en relativt begrænset effekt på septoriaudviklingen.

Bekæmpelse af svampesygdomme i 9 sorter i 3 år

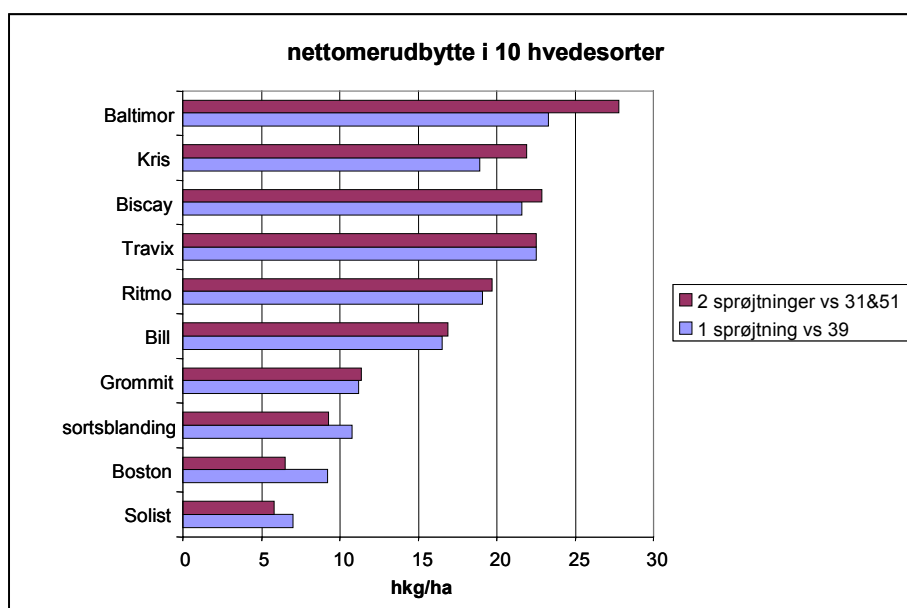
I 2000-2002 viste forsøgene med 9 forskellige sorter generelt lille forskel i de opnåede netto-merudbytter ved 1 og 2 sprøjtninger. I meget gulrustmodtagelige sorter har der været en gevinst for en tidlig sprøjtning. I septoriaresistente sorter som Stakado, Solist og Boston har 2 sprøjtninger sjældnere betalt sig (figur 3 og tabel 5). En stor mellemgruppe af sorter, som er

Tabel 5. Brutto- og nettomerudbytte i 9 sorter, som var sammenfaldende i de 2 forsøgssår, med en eller 2 behandlinger (tabel 2) samt efter Planteværn Online. Gross and net yield in 9 different varieties of winter wheat applied with one or two fungicide treatments.

Sorter Varieties	2000 Bruttomerudbytte Gross yield Hkg/ha				2001 Bruttomerudbytte Gross yield Hkg/ha			
	Ubehand.	1 x fung	2 x fung	PC-O	Ubehand.	1 x fung	2 x fung	PC-O
Sortsblanding	87,7	7,6	10,3	7,5	93,1	11,2	9,3	13,6
Kris	88,2	7,7	12,8	5,9	91,2	11,4	11,8	10,0
Ritmo	87,8	10,3	13,0	12,2	96,3	8,3	10,0	10,9
Terra	87,5	6,8	8,9	6,4	85,4	10,2	9,8	11,5
Cortez	86,9	7,9	11,8	8,2	97,8	6,4	4,0	11,5
Pentium	86,4	9,1	11,7	8,6	83,6	5,0	5,7	6,5
Baltimor	89,1	8,5	13,8	8,9	91,8	11,4	12,2	11,2
Bill	89,2	9,6	13,3	9,3	94,6	3,9	12,9	6,9
Stakado	89,6	10,8	13,9	7,4	95,2	4,4	10,2	3,4
gns. average								

Sorter Varieties	2000 Nettomerudbytte Net yield Hkg/ha				2001 Nettomerudbytte Net yield Hkg/ha			
	BI i PC-O	1 x fung	2 x fung	PC-O	BI i PC-O	1 x fung	2 x fung	PC-O
Sortsblanding	0,50	2,5	1,6	2,5	0,42	6,3	1,5	9,1
Kris	0,38	2,6	4,1	2,3	0,42	6,5	4,0	5,5
Ritmo	0,54	5,2	4,3	6,9	0,45	3,4	2,2	6,1
Terra	0,38	1,7	0,2	2,8	0,28	5,3	2,0	8,4
Cortez	0,59	2,8	3,1	2,6	0,2	1,5	-3,8	7,0
Pentium	0,50	4,0	3,0	3,6	0,42	-0,1	-2,1	1,9
Baltimor	0,50	3,4	5,1	3,9	0,33	6,5	4,4	7,5
Bill	0,50	4,5	4,6	4,3	0,42	-1,0	5,1	2,3
Stakado	0,38	5,7	5,2	3,8	0,35	-0,5	2,4	-0,4
gns. average		3,6	3,5	3,6		3,1	1,7	5,3

ret modtagelige over for septoria, har i nogle år betalt for 2 sprøjtninger. Generelt må det dog siges, at genvinsten ved en tidlig sprøjtning er forholdsvis usikker. Dette stemmer overens med, at LR's store forsøgsmateriale har vist, at kun 15-25% af merudbyttet for en tidlig sprøjtning kommer fra en tidlig sprøjtning (Oversigt over Landsforsøgene 2002, side 60). Resten kommer fra aksbehandlingen. Planteværn Online har anbefalet en lavere indsats i de resistente sorter i både 2000 og 2001, hvilket også har givet konkurrencedygtige nettomerudbytter.

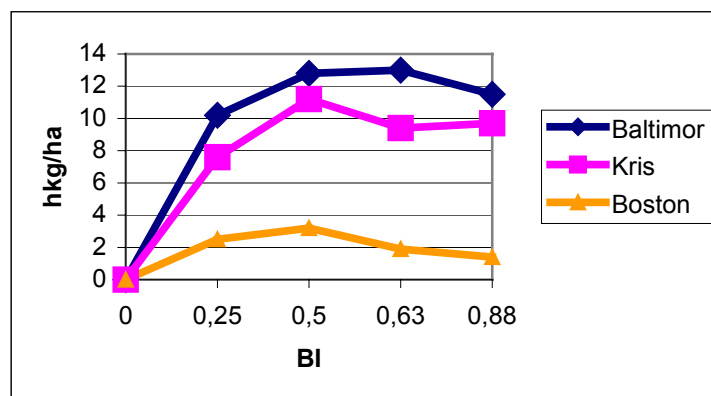


Figur 3. Sammenligning af 2 bekæmpelsesstrategiers effekt på nettomerudbyttet i 10 sorter af vinterhvede med forskellig resistens overfor septoria og gulrust. 2 sprøjtninger = 0,375 l Opera på vs 31 & 0,75 l Opera på vs 51; 1 sprøjtning = 0,75 l Opera på vs 39.

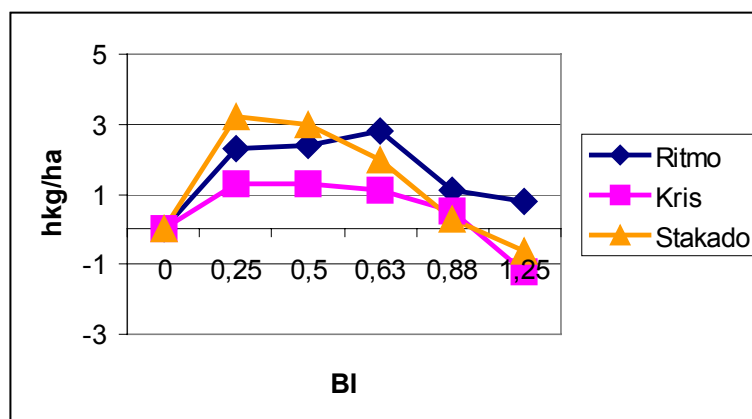
Comparison of the effect of 2 fungicide strategies on net yield in 10 different varieties of winter wheat. 2 applications = 0.375 l Opera at gs 31 & 0.75 l Opera at gs 51; 1 application = 0.75 l Opera at vs 39.

Landsforsøg med typesorter

Forsøgsresultaterne fra en stor forsøgsserie med typesorter har vist, at der kun er begrænset forskel mellem nettoudbytterne ved forskellige behandlingsindeks (se figur 4-5). Stakado og Boston, der begge har god resistens overfor septoria har generelt vist de højeste nettomerudbytter ved behandlingsindeks på 0,25-0,5. Oftest har en enkelt aksbehandling været tilstrækkelig i disse sorter. I 2 forsøg med Stakado har sorten haft kraftige angreb af brunrust. I disse forsøg har der været højere merudbytter for fungicidbehandling, men også i disse forsøg har en enkelt aksbehandling været tilstrækkelig. I 3 forsøg i Baltimor har der været kraftige angreb af gulrust. I disse forsøg har et behandlingsindeks på 0,5-0,88 været det optimale fordelt på 2 eller 3 behandlinger.



Figur 4. Nettomerudbytte i 3 typesorter i gns. af 9 forsøg i 2002 ved forskellige BI. Net yield in 3 varieties with different resistance. 9 trials 2002.



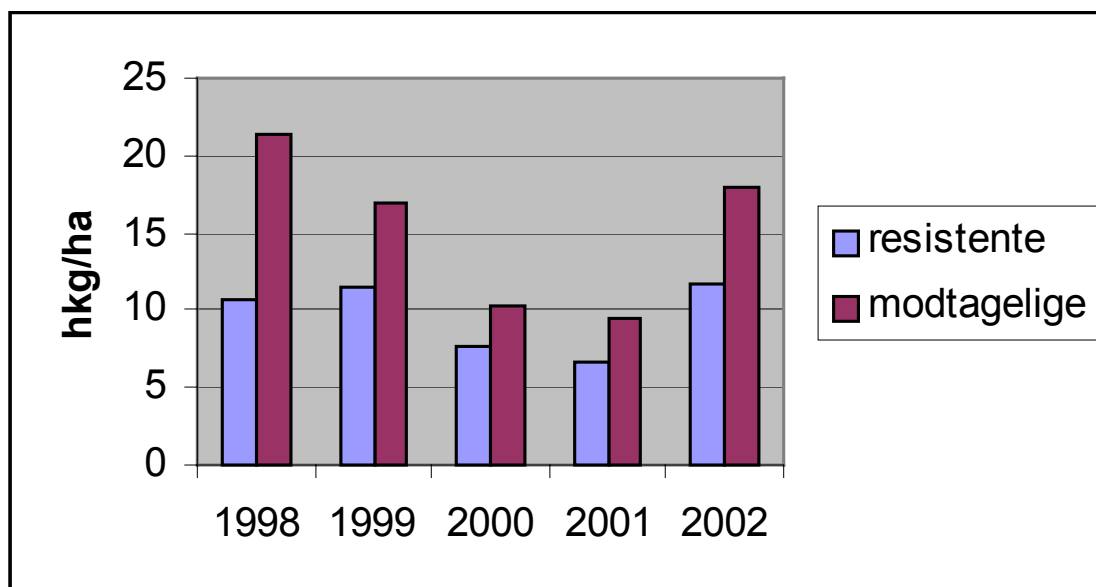
Figur 5. Nettomerudbytte i 3 typesorter i gns. af 21 forsøg i 2000-2001 ved forskellige BI. Net yield in 3 varieties with different resistance. 21 trials 2000-2001.

Forskellige merudbytter i sortsforsøg

Hvis man tager sorter og kategoriserer dem som resistente og modtagelige, så er der betydelige forskelle i udbytterespons for svampebehandling i de forskellige år (tabel 6). I forsøgsår med kraftige angreb af både gulrust og septoria (1998, 1999 og 2002) har der typisk været en forskel mellem bruttomerudbytterne i modtagelige og resistente sorter på 5-10 hkg/ha, mens forskellene i år med mindre angreb kun har været omkring 2,5 hkg/ha (figur 6). Opdeling af sorter i disse 2 kategorier indikerer, at man klart skal være mere tilbageholdende med indsatsen i de mindre modtagelige sorter, da merudbytte for bekæmpelse ganske enkelt er mindre.

Tabel 7. Bruttomerudbytter for svampebekæmpelse med forskellige strategier, hvor der typisk er behandlet med en indsats svarende til BI på 0,75-1,0. Indsatsen i sorterne varierer fra år til år og ligger typisk over, hvad der er økonomisk optimalt. Det er et forskelligt antal forsøg, der ligger bag de enkelte sorter i de enkelte år (Oversigt over Landsforsøgene, 2002, side 64). Gross yield (hkg/ha) for fungicide treatment with different fungicide strategies in different years. An input of fungicides in the range of TFI=0.75-1.0 has been common. The number of trials in individual varieties and years is different.

Sortsgruppe Variety group	1998	1999	2000	2001	2002
Resistente sorter gns. Resistant varieties average	10,7	11,5	7,6	6,7	11,6
Stakado	10,7	10,1	9,3	9,6	13,4
Boston	-	12,9	4,0	4,5	10,0
Senat	-	-	11,8	6,5	11,7
Solist	-	11,5	5,4	6,3	11,3
Modtagelige sorter gns. Susceptible varieties average	21,3	16,9	10,2	9,4	18,0
Baltimore	24,7	20,1	10,6	10,1	21,0
Kris	19,5	15,4	9,5	8,2	17,1
Biscay	22,6	16,4	10,1	8,7	17,5
Ritmo	18,4	15,8	10,5	10,6	16,3



Figur 4. Gennemsnitlige forskelle mellem merudbytter i sorter med god og dårlig resistens efter en generel svampebehandling. Average differences between yield increases in varieties with good and less good resistance after a more general fungicide treatment (TFI varies from 0.75-1.0).

Konklusioner

- Den optimale indsats med fungicider afhænger mest af klimaet og sygdomstrykket i det enkelte år, men også sortens modtagelighed har indflydelse på, hvilken fungicidindsats der er optimal.
- I år med kraftige sygdomsangreb af gulrust eller septoria er forskellen mellem merudbytterne for svampebehandling i resistente og modtagelige sorter størst.
- Rust- og septoriaresistente sorter har bedre mulighed for at klare sig med en enkelt aksbehandling. Mens mere modtagelige sorter har behov for 2 og i sjældnere tilfælde 3 sprøjtninger.
- Ofte er doseringskurven meget flad for en aksbehandling. Dette er især tilfældet, hvis der er behandlet forud for en aksbehandling. Den flade kurve betyder, at der er en betydelig fleksibilitet med hensyn til valg af dosering.
- I de mest resistente sorter har en indsats på $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{2}$ dosering i alle forsøgsår givet det mest økonomisk optimale nettomerudbytte tildelt som aksbehandling. $\frac{1}{4}$ dosis har været optimal ved lave angreb og $\frac{1}{2}$ dosis ved kraftigere angreb.
- I mere modtagelige sorter har en indsats på $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{2}$ dosis været dækkende i år med moderate angreb, mens $\frac{1}{2}$ til $\frac{3}{4}$ dosis har været optimal under mere ekstreme smitteforhold.
- Der er ikke set klare forskelle i gulrustbekæmpelsen for de testede doseringer. Gulrust er nemt at bekæmpe også med lave doseringer men kræver korrekt timing og ofte 2-3 behandlinger, hvis angrebene starter tidligt.
- Planteværn Online har generelt klaret sig godt i forsøgene og givet et nettomerudbytte på niveau med eller bedre end for standardbehandlingerne. I de fleste forsøg har Planteværn Online anbefalet en indsats, der tager højde for relevante forskelle i graden af resistens.
- Sorter med bedre resistens samt nye og mere effektive fungicider har øget mulighederne for at reducere behandlingshyppigheden i hvede til et niveau lavere end det eksisterende måltal.

Sammendrag

Fungicidforbruget i hvede er reduceret med mere end 50% i løbet af de sidste 20 år hovedsageligt på grund af udbredt brug af reducerede doseringer. Måltallet i Pesticidhandlingsplan II er sat til 0,75 for svampebekæmpelse i vinterhvede. Dette måltal er nået i 2002. Hvis forbruget skal reduceres yderligere, skal fokus rettes mod justering af doseringen i forhold til den enkelte sorts resistensgrundlag. I 3 års forsøg med forskellige vinterhvedesorter med forskelligt resistensgrundlag mod septoria og gulrust er forskellige niveauer af fungicidforbrug afprøvet. Desuden er Planteværn Onlines anbefalinger til svampebekæmpelse i de forskellige hvedesorter afprøvet. I forsøgene har der i 2 forsøgsår været moderate angreb af septoria, mens der i det 3. år var kraftige angreb. Gulrust har været et problem i et mindre antal forsøg. Resultaterne viser, at den optimale fungicidmængde varierer meget fra år til år, men også af-

hænger meget af sortens resistens. Dosis-respons kurverne for fungicidindsatsen er forholdsvis flade, hvilket indikerer en vis robusthed i valget af dosering. I sorter med god resistens er det ofte kun rentabelt at foretage en enkelt svampebekæmpelse omkring skridning, og her ligger det optimale BI på 0,25-0,5. I mere modtagelige sorter har det optimale BI svinget mellem 0,5-0,9, og her har 2 behandlinger generelt givet det bedste resultat. Hvor der er udført en tidlig behandling (vs 31-37), har der været en større fleksibilitet med hensyn til valg af dosering ved aksbehandling. Planteværn Online har givet anbefalinger på BI fra 0,2 til 0,8, og det har resulteret i nettomerudbytter på niveau med eller bedre end de bedste standardbehandlinger. I de senere år er der kommet hvedesorter på markedet, som har god resistens over for septoria og gulrust. Hvis dyrkningen af disse sorter øges betydeligt, vil et BI lavere end 0,75 ikke være et urealistisk mål.

Litteratur

- Anon.* 2002. Bekæmpelsesmiddelstatistik 2001. Orientering nr. 5 2002. Miljøstyrelsen, Miljøministeriet.
- Jørgensen LN & Høyer MD.* 2001. Svampesygdomme i korn 2000. I Pesticidafprøvningen 2000. DJF rapport nr. 39.
- Jørgensen LN & Høyer MD.* 2002. Svampesygdomme i korn 2001. I Pesticidafprøvningen 2001. DJF rapport nr. 63.
- Jørgensen LN & Jensen KF.* 2003. Svampesygdomme i korn 2002. I Pesticidafprøvningen 2002. DJF rapport.
- Oversigt over landsforsøgene 2000.
- Oversigt over Landsforsøgene 2001.
- Oversigt over Landsforsøgene 2002.
- Ørum JE & Jørgensen LN.* 2001. Økonomi og risiko ved forskellige fungicide strategier i vinterhvede - Nogle overvejelser og metoder. 18. Danske Planteværnskonference DJF rapport nr. 40. 69-84.

Justering af fungicidindsatsen i vårbyg afhængig af sortsresistens

Adjusting the fungicide input in spring barley depending on variety resistance

Leif Hagelskjær & Lise Nistrup Jørgensen

Danmarks JordbrugsForskning

Afdeling for Plantebeskyttelse

Forskningscenter Flakkebjerg

DK-4200 Slagelse

Ghita Cordsen Nielsen

Landbrugets Rådgivningscenter

Udkærsvej 15, Skejby

DK-8200 Århus N

Summary

The fungicide input in spring barley in Denmark has been reduced by 20-30% since 1990. The target figure (Treatment Frequency Index) in Pesticide Action Plan II for fungicide input in spring barley has been recommended to be 0.40. This figure has generally been reached in 2002. If further reduction plans are to be recommended, cropping of resistant varieties and adjusting of fungicide input according to the need in specific varieties are believed to become of increasing importance. During 3 seasons different fungicide input has been tested in varieties with different degrees of resistance to mildew (*Erysiphe graminis*), barley rust (*Puccinia hordei*), and net blotch (*Drechslera teres*).

In 2000, mildew and barley rust were severe in some of the trials. In 2001, the level of disease infection was generally low, and in 2002 infections of net blotch were severe in many trials. The optimal input of fungicides varies considerably from year to year, depending on climate and the degree of infection of diseases. Dose-response curves are generally flat and suggest a robustness in choice of dose. In varieties with good resistance against all diseases, fungicide input is seldom profitable, but at severe disease infection an input of TFI=0.2 was profitable. In varieties with resistance against mildew and barley rust, fungicide treatments are profitable if there is an infection with net blotch or leaf blotch (*Rhynchosporium secalis*). In these cases a fungicide input of TFI=0.2-0.6 was profitable. In varieties with resistance only against one disease, the optimal fungicide input depends on the degree of susceptibility to other diseases. The optimal fungicide input varies from TFI=0.2 to 0.6 and in some cases even 0.9. A strategy with two treatments is relevant in susceptible varieties in years with severe infections of mildew, barley rust or net blotch. Since the need for fungicide treatment varies from year to

year, it is recommended to adjust fungicide input according to the degree of infection. Crop Protection Online has proved to give recommendations that result in net yield increases at the same level or higher than standard treatments at relatively low levels of fungicide input.

More varieties with good resistance against all diseases in spring barley are needed if the fungicide input has to be reduced further.

Indledning

Det vejledende måltal for BI for svampebekæmpelse i vårbyg er 0,40 (Friis *et al.*, 2002). I opgørelser af behandlingsindekset på danske landbrugsbedrifter i 2000-2002 var BI på 0,38-0,42 for svampebekæmpelse i vårbyg (Landbrugsinfo, 2003), og ifølge Miljøstyrelsens bekæmpelsesmiddelstatistik var behandlingshyppigheden (opgjort ud fra salget af pesticider i kalenderåret) i både 2000 og 2001 på 0,35 for vårsæd, det vil sige vårbyg, havre og vårhvede (Anon., 2002). I 1990 var behandlingshyppigheden ca. 0,50 for svampebekæmpelse i vårsæd (Anon., 1992). Der er altså sket en reduktion på 20-30% siden 1990. Måltallet i Pesticidhandlingsplanen er allerede opfyldt, og hvis fungicidforbruget skal reduceres yderligere, vil det kræve en bedre udnyttelse af sorternes resistensegenskaber. Det forholdsvis lave måltal skal ses i lyset af, at der på en betydelig del af vårbygarealet ikke foretages svampebekæmpelse overhovedet.

Bruttomerudbyttet for svampebekæmpelse i vårbyg varierer normalt fra 0 til ca. 10 hkg pr. ha dog med enkelte tilfælde på op til ca. 20 hkg pr. ha. Bruttomerudbyttet afhænger af sortens resistensegenskaber og angrebsgraden af svampesygdomme i det enkelte år.

For at belyse mulighederne for at differentiere svampebekæmpelsen afhængig af både den dyrkede sorts resistensegenskaber og af den aktuelle angrebsgrad af svampesygdomme, er der gennem de seneste år gennemført forsøg med strategier for svampebekæmpelse i sorter med forskellige resistensegenskaber både ved Danmarks JordbrugsForskning og i Landsforsøgene. Planteværn Online indgår i forsøgene til sammenligning med de øvrige strategier. I Planteværn Online indgår resistensegenskaberne i modellerne for bekæmpelsesbehov og også i doseringsberegningerne, og det er således muligt at vurdere, om der tages tilstrækkeligt hensyn til sorternes forskellige resistensegenskaber.

Forsøgene er finansieret af penge, som blev bevilget i forbindelse med Pesticidhandlingsplan II. I visse af forsøgene har der desuden været led, som er finansieret af kemikaliefirmaer. I det følgende vil forsøgsresultaterne summarisk blive præsenteret.

Metodebeskrivelse

I flere forsøgsserier er der gennem de seneste 3-4 år gennemført en række forsøg, der belyser den optimale fungicidindsats i sorter med forskelligt resistensgrundlag. Sorterne kan inddeles i 5 resistensgrupper, som det fremgår af tabel 1. Der er ikke taget hensyn til sorternes modtagelighed for skoldplet, da det vurderes, at denne sygdom forholdsvis sjældent har udbyttemæssig betydning i vårbyg. Alle sorter er tildelt resistenskarakterer fra -1 til 3, hvor -1 er det mest resistente og 3 er det mest modtagelige.

Tabel 1. Resistensegenskaber i vårbygssorter i forsøgene. Kilde: SortInfo. Resistance against diseases in spring barley varieties.

Sort Variety	Meldug Mildew	Bygrust Brown rust	Bygbladplet Net blotch	Skoldplet Leaf blotch
Resistens mod alle sygdomme				
Barke	-1	1	1	1
Resistens mod meldug og bygrust, modtagelig for bygbladplet				
Alliot	-1	1	2	2
Prestige	-1	1	2	1
Sortsblanding	0	1	2	1
Resistens mod meldug, modtagelig for bygrust og bygbladplet				
Alexis	-1	3	1	1
Cicero	-1	2	2	1
Otira	-1	2	2	2
Resistens mod bygrust, modtagelig for meldug og bygbladplet				
Jacinta	2	1	2	2
Lux	2	1	3	2
Optic	2	1	2	2
Resistens mod bygbladplet, modtagelig for meldug og bygrust				
Annabell	2	2	0	2
Linus	2	2	0	2

-1 = Ingen risiko for angreb (Mlo-resistens)/No risk of infection.

0 = Ingen eller meget lav modtagelighed/None or low susceptibility.

1 = Delvis modtagelig/Partly susceptible.

2 = Modtagelig/Susceptible.

3 = Meget modtagelig/Very susceptible.

Inddelingen af sorter i resistensgrupper er vanskelig, idet forskellige sorter med resistens mod samme svampesygdom kan have forskellig resistens mod andre svampesygdomme, og derfor kan merudbyttet ved en fungicidbehandling variere betydeligt afhængig af hvilke svampesygdomme, der er dominerende i det enkelte år. Sorter med Mlo-resistens mod meldug kan f.eks. have meget forskellig resistens mod bygrust, og derfor vil merudbyttet i denne gruppe ikke være på samme niveau i et år med kraftige angreb af bygrust. Inddelingen er alligevel lavet

for at prøve at vurdere betydningen af resistensgrundlaget frem for kun at vurdere de enkelte sorter.

Ved beregninger af nettomerudbytter i forsøgene er der regnet listepreiser på plantebeskyttelsesmidler og udbringningsomkostninger på 60 kr. pr. ha (Nielsen, 2002) og med en kornpris på 75 kr. pr. hkg. De samlede omkostninger til fungicidbehandling falder med 0,3-0,5 hkg pr. ha for hver gang, kornprisen ændres med 10 kr. pr. hkg. Ændringen er større, jo større fungicidindsats der er tale om.

Dosis-respons og Planteværn Online i 4 vårbygsorter

I 2000-2002 er der gennemført i alt 6 forsøg med forskellige strategier for svampebekæmpelse med Amistar Pro og anvendelse af Planteværn Online i 4 vårbygsorter med forskellige resistensegenskaber. Forsøgene er gennemført i sorterne Linus, Optic, Barke og Alexis, og forsøgsbehandlingerne har været følgende:

1. Ubehandlet
2. 0,5 Amistar Pro (vs 29) og 0,5 Amistar Pro (vs 37-39)
3. 1,0 Amistar Pro (vs 32)
4. 0,5 Amistar Pro (vs 32)
5. 0,25 Amistar Pro (vs 32)
6. Planteværn Online

Bekæmpelse af svampesygdomme i 8 vårbygsorter

I 1999-2002 er der gennemført forsøg med 8 vårbygsorter, som er behandlet med forskellige strategier mod svampesygdomme. Strategierne har ændret sig lidt over årene, og der har også været udskiftning af sorterne.

Tabel 2. Fungicidbehandling i forsøg med 8 vårbygsorter. Forsøg ved DJF. Fungicide treatments in trials with 8 spring barley varieties. Trials at DIAS.

1999	2000 & 2001	2002
1. Ubehandlet	1. Ubehandlet	1. Ubehandlet
2. 1,0 Amistar Pro (vs 32-33) BI=0,78	2. 1,0 Amistar Pro (vs 32-33) BI=0,78	2. 0,25 Amistar + 0,25 Unix (vs 32-33) BI=0,50
3. 2 x 0,33 Tilt Mega Turbo (vs 29 og 37-39) BI=0,44	3. 2 x 0,5 Amistar Pro (vs 29 og 37-39) BI=0,78	3. 0,375 Opera (vs 32-33) BI=0,35
4. 0,5 Amistar Pro (vs 29) og 0,25 Amistar (vs 37-39) BI=0,64	4. Planteværn Online	4. Planteværn Online
5. Planteværn Online		

Forsøg med svampebekæmpelse i typesorter af vårbyg i Landsforsøgene

I Landsforsøgene har der de seneste 3 år været gennemført forsøg med svampebekæmpelse i typesorter af henholdsvis maltbyg og foderbyg. Der er afprøvet strategier med BI fra 0,14 til 0,88 med 7-8 forskellige behandlinger. Det fremgår af tabel 3 hvilke sorter, der har været med i forsøgene, og hvor mange forsøg der er udført de enkelte år.

Tabel 3. Antal forsøg og sorter i forsøg med svampebekæmpelse i typesorter af vårbyg i Landsforsøgene (Nielsen, 2000; Nielsen, 2001; Nielsen, 2002). Number of trials and varieties in trials with disease control in varieties with different resistance against diseases.

	2000	2001	2002
Maltbygssorter			
Sorter Varieties	Optic Alexis Barke	Optic Alliot Barke	Lux Alliot Prestige
Antal forsøg No. of trials	8	6	6
Foderbygssorter			
Sorter Varieties	Henni Otira Jacinta	Annabell Otira Jacinta	Annabell Otira Cicero
Antal forsøg No. of trials	6	9	5

Sammenligning af merudbytter for svampebekæmpelse i sortsforsøg

I sortsforsøgene i Landsforsøgene kan man se de opnåede merudbytter ved svampebekæmpelse over årene. Resultaterne kan være med til at belyse forskellene mellem sorterne.

Resultater og diskussion

I 2000 var meldug og bygrust de dominerende svampesygdomme. I 2001 var angrebene af svampesygdomme meget lave, mens de i 2002 var meget kraftige. I 2002 var det især bygbladplet, der dominerede, men i nogle forsøg var der også udbredte angreb af bygrust.

Dosis-respons og Planteværn Online i 4 vårbygssorter

Der er stor forskel på det opnåede brutto- og nettomerudbytte både mellem år og mellem sorter (tabel 4). I 2000 blev der i Linus og Alexis opnået store merudbytter, mens merudbyttet i Optic var mere beskedent, og i Barke var nettomerudbyttet negativt i alle de behandlede led. I Linus og Optic var meldug dominerende, mens bygrust var dominerende i Alexis. I 2001 var sygdomsangrebene meget beskedne, og de opnåede nettomerudbytter var meget lave eller negative. I 2002 var sygdomsangrebene meget kraftige, og de opnåede merudbytter meget høje

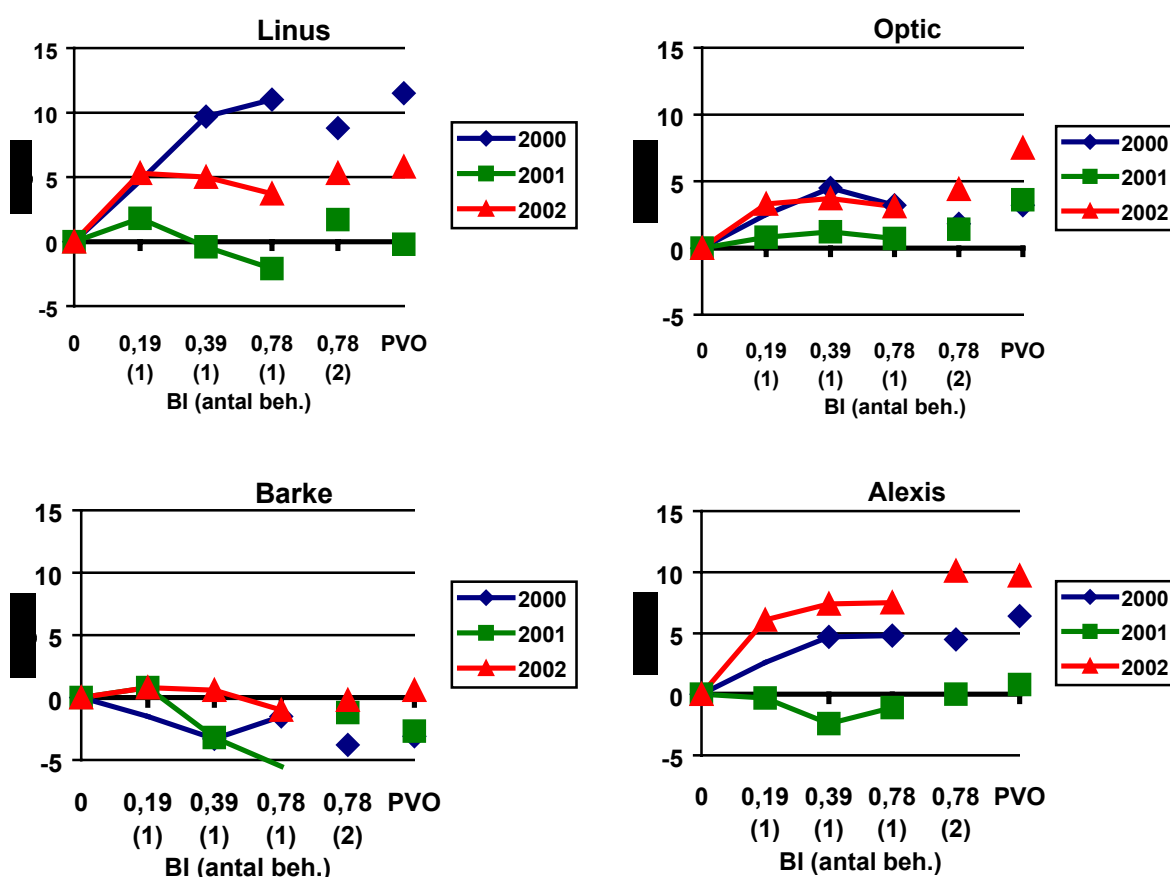
undtagen i Barke, hvor der kun lige akkurat kunne opnås positive nettomerudbytter ved de laveste doseringer. De dominerende sygdomme i 2002 var bygbladplet og bygrust.

Tabel 4. Bruttomerudbytte, nettomerudbytte og behandlingsindeks (BI) i 4 vårbygssorter 2000-2002. Gennemsnit af 2 forsøg pr. år. Forsøg ved DJF. Grain yield increase, net yield and treatment frequency index (TFI) in 4 spring barley varieties 2000-2002. Average of 2 trials per year. Trials at DIAS.

Sort og år Variety and year	2 x 0,5 Ami- star Pro (BI=0,78)		1,0 Amistar Pro (BI=0,78)		0,5 Amistar Pro (BI=0,39)		0,25 Amistar Pro (BI=0,19)		Planteværn Online Crop Protection Online	
	Brutto	Netto	Brutto	Netto	Brutto	Netto	Brutto	Netto	Brutto	Netto (BI)
Linus										
2000	14,0	8,8	15,4	11,0	12,3	9,7	-	-	15,6	11,5 (0,62)
2001	6,9	1,7	2,3	-2,1	2,2	-0,4	3,5	1,8	1,1	-0,2 (0,19)
2002	10,5	5,3	8,0	3,7	7,6	5,0	7,0	5,3	9,4	5,8 (0,51)
Gns.	10,4	5,3	8,0	3,6	7,6	5,0	7,2	5,5	8,7	5,7 (0,43)
Optic										
2000	7,0	1,8	7,6	3,2	7,1	4,5	-	-	5,8	3,2 (0,39)
2001	6,6	1,4	5,1	0,7	3,8	1,2	2,5	0,8	4,9	3,6 (0,21)
2002	9,5	4,4	7,5	3,1	6,3	3,7	5,0	3,3	10,6	7,5 (0,70)
Gns.	7,7	2,5	6,4	2,0	5,6	3,1	4,6	2,9	7,1	4,7 (0,43)
Barke										
2000	1,4	-3,8	2,9	-1,5	-0,7	-3,3	-	-	-0,4	-3,1 (0,43)
2001	4,0	-1,2	-1,1	-5,5	-0,6	-3,2	2,5	0,8	-1,4	-2,7 (0,21)
2002	4,9	-0,2	3,4	-1,0	3,2	0,6	2,5	0,8	1,7	0,6 (0,35)
Gns.	3,4	-1,8	1,2	-3,2	1,6	-0,9	1,4	-0,3	0,0	-1,8 (0,33)
Alexis										
2000	9,7	4,5	9,2	4,8	7,3	4,7	-	-	9,0	6,4 (0,40)
2001	5,2	0,0	3,3	-1,1	0,2	-2,4	1,4	-0,3	2,4	0,8 (0,25)
2002	15,3	10,1	11,9	7,5	10,0	7,4	7,8	6,1	12,3	9,7 (0,58)
Gns.	10,1	4,9	8,2	3,9	6,2	3,7	5,0	3,3	7,9	5,6 (0,41)

Figur 1 viser nettomerudbyttet i de enkelte sorter i de enkelte år. I Linus, som har en god resistens mod bygbladplet, har behandlingerne været jævnbyrdige, men meget varierende fra år til år. 0,25 l Amistar Pro pr. ha (BI=0,19) har således klaret sig lige så godt som 2 x 0,5 l Amistar Pro pr. ha (BI=0,78). I Optic, som har en relativ god resistens mod bygrust, har nettomerudbytterne været mere konstante og forholdsvis lave over årene men også meget jævnbyrdige mellem de forskellige behandlinger. I Barke, som har en god resistens mod alle svampesygdomme, har der i alle tilfælde været meget lave eller negative nettomerudbytter. Det gælder også i 2002, hvor der ellers var kraftige angreb af svampesygdomme. I Alexis,

som har Mlo-resistens mod meldug, har bygrust og til dels bygbladplet været dominerende. Her har der været god økonomi i svampebekæmpelse i 2000 og 2002 men ikke i 2001. I 2000 var behandlingerne jævnbyrdige, men i 2002 var to behandlinger med 0,5 l Amistar Pro (BI=0,78) det bedste. Planteværn Online har i alle sorter klaret sig på niveau med eller bedre end de bedste standardbehandlinger. I Barke er der dog i 2000 og 2001 anbefalet behandlinger, som har resulteret i et negativt nettomerudbytte.



Figur 1. Nettomerudbytte ved svampebekæmpelse i vårbygsorter. Forklaring til behandlinger som i tabel 4. PVO=Planteværn Online. Forsøg ved DJF. Net yield increase for disease control in spring barley varieties. Explanation to treatments, see table 4. PVO=Crop Protection Online. Trials at DIAS.

Bekæmpelse af svampesygdomme i 8 vårbygsorter

Tabel 5 viser en oversigt over resultaterne fra forsøgene med svampebekæmpelse i 8 vårbygsorter pr. år. Der har været udskiftning af sorterne undervejs, og derfor har de enkelte sorter været med i forsøgene i forskelligt antal år. Resultaterne kan anvendes til at vurdere, om én eller to fungicidbehandlinger har været bedst, og til at vurdere Planteværn Online's anbefalinger. I 2002 har der ikke været to fungicidbehandlinger i forsøgene, og der er også ændret på fungiciderne. Derfor er resultaterne fra 2002 vist for sig selv i tabel 6.

Tabel 5. Bruttomerudbytte, nettomerudbytte og behandlingsindeks i vårbygsorter 1999-2001. Gennemsnit af 2 forsøg pr. år. Forsøgsbehandlinger, se tabel 2. Forsøg ved DJF. Grain yield increase, net yield increase, and treatment frequency index (TFI) in spring barley varieties 1999-2001. Treatments, see table 2. Trials at DIAS.

Resistensgruppe og sort Group of resis- tance and variety	År Year	Bruttomerudbytte, hkg pr. ha Grain yield increase, hkg per ha			Nettomerudbytte, hkg pr. ha Net yield increase, hkg per ha		
		1 x fungicid	2 x fungicid	Planteværn Online Crop Protec- tion Online	1 x fungicid	2 x fungicid	Planteværn Online Crop Protec- tion Online
Resistens mod alle sygdomme							
Barke	2000	2,5	3,7	4,2	-1,9	-1,5	1,6 (0,39)
	2001	5,6	4,5	6,1	1,2	-0,7	4,8 (0,21)
Resistens mod meldug og bygrust							
Sortsblanding	1999	6,5	9,7	9,2	2,1	3,0	4,7 (0,55)
	2000	3,8	4,5	4,3	-0,6	-0,7	1,7 (0,38)
	2001	3,5	4,7	3,9	-0,9	-0,5	2,6 (0,21)
Alliot	2001	3,5	4,9	3,2	-0,9	-0,3	2,2 (0,14)
Resistens mod meldug							
Alexis	1999	9,0	11,8	12,0	4,6	5,8	7,0 (0,64)
	2000	6,2	10,7	12,0	1,8	5,5	9,1 (0,44)
Otira	2000	6,9	6,8	5,0	2,5	1,6	3,8 (0,17)
	2001	4,0	7,4	4,4	-0,4	2,2	3,4 (0,14)
Resistens mod bygrust							
Optic	1999	6,8	10,2	10,1	2,4	3,1	4,9 (0,68)
	2000	5,4	8,7	5,2	1,0	3,5	2,6 (0,39)
	2001	2,2	3,8	1,8	-2,2	-1,4	0,5 (0,21)
Jacinta	2000	6,8	5,9	5,9	2,4	0,7	3,5 (0,34)
	2001	4,5	6,3	2,9	0,1	1,1	1,6 (0,21)
Resistens mod bygbladplet							
Linus	1999	7,1	9,6	0,9	2,7	3,1	-0,7 (0,20)
	2000	9,9	13,3	15,0	5,5	8,1	12,4 (0,39)
	2001	6,0	6,5	3,2	1,6	1,3	1,9 (0,19)
Annabell	2001	0,6	4,6	2,0	-3,8	-0,6	0,6 (0,22)

Tabel 5 viser, at to fungicidbehandlinger ikke var rentabelt i 2000 og 2001 i sorter med god resistens mod alle svampesygdomme (Barke) og heller ikke i sorter med god resistens mod både meldug og bygrust (Sortsblanding og Alliot). I sorter, hvor der kun er resistens mod én svampesygdom, kan to behandlinger derimod være rentabelt i enkelte tilfælde (Alexis og Linus i 2000). Det bedste har dog i næsten alle tilfælde været at anvende Planteværn Online,

som har givet de bedste nettomerudbytter i alle sortsgrupper med et relativt lavt behandlingsindeks.

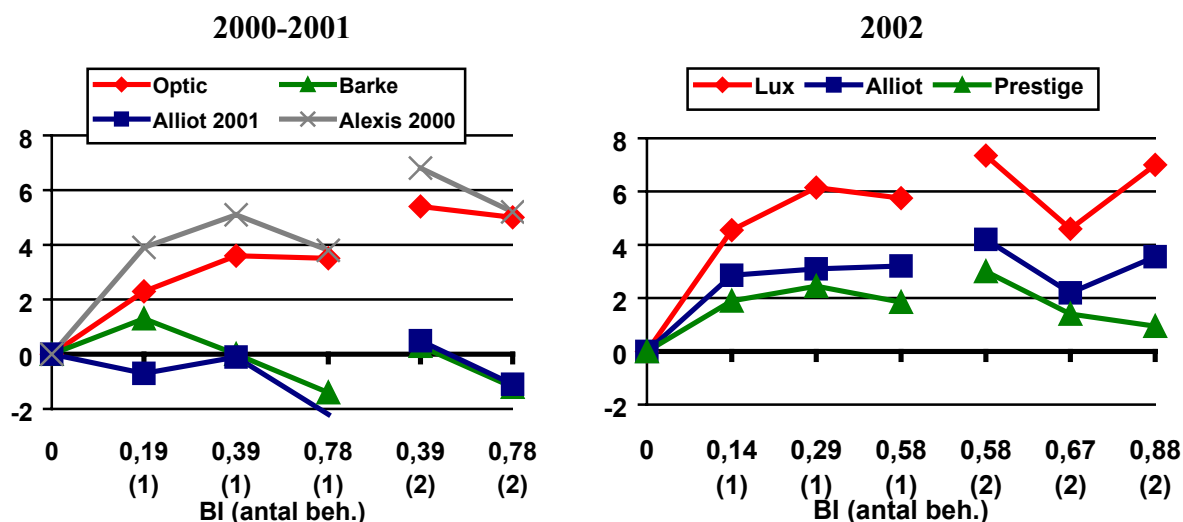
Tabel 6. Bruttomerudbytte, nettomerudbytte og behandlingsindeks i vårbygsorter 2002. Gennemsnit af 2 forsøg. Forsøg ved DJF. Grain yield increase, net yield increase, and treatment frequency index (TFI) in spring barley varieties 2002. Average of 2 trials. Trials at DIAS.

Resistensgruppe og sort Group of resistance and variety	Bruttomerudbytte, hkg pr. ha Grain yield increase, hkg per ha			Nettomerudbytte, hkg pr. ha Net yield increase, hkg per ha		
	0,25 Amistar + 0,25 Unix (vs 32-33)	0,375 Opera (vs 32-33)	Planteværn Online Crop Protection Online	0,25 Amistar + 0,25 Unix (BI=0,50)	0,375 Opera (BI=0,35)	Planteværn Online (BI) Crop Protection Online (TFI)
Resistens mod alle sygdomme						
Barke	5,6	4,3	3,1	2,9	1,1	0,7 (0,35)
Resistens mod meldug og bygrust						
Blanding	7,5	6,8	6,3	4,8	3,6	4,0 (0,31)
Alliot	7,6	7,0	5,9	4,9	3,8	3,3 (0,39)
Prestige	5,9	6,7	5,7	3,2	3,5	3,3 (0,35)
Resistens mod meldug						
Otira	11,7	8,9	14,5	9,0	5,7	10,8 (0,54)
Cicero	6,6	7,8	8,0	3,9	4,6	4,1 (0,58)
Resistens mod bygrust						
Lux	13,0	8,8	13,4	10,3	5,6	9,7 (0,54)
Resistens mod bygbladplet						
Annabell	9,4	9,1	11,0	6,7	5,9	7,1 (0,54)

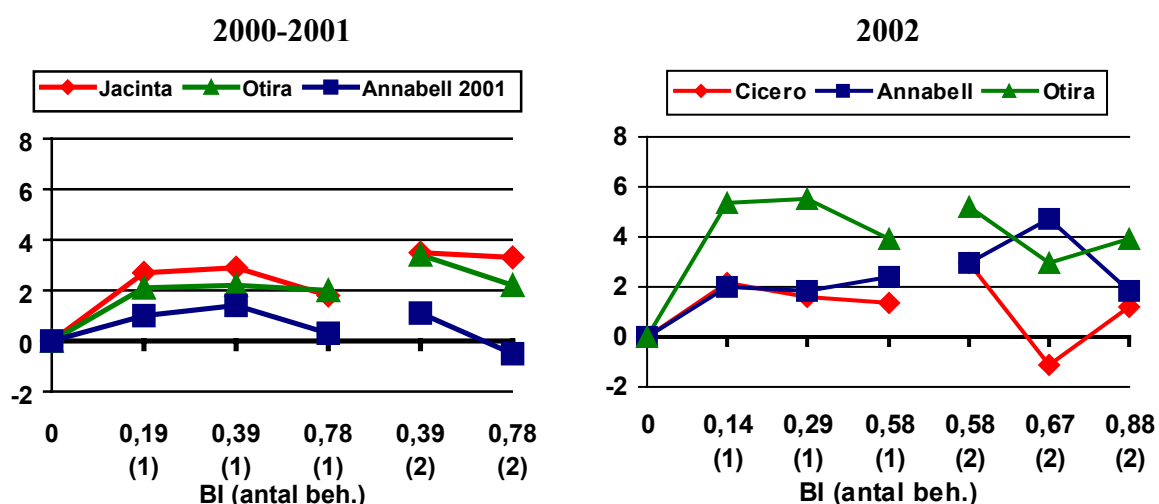
Tabel 6 viser resultaterne fra forsøgene med 8 vårbygsorter i 2002. Fungicidbehandlingerne har givet jævnbyrdige merudbytter undtagen i Otira og Lux, hvor Amistar+Unix har været bedre end Opera. I Otira har der været angreb af både bygrust og bygbladplet, og i Lux har der været et meget kraftigt angreb af bygbladplet. Blandingen af Amistar og Unix har i begge tilfælde haft bedre effekt end Opera. Planteværn Online har i alle tilfælde anbefalet Amistar Pro, i enkelte tilfælde to behandlinger, og nettomerudbytterne er på samme niveau, som de bedste standardbehandlinger. Planteværn Online har anbefalet løsninger med et lidt lavere behandlingsindeks i de mest resistente sorter end i sorter med resistens mod kun én sygdom.

Forsøg med svampebekæmpelse i typesorter af vårbyg i Landsforsøgene

Figur 2 og 3 viser de opnåede nettomerudbytter ved svampebekæmpelse i typesorter af vårbyg i henholdsvis maltbygsorter og foderbygsorter i to forsøgsserier i Landsforsøgene.



Figur 2. Nettomerudbytte (hkg/ha) ved forskelligt behandlingsindeks (BI) i typesorter af maltbyg 2000-2002. Gennemsnit af 8 forsøg i 2000, 6 forsøg i 2001 og 6 forsøg i 2002 (Nielsen, 2000, 2001 og 2002). Net yield increase (hkg/ha) at different treatment frequency index(es) (TFI) in malting barley varieties. Average of 8 trials in 2000, 6 trials in 2001, and 6 trials in 2002.



Figur 3. Nettomerudbytte (hkg/ha) ved stigende behandlingsindeks i typesorter af foderbyg 2000-2002. Gennemsnit af 6 forsøg i 2000, 9 forsøg i 2001 og 5 forsøg i 2002 (Nielsen, 2000, 2001 og 2002). Net yield increase (hkg/ha) at different treatment frequency index(es) (TFI) in fodder barley varieties. Average of 6 trials in 2000, 9 trials in 2001, and 5 trials in 2002.

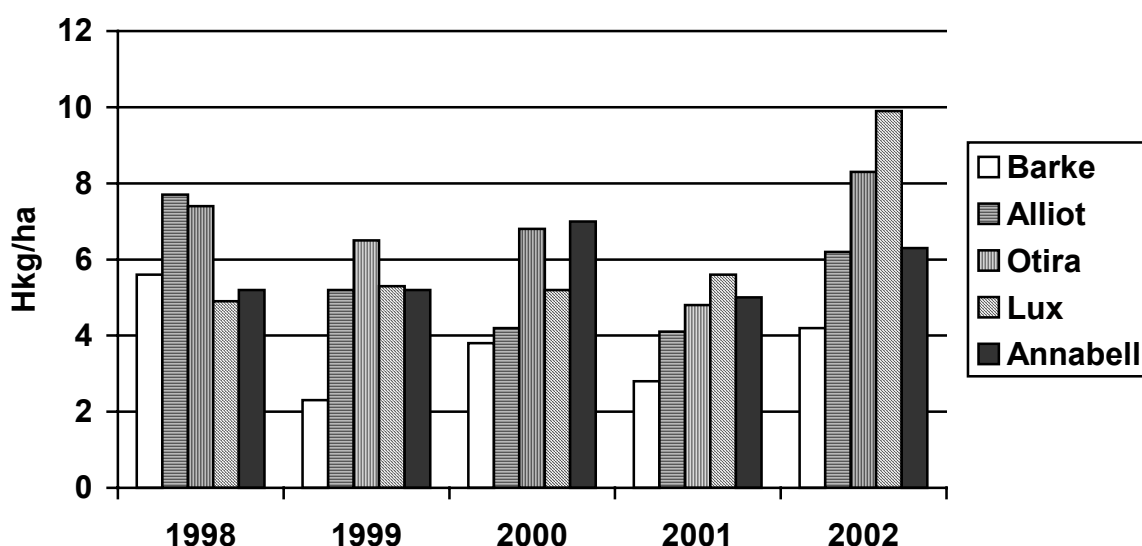
I Barke er det bedste resultat opnået ved et BI på 0,19, men der er dog tale om meget lave nettomerudbytter. I Alliot (resistens mod meldug og bygrust) er der i 2001 kun opnået nettomerudbytter tæt på 0, og i 2002 var det optimale BI 0,58. I Prestige, som har næsten samme resistens karakterer som Alliot, er der i 2002 opnået tilsvarende resultater. I Optic (resistens mod bygrust) er det højeste nettomerudbytte opnået ved et BI på 0,39-0,78 som gennemsnit af 2000 og 2001. Lux, som også har god resistens mod bygrust, var med i forsøgene i 2002, men

da sorten er meget modtagelig for bygbladplet, ligger nettomerudbytterne på et højere niveau, og det optimale BI på 0,58, og i enkelte tilfælde 0,88. I Alexis, Optic, Lux og Alliot har et BI på 0,4-0,6 fordelt på to behandlinger i de fleste tilfælde været det bedste, når der har været betydelige sygdomsangreb.

I Otira (Mlo-resistens) og Jacinta (resistens mod bygrust) har det opnåede nettomerudbytte i 2000 og 2001 ligget på ca. 3 hkg pr. ha, og det optimale BI var 0,19-0,39. To behandlinger med et samlet BI på 0,39 har været lidt bedre end de øvrige behandlinger. I 2002 var der i Otira kraftige angreb af bygbladplet og skoldplet, og nettomerudbyttet var gennemsnit af de bedste behandlinger næsten 6 hkg pr. ha. BI fra 0,14 til 0,58 har givet samme nettomerudbytte. Cicero, som også har Mlo-resistens, var niveauet for nettomerudbytter noget lavere, og BI fra 0,14 til 0,58 har også i denne sort givet samme resultat. I Annabell (resistens mod bygbladplet) var nettomerudbytterne også lave i 2001, og det optimale BI var 0,39, mens der i 2002 var kraftigt meldugangreb, og det bedste resultat blev opnået ved BI på 0,67. I denne behandling indgik en meget tidlig bekæmpelse af meldug (vs 26-29), og det viste sig at være rentabelt.

Sammenligning af merudbytter for svampebekæmpelse i sortsforsøg

I sortsforsøgene i Landsforsøgene indgår ofte både ubehandlede og fungicidbehandlede led. De opnåede bruttomerudbytter for en standardbehandling med fungicider fremgår af figur 4. Svampebekæmpelsen har indtil 2002 i de fleste forsøg været en enkelt behandling med halv dosering Amistar Pro eller to behandlinger med kvart dosering (BI=0,78). I 2002 blev der typisk anvendt 0,2 l Amistar + 0,25 l Stereo pr. ha (BI=0,41). Omkostningerne til svampebekæmpelse varierer fra 3 til 5 hkg pr. ha.



Figur 4. Bruttomerudbytter for svampebekæmpelse i vårbygsorter med forskelligt resistensgrundlag. Der er anvendt Amistarholdige løsninger i alle forsøgene (Nielsen, 2002).

Grain yield increase for fungicide treatments in spring barley varieties with different resistance against diseases.

Ved en omkostning på 3 til 5 hkg pr. ha for svampebekæmpelse underbygger figur 4, at det i de fleste år ikke er rentabelt at foretage svampebekæmpelse i Barke, ligesom det i Alliot ofte heller ikke er rentabelt. I Otira, Lux og Annabell, som kun har resistens mod én af svampesygdommene, vil der i de fleste år være økonomi i en svampebekæmpelse.

Konklusioner

- Den optimale fungicidindsats varierer meget fra år til år, afhængig af klimaet og angrebsgraden af de enkelte svampesygdomme.
- Doseringskurverne er generelt ret flade og peger på en vis robusthed vedrørende valg af dosering.
- I sorter med en god resistens mod alle svampesygdomme er svampebekæmpelse sjældent rentabelt. I enkelte tilfælde har en indsats på $BI=0,2$ været rentabel.
- I sorter med resistens mod meldug og bygrust er svampebekæmpelse kun rentabel i år med kraftige angreb af bygbladplet og/eller skoldplet. I disse år har en indsats på $BI=0,2-0,6$ været rentabel.
- I sorter med resistens mod kun én svampesygdom afhænger den optimale svampebekæmpelse af graden af modtagelighed for andre svampesygdomme. Hvis sorter med meget høj modtagelighed (resistensgruppe 3) for mindst én svampesygdom vælges fra, er det optimale niveau for svampebekæmpelse et BI på $0,2-0,6$. Hvis der vælges en sort med meget høj modtagelighed for mindst én af svampesygdommene, vil variationen i den optimale fungicidindsats være stor, afhængig af det aktuelle års angreb af svampesygdomme. BI kan variere fra $0,3$ til $0,6$, i enkelte tilfælde dog op til $0,9$.
- Splitstrategi med to behandlinger er relevant i modtagelige sorter i år med meget meldug, bygrust eller bygbladplet.
- Med mindre der kommer flere sorter med god resistens overfor samtlige svampesygdomme, vil det være svært at reducere fungicidindsatsen væsentligt i forhold til det nuværende forbrug.
- Da behovet for svampebekæmpelse varierer meget fra år til år, bør det generelt anbefales at behovsjustere fungicidindsatsen.
- Planteværn Online har givet anbefalinger på BI fra 0 til $0,99$ og det har resulteret i nettomterudbytter på niveau med eller bedre end de bedste standardbehandlinger. I sorter med resistens mod alle svampesygdomme anbefales bekæmpelse dog lidt for ofte.

Sammendrag

Fungicidforbruget i vårbyg i Danmark er faldet med 20-30% siden 1990. Måltallet i Pesticid-handlingsplan II er sat til $0,40$ for svampebekæmpelse i vårbyg. Dette måltal er nået i 2002. Hvis forbruget skal reduceres yderligere, skal fokus rettes mod justering af doseringen i for-

hold til den enkelte sorts resistensgrundlag. I 3 års forsøg med vårbygsorter med forskelligt resistensgrundlag mod meldug, bygrust og bygbladplet er forskellige niveauer af fungicidforbrug afprøvet. Desuden er Planteværn Onlines anbefalinger til svampebekæmpelse i de forskellige vårbygsorter afprøvet. Resultaterne viser, at den optimale fungicidmængde varierer meget fra år til år, men også afhænger meget af sortens resistens. Dosis-respons kurverne er forholdsvis flade, hvilket indikerer en vis robusthed i valget af dosering. I sorter med god resistens er det ofte ikke rentabelt at foretage svampebekæmpelse, mens det ofte bliver rentabelt, jo dårligere sortens resistens er. Det optimale BI i tilfælde, hvor svampebekæmpelse er rentabel, kan variere fra 0,2 helt op til 0,9 afhængig af årets angreb af svampesygdomme og af sortens resistensegenskaber. Da behovet for svampebekæmpelse varierer meget fra år til år, bør det generelt anbefales at behovsjustere fungicidindsatsen. Planteværn Online har givet anbefalinger på BI fra 0 til 0,99, og det har resulteret i nettomerudbytter på niveau med eller bedre end de bedste standardbehandlinger. I sorter med resistens mod alle svampesygdomme anbefales bekæmpelse dog lidt for ofte. Med mindre der kommer flere sorter med god resistens overfor samtlige svampesygdomme, vil det være svært at reducere fungicidindsatsen væsentligt i forhold til det nuværende forbrug.

Litteratur

- Anon.* 1992. Landbrugets pesticidanvendelse i 1990. Miljøstyrelsen, Miljøministeriet.
- Anon.* 2002. Bekæmpelsesmiddelstatistik 2001. Miljøstyrelsen. 47 p.
- Friis K, Jensen PK, Jørgensen LN, Nielsen GC, Paaske K & Petersen PH.* 2002. Vejledning i Planteværn 2002. Landbrugsforlaget.
- Nielsen GN.* 2000. Svampe- og skadedyrsbekæmpelse i vårsæd. In: Pedersen CÅ, editor. Oversigt over Landsforsøgene 2000, p. 112-123.
- Nielsen GN.* 2001. Svampe- og skadedyrsbekæmpelse i vårsæd. In: Pedersen CÅ, editor. Oversigt over Landsforsøgene 2001, p. 104-113.
- Nielsen GN.* 2002. Svampe- og skadedyrsbekæmpelse i vårsæd. In: Pedersen CÅ, editor. Oversigt over Landsforsøgene 2002, p. 105-115.

Udbygninger af Planteværn Online med henblik på reduktion af behandlingsindeks for herbicider

Developments in Crop Protection Online aiming for reducing the Treatment Frequency Index of herbicides

Per Rydahl, Solvejg K. Mathiasen, Peder Elbæk Jensen & Kamilla Jentoft Fertin
Danmarks JordbrugsForskning
Afdeling for Plantebeskyttelse
Forskningscenter Flakkebjerg
DK-4200 Slagelse

Summary

The results from 1,888 validation trials of the Danish decision support system named Crop Protection Online (CPO) show that this programme can manage chemical weed control in cereals, field pea and sugar beet in a safe way with a low Treatment Frequency Index (TFI). It is rather complicated, however, exactly to quantify the potential to reduce TFI for herbicides as the results from validation trials and the calculations of references are not fully representative for Denmark.

Safe scenarios using CPO for all relevant herbicide applications during a growing season indicate, however, that CPO has a potential to reduce TFI of herbicides by at least 35% in cereals and at least 50% in beets and field peas when compared with the statistics on herbicide sales released by the Danish Environmental Protection Agency and a substantial number of 'Action Plans on a Farm Level', which have been made by the Danish Agricultural Advisory Service as a major activity in the Danish Pesticide Action Plan II, which finished by the end of year 2002. The indicated potentials of CPO can be realised if applications of herbicides are adjusted to field condition on the day of herbicide application. Unfortunately, the interest in conducting the field observations, which the programme needs as input is rather limited.

The extent and quality of the experimental data that are needed for the parameterisation of the programme is decisive for the potential of the programme to reduce the use of herbicides. A summary of the extent of experiments which are conducted in semifield and field experiments, respectively, in order to include a new herbicide in Crop Protection Online (CPO) is provided. As an example, the data produced on the herbicide Primus (florasulam, 50 g/l) is presented. This herbicide will be included in CPO as of March 2003.

The present scientific concept in CPO cannot be maintained for very long on the present sources of funding, and adjustments on the concepts are therefore being prepared.

Indledning

PC-Planteværn (PCP) har været markedsført i Danmark siden 1991. I årenes løb er der foretaget mange ud- og ombygninger af programmet, og i 2002 blev programmet frigivet på Internet under navnet Planteværn Online (PVO). Den planteværnsfaglige opbygning af programmet er beskrevet flere gange tidligere (Kudsk, 1999; Rydahl, 1999).

På trods af et vedholdende politisk pres om at reducere behandlingshyppigheden (BH) i Danmark og et demonstreret potentiale i PVO for at bidrage til at reducere forbruget af pesticider (Rydahl, 1999) har det ikke været muligt at finansiere vedligeholdelse og udbygning af PVO via brugerbetaling. De senere år er disse opgaver blevet finansieret via en kombination af brugerbetaling og projektmidler, herunder projektaktiviteter under Pesticidhandlingsplan II (PHP II). I denne artikel beskrives PVOs muligheder for at bidrage til at reducere behandlingsindeks (BI) ved anvendelse af herbicider i korn, markært og bederoer. Endvidere vises et eksempel på det eksperimentelle arbejde, som kræves ved opdatering af PVO med et nyt herbicid.

Metoder

En afgørende forudsætning for, at PVO er anvendelig i praksis, er, at programmet løbende opdateres, således at programmets løsningsforslag til stadighed er i rimelig overensstemmelse med det aktuelle udbud af plantebeskyttelsesmidler. Ofte sker lanceringen af et nyt planteværnsmiddel med relativt kort varsel forud for behandlingssæsonen, og det er derfor afgørende, at det nødvendige forsøgsarbejde er afsluttet forinden. Inden et nyt herbicid kan indlægges som løsningsmulighed i PVOs kornafrøder, kræves som minimum følgende data:

- data for effekt på biomasse af forskellige ukrudtsarter. Der kræves mindst 6 markforsøg med 3 doser mod flest mulige ukrudtsarter
- data til brug for estimering af parameter, som beskriver 'kurvestejlhed' i dosis/responsfunktioner. Mindst 2 ukrudtsarter og 5-8 doser skal undersøges i semifield forsøg
- data til brug for estimering af parameterværdier, som kvantificerer betydningen af:
 - ukrudtets størrelse. Mindst 2 arter, 3 niveauer (udviklingstrin) og 5-8 doser af hvert niveau skal undersøges i semifieldforsøg
 - temperatur og relativ luftfugtighed på sprøjtedagen. Mindst 2 ukrudtsarter, 3 niveauer (temperaturregimer) og 5-8 doser af hvert niveau skal undersøges i semifieldforsøg
 - synergistiske og antagonistiske virkninger ved blanding med andre herbicider. Mindst 2 ukrudtsarter, 3 strategiske blandinger og 5-8 doser af hver kombination skal undersøges i semifieldforsøg.

Forsøgsarbejde med Primus

Som et eksempel på det forsøgsarbejde, som er påkrævet for at fremskaffe de fornødne oplysninger til optagelse af et nyt middel i PVO, gennemgås i det følgende det forsøgsarbejde, som udgør det eksperimentelle grundlag for at optage Primus (florasulam, 50 g/l) i PVO. Primus blev godkendt i 2002 og indlægges i PVO pr. marts 2003.

Primus har været med i afprøvning i årene 1997 – 1999 til bekæmpelse af 2 kimbladet ukrudt i vintersæd om foråret ved begyndende vækst. I vintersæd er der gennemført 20 forsøg med tolerance og 9 forsøg med effekt på ukrudt i 0,10 l/ha, 0,05 l/ha og 0,025 l/ha. Det lidt større antal forsøg i forhold til normal skyldes, at Primus i det 1. afprøvningsår fandtes i en anden formulering, end den der senere er blevet registreret. Primus har endvidere været tilmeldt afprøvning med henblik på anerkendelse i frøgræs (rajgræs, engrapgræs og rød svingel) og vårbyg, men denne afprøvning er endnu ikke gjort færdig.

Estimering af b-parameter

Doseringskurvens hældning, som indgår i beregningsmodellen i form af den såkaldte 'b-parameter', er for Primus fastlagt ud fra resultater af 4 forsøg i semifield med 1 planteart i hvert forsøg: fuglegræs (*Stellaria media*), burresnerre (*Galium aparine*), kamille (*Tripleurospermum inodorum*) samt 1 forsøg med 3 forskellige plantearter: burresnerre (*G. aparine*), kornvalmue (*Papaver rhoeas*) og kornblomst (*Centaurea cyanus*). Der ligger således i alt 7 doseringskurver til grund for bestemmelse af b-parameteren, og baggrundsmaterialet er dermed mere omfattende end normalt.

Korrektion for ukrudtets størrelse

Der er med Primus gennemført 1 forsøg med 4 ukrudtsarter: burresnerre (*Galium aparine*), valmue (*Papaver rhoeas*), kornblomst (*Centaurea cyanus*) og kamille (*Triplenospermum inodorum*) og 4 udviklingstrin (2, 3-4, 5-6 og >6 blade, bladkranse for burresnerre). For hver planteart er det antaget, at doseringskurverne på de forskellige udviklingstrin er parallelle, og at doseringen for opnåelse af en ønsket effekt dermed kan angives som en fast korrektionsfaktor.

Korrektion for klimaforhold ved sprøjtning

Klimaets betydning for effekten af Primus er undersøgt i 1 forsøg udført i klimasimulatorer. Effekten overfor fuglegræs (*Stellaria media*) blev i dette forsøg undersøgt ved 3 forskellige klimaer med gennemsnitstemperaturer på henholdsvis 5°, 12° og 20°C.

Optimerede blandinger med andre herbicider

En væsentlig facilitet i PVO er det såkaldte blandingsmodul, som muliggør en optimering af herbicidblandinger med hensyn til pris eller BI. Det er imidlertid velkendt, at der i blandinger kan forekomme antagonisme (lavere effekt end forventet) eller synergisme (større effekt end forventet). Anvendelse af herbicidblandinger, hvor der forekommer antagonisme, er naturligvis uønsket, da der i sådanne tilfælde ikke opnås fuld effekt af de enkelte midler. Syner-

gistiske blandinger kan i princippet være ønskelige, idet de giver mulighed for en reduktion af doseringen. Det er blot nødvendigt, at man er bekendt med effektførøgelsen, således at man også er opmærksom på afgrødetolerance ved dosering af blandingen.

Effekten af Primus i blanding Starane (fluroxypyr), Oxitril (ioxynil+bromoxynil), Primera (fenoxaprop-p-ethyl) og Ally (metsulfuron). I undersøgelserne er det testet, om blandingerne følger den Additive Doserings Model (ADM) (Streibig & Kudsk, 1993) som anvendes til optimering af blandingerne i PVO (Rydahl, 1997; Kudsk & Mathiassen, 1997).

Resultater fra semifieldforsøg tillægges generel værdi, således at de genererede data og modelparameterverdier anvendes bredere, end forsøgsarbejdet dækker. Ofte vil parameterverdier, som er blevet genereret for nogle få ukrudtsarter, blive anvendt også for mange andre ukrudtsarter.

For både mark- og semifielddata, som indgår i PVO, gælder, at estimeringen af modelparametre sker ved brug af en subjektiv og konservativ metode. Dette sker for at tilgodese, at der måske findes vekselvirkninger mellem flere af modelparametrene, som ikke identificeres i forsøgsarbejdet, og som ikke indgår i modelberegningerne. Denne metode skal således bidrage til at sikre, at løsningsforslagene fra PVO bliver så robuste, at der opnås en meget lav frekvens af løsningsforslag, som ikke giver tilfredsstillende effekt i praksis.

Programmet kan for tiden beregne doser og effekter for ca. 5.000 kombinationer af afgrøde, herbicid og ukrudtsart. Med udgangspunkt heri foretages yderligere justeringer af dosis/respons-beregninger for betydningen af ukrudtets størrelse, temperatur, Rh og tørkestress. En afgørende forudsætning for, at programmets mange kombinationsmuligheder kan anbefales til praktisk brug, er, at programmets løsningsforslag er afprøvet grundigt. Dette er hovedsageligt sket i landsforsøg i samarbejde med Landbrugets Rådgivningscenter (LR).

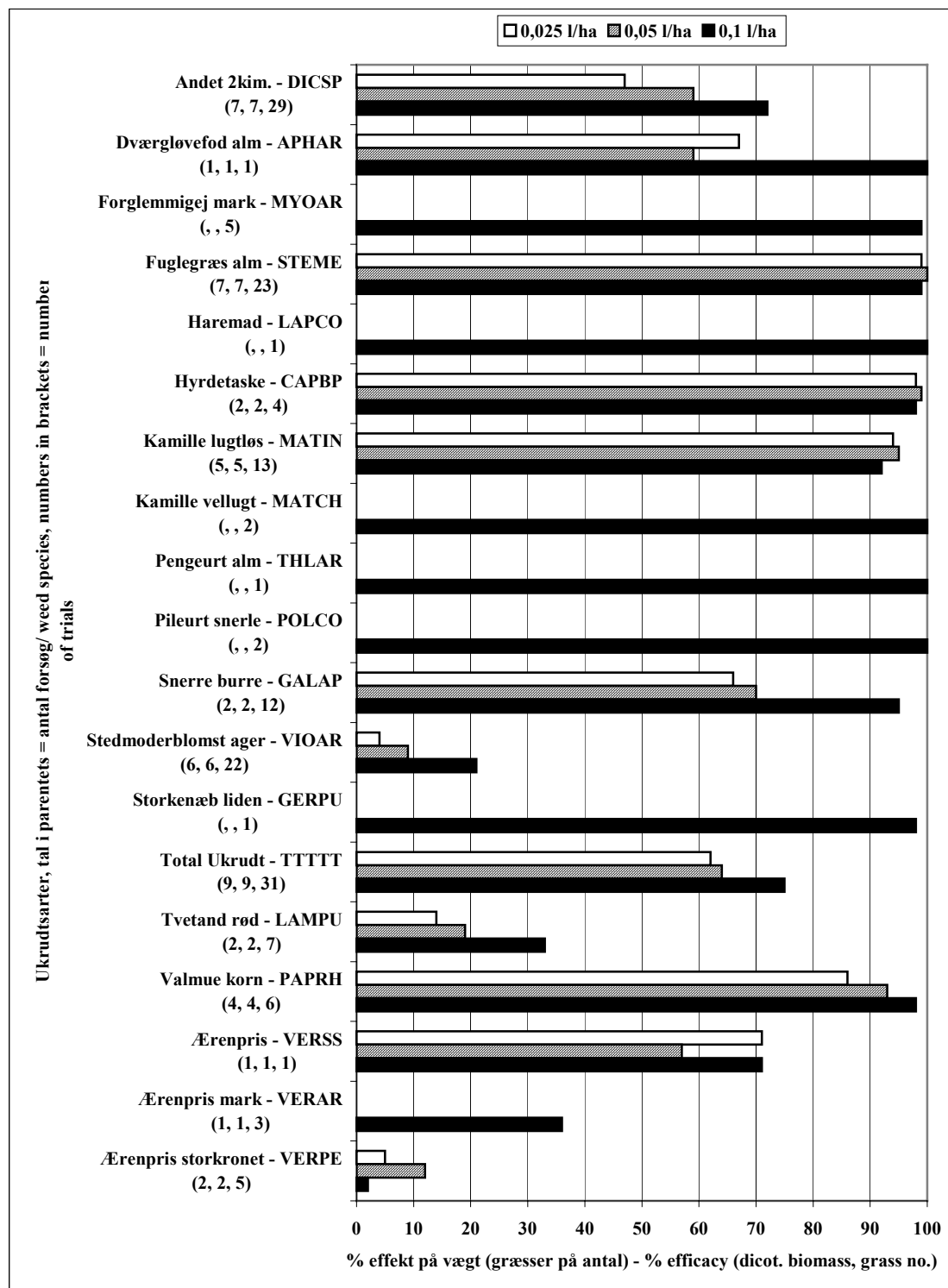
Resultater

Forsøg vedrørende Primus

Der er gennemført i alt 29 markforsøg i Danmarks JordbrugsForskning med florasulam, som er inddraget til brug for estimering af parameterverdier for følsomheden af de enkelte ukrudtsarter i PVO. Hertil kommer et relativt mindre antal landsforsøg. Et sammendrag af resultater for effekt i DJF-forsøgene vises i tabel 1.

De estimerede parameterverdier for kurvestejlhed (b-parameter) varierer fra et minimum på $-2,8$ til et maksimum på $-1,3$ og med en gennemsnitsværdi på $-1,8$. Med faldende værdi stiger stejlegheden i doseringskurverne.

Tabel 1. Effekt på ukrudtsbiomasse 4-6 uger efter behandling med Primus i markforsøg til brug for officiel anerkendelse. Antal forsøg i henholdsvis 1/4, 1/2 og 1/1 dosis angives i parentes. Efficacy on weed biomass 4-6 weeks after application of Primus (50 g/l florasulam) in winter wheat, early spring, in field trials used for official approval of biological effects. Number of trials in 1/4 N, 1/2 N and 1/1 N are shown in parentheses.



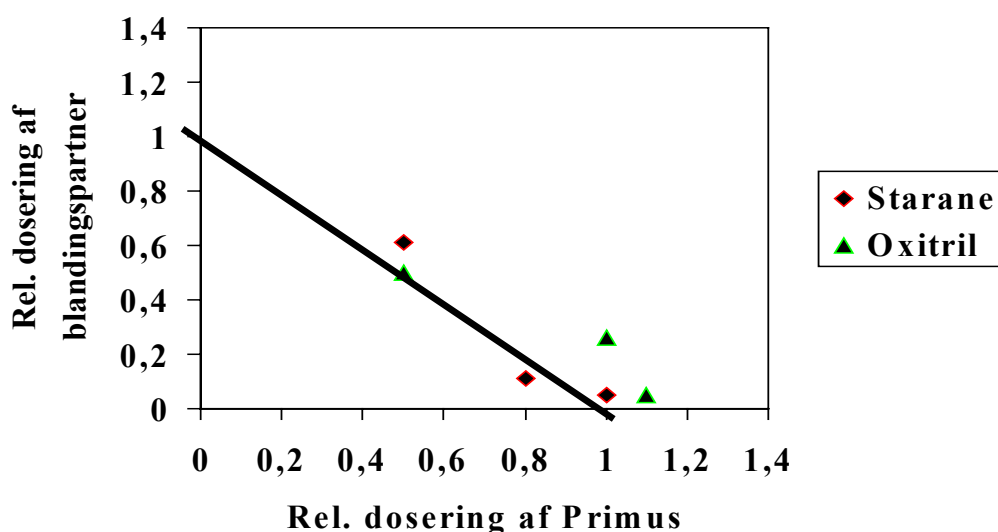
Resultater, som kvantificerer betydningen af ukrudtets størrelse, vises i tabel 2 i form af 'korrektionsfaktorer', hvilke er normaliseret, således at udviklingstrinnet '5-6 blade' anvendes

som reference, idet markforsøgene er udført omtrent på dette udviklingstrin. I PVO indlægges konservativt tolkede værdier baseret på dette datagrundlag. Disse vises også i tabel 2.

Tabel 2. Korrektionsfaktorer for ukrudtets udviklingstrin. Beregnede værdier ud fra ED₉₀ doseringer i pottforsøg og estimer, som anvendes i PVO. Correction factors for the growth stage of weeds. Calculated values from ED₉₀ dosages in semifield trials and estimates used in CPO.

Planteart Species	2 blade 2 leaves	3-4 blade 3-4 leaves	5-6 blade 5-6 leaves	>6 blade >6 leaves
Estimer fra forsøg				
Estimates from experiments				
- burresnerre (<i>Galium aparine</i>)	0,41	0,34	1	2,20
- kornvalmue (<i>Papaver rhoeas</i>)	0,28	0,56	1	0,67
- kornblomst (<i>Centaurea cyanus</i>)	0,23	0,77	1	i.e.
Estimer i PVO				
Estimates used in CPO				
- burresnerre (<i>Galium aparine</i>)	0,3	0,5	1	1,7
- andre arter (other species)	0,4	0,6	1	1,2

i.e. = ikke estimeret (not estimated)



Figur 1. Blandinger af Primus med henholdsvis Starane og Oxitril, som giver 90% effekt på burresnerre (*galium aparine*). Isobolen (=linien) angiver de blandingsforhold, som udfra de enkelt herbiciders ED₉₀ doseringer vil resultere i 90% effekt ifølge ADM. Punkterne angiver de faktiske blandingsforhold, som gav 90% effekt. Mixtures of Primus (florasulam, 50 g/l) with Starane (flyoxypyr) and Oxitril (ioxynil and bromoxynil), respectively, which produce 90% efficacy on *Galium aparine*. The isobole (line) illustrates the mixtures which according to the ED₉₀-dosages of single products will produce 90% efficacy if the mixtures are following the ADM. The points indicate the observed mixing ratios, which produced 90% efficacy.

Resultater fra undersøgelserne af vejrforholdenes betydning viser, at den bedste effekt blev opnået ved 12°C, og at doseringsbehovet ikke var højere ved 5° end ved 20°C. Primus virker således godt ved lave temperaturer og er dermed sammenlignelig med de fleste sulfonylurea-midler for så vidt angår klimaforholdenes betydning for effekten.

Resultaterne for blanding af Primus med Starane og Oxitril er vist i figur 1. Idet alle blandingerne ligger tæt på isobolen konkluderes, at de alle følger ADM, og der således ikke er effektmæssige problemer forbundet med anvendelse af disse blandinger. Til gengæld viste forsøget med blanding af Primus og Primera, at Primus reducerede effekten af Primera, og denne blanding anbefales derfor ikke i PVO, ligesom blanding med Topik (clodinafob) ikke anbefales med baggrund i firmaets egne oplysninger.

Validering af PVO

Der blev i perioden 1987-2000 foretaget i alt 1.888 afprøvninger i landsforsøg af forskellige prototype versioner af PVO i korn, markært og bederoer. Nye prototyper er udviklet og afprøvet i takt med, at der er foretaget væsentlige ændringer af beregningsprincipperne. Løbende opdatering af programmet med nye handelsprodukter er imidlertid foretaget uden særskilt afprøvning. PVO indeholder også beregningsmodeller i vår- og vinterraps, men implementeringen af disse er sket uden at gennemføre valideringsforsøg, idet udbuddet af herbicider til disse afgrøder i flere år har været begrænset, således at effektiv ukrudtsbekæmpelse ikke har kunnet gennemføres i alle marker.

I tabel 3 vises et kort sammendrag af resultater fra valideringsforsøg i korn, bederoer og ærter (Pedersen, 1992-2000). For hver afgrøde vises det samlede antal forsøg af tidlige prototyper samt resultater fra den aktuelt kørende modelversion og tilhørende referencebehandlinger. I alt 28 forsøg i korn med højt ukrudtstryk med den aktuelle modelversion udløste PVO $BI=0,35$ i vårsæd og $BI=0,44$ ved efterårsbehandling i vintersæd. I forsøgene i vintersæd blev der ikke i noget tilfælde foretaget supplerende bekæmpelse om foråret. Afprøvningerne i bederoer er opdelt i henholdsvis foder- og fabriksroer, idet ukrudtsbestanden traditionelt er meget forskellig i disse to afgrødetyper. I 7 forsøg i foderroer med højt ukrudtstryk udløste PVO $BI=1,1$ og i 8 forsøg i fabriksroer med moderat ukrudtstryk udløste PVO $BI=1,2$. For afprøvningerne i korn og bederoer gælder, at både udbytte og restukrudt ved høst i alle tilfælde var tilfredsstillende og på niveau med referencebehandlinger. I 13 forsøg i markært med højt ukrudtstryk udløste PVO $BI=2,2$. Udbyttet var på niveau med referencebehandling, og mængden af restukrudt var tilfredsstillende lav.

Tabel 3. Sammenlægning af resultater fra afprøvninger af PVO-ukrudt i landsforsøg. Summary of results from validation tests of Crop Protection Online in field trials.

Afgrøde	Behandling	År	Antal forsøg	Ukrudt i ubehandlet. (planter/m ²)	Udbytte (hkg/ha)	Dækning af ukrudt ved høst	Udgift til herbicider (kr./ha)	BI
Crop	Treatment	Year	No. of trials	Weeds in untreated (plants/m ²)	Yield (hkg/ha)	Weed cover at harvest	Cost of herbicides (DKK/ha)	TFI
Vårsæd								
Spring cereals	Prototype PCP ³⁾	87-98	702	-	-	-	-	-
	Reference ¹⁾	96-97	12	263	55,8	5%	65	0,43
	PVO 2002	96-97	12	263	55,5	5%	47	0,35
	LSD ₉₅ ⁴⁾				n.s.			
Vintersæd								
Winter cereals	Prototype PCP ³⁾	89-99	848	-	-	-	-	-
	Reference ¹⁾	97-98	16	205	69,4	10%	129	0,62
	PVO 2002	97-98	16	205	69,4	11%	99	0,44
	LSD ₉₅ ⁴⁾				n.s.			
Foderroer								
Fodder beet	Prototype PCP ³⁾	95-00	44	-	-	6%	1.076	1,4
	Reference ²⁾	95-00	7	145	-	3%	1.484	2,3
	PVO pr. marts 2003	99-00	7	145	-	9%	861	1,1
	LSD ₉₅ ⁴⁾				-			
Fabrikroer								
Sugar beet	Prototype PCP ³⁾	95-00	42	-	-	13%	1.239	1,3
	Reference ²⁾	95-00	8	80	-	11%	898	1,5
	PVO pr. marts 2003	99-00	8	80	-	11%	853	1,2
	LSD ₉₅ ⁴⁾				-			
Markært								
Field pea	Prototype PCP ³⁾	90-93	196	-	-	-	-	-
	Reference ²⁾	97-00	13	181	41,6	17%	395	2,6
	PVO pr. marts 2003	97-00	13	181	41,4	12%	334	2,2
	LSD ₉₅ ⁴⁾				n.s.			
Antal modelafprøvninger								
Total no. of model tests								1.888

1) Referencebehandling blev valgt af tidligere version af PCP/PVO. Reference treatments were selected by previous version of PCP/CPO.

2) Referencebehandling blev valgt af konsulenter. Reference treatments were selected by farmers' consultants.

3) Forskellige, tidlige modelversioner blev testet. Various early model versions were tested.

4) LSD-værdier refererer til sammenligninger af aktuelle version af PVO og referencebehandling. LSD values refer to comparisons of the actual version of CPO and reference treatments.

Diskussion

Berettigelse af beslutningsstøttesystemer skal opnås ved, at disse udviser et potentiale i forhold til alternative metoder. For PVO skal et potentiale demonstreres ved, at udbyttepotentialer kan fastholdes på et sikkert niveau med et forbrug af plantebeskyttelsesmidler, som er lavere end ellers. Resultaterne i tabel 3 viser, at PVO giver sikre anvisninger på at bekæmpe relativt store bestande af ukrudt. Resultaterne viser også, at det reelle behov for at foretage supplerende forårsbekæmpelse i vintersæd er beskedent.

Valideringsforsøgene med PVO har imidlertid udelukkende fokuseret på tidlig bekæmpelse af frøukrudt. Et samlet udtryk for PVOs potentiale kan fås ved at anslå bidrag til andre bekæmpelsesopgaver i løbet af en vækstsæson f.eks. supplerende bekæmpelse af frøukrudt i vintersæd om foråret og supplerende bekæmpelse af rodukudt. I tabel 4 sammenlignes forbruget af herbicider, som er opnået i valideringsforsøgene med PVO, hvor der er tillagt bidrag for andre bekæmpelsesopgaver med det aktuelle herbicidforbrug, opgjort på 2 forskellig måder:

- a) Miljøstyrelsens (MST) opgørelse af behandlingshyppighed (BH) på afgrødeniveau ud fra salgstal (Miljøstyrelsen, 1999; Miljøstyrelsen, 2000; Miljøstyrelsen, 2001). Det bemærkes, at der er sket markant fald i BH på 34% i vårsæd og 17% i vintersæd fra 2000 til 2001.
- b) LR's 'handlingsplaner på bedriftsniveau', som var en af aktiviteterne under Pesticidhandlingsplan II.

Tabel 4 viser, at PVO rummer et potentiale for reduktion af herbicidforbruget i korn på ca. 35% i korn og ca. 50% i bederoer og ærter i forhold til de seneste opgørelser af det aktuelle forbrug. Bekæmpelse af flyvehavre er ikke indregnet, idet den samlede andel af kornarealet, som behandles herfor, er under 5% (Miljøstyrelsen, 2001). Både MST-opgørelsen og LR-handlingsplanerne har imidlertid svagheder i relation til at opnå et retvisende billede af det aktuelle forbrug af herbicider i Danmark. MST-opgørelsen baseres på skønsmæssige fordelinger af solgte mængder på diverse afgrødegrupper, og årsforskydninger af lagerbeholdninger på bedriftsniveau indregnes ikke. LR-handlingsplanerne er ikke repræsentative, især fordi den geografiske fordeling er ujævn, og fordi de medvirkende landmænd formodes at have en særlig interesse- og/eller en særlig indsigt i at reducere forbruget af plantebeskyttelsesmidler (Jensen, 2001).

De opgjorte BI for PVO i tabel 3 og 4 er sandsynligvis heller ikke repræsentative, idet afprøvningerne af PVO foregik i marker med relativt høje ukrudtstætheder. Et andet aspekt er størrelsen af den enkelt mark, som er generelt stigende på grund af strukturudviklingen i landbruget, og hvor PVOs potentiale mindskes i takt med, at størrelsen af arealet, hvor samme behandling anvendes, stiger. Et forhold mere, som bidrager til forsigtighed ved vurdering af de udregnede potentialer for PVO, er, at der i PVO-opgørelsen er indregnet supplerende for-

årsbekæmpelse på 10% af vintersædarealet, selvom de mange valideringsforsøg i relativt høje ukrudtstætheder viser, at dette næppe er nødvendigt.

Tabel 4 . Behandlingshyppighed (BH) for herbicider opgjort ud fra salgstal, 'handlingsplaner på bedriftsniveau' og opstillede scenarier med PVO. Treatment Frequency Index (TFI) for herbicides calculated from sales statistics, from 'Action Plans on a Farm Level', and from scenarios using CPO.

Kilde Source	År Year	Vintersæd Winter cereals	Vårsæd Spring cereals	Roer Beets	Ærter Peas
Miljøstyrelsen, fordeling af salgstal Danish EPA, sales on a crop level	1999	1,53	0,92	1,69	3,15
	2000	1,15	0,94	2,07	3,14
	2001	0,96	0,62	2,65	4,28
Rådgivning, handlingsplaner Advisory service, action plans	Antal bedrifter				
	No. of farms	420	499	71	-
	2000	0,99	0,78	2,13	-
	2001	0,90	0,76	2,24	-
	2002	0,95	0,77	2,43	-
PVO, valideringsforsøg ¹⁾		0,44	0,35	1,20	2,20
PVO, supplerende ²⁾		+0,16	+0,08	-	-
PVO i alt		0,60	0,43	1,20	2,20
PVO i forhold til forbrug ³⁾		63%	62%	47%	51%

¹⁾ Alle valideringsforsøg med PVO er foretaget ved tidlig bekæmpelse af frøukrudt. All validation trials for CPO were made for early control of annual weeds.

²⁾ Anslået bidrag til a) supplerende bekæmpelse af frøukrudt (BI=0,60) på 10% af vintersædarealet om foråret og b) til bekæmpelse af rodukrudt (BI=0,80) på 10% af kornarealet. Estimated contribution for a) supplementary control of annual weeds (TFI=0.60) on 10% of the total area grown with winter cereals and b) for control of perennial weeds (TFI=0.80) on 10% of the total area grown with cereals.

³⁾ Det aktuelle forbrug er opgjort som simpelt gennemsnit af nyeste salgstal og nyeste opgørelser over 'handlingsplaner på bedriftsniveau'. The actual use of herbicides has been calculated as a simple mean of recent figures of sales and recent calculations from 'Action Plans on a Farm Level'.

Den konservative metode, som anvendes i omsætningen fra eksperimentelle data til parameterværdier i PVO, indebærer, at potentialet for at reducere doser af herbicider afhænger af størrelsen af variationen i de eksperimentelle data. En stor omhyggelighed i både planlægning og teknisk udførelse af det eksperimentelle arbejde er derfor af afgørende betydning for, at PVO kan anviser løsningsforslag med lavt forbrug af herbicider.

Det faglige indhold i PVOs ukrudtsmodeller er blevet opbygget gennem mange år i kraft af forskellige, kortvarige projekter. Beskæringer af det faglige indhold kan imidlertid blive aktu-

elle, hvis det samlede, finansielle grundlag beskæres. Ud fra potentialet for at bidrage til ned-sættelse af BI, kan programmets væsentligste parametre rangordnes (Rydahl, 1999). Denne rangordning viser, at programmets justering af herbiciddoseringer efter de aktuelle vejrforhold har det relativt laveste økonomiske bytteforhold mellem forskningsindsats og potentiale for at reducere herbicidforbruget, hvorfor denne funktionalitet bør fjernes først, hvis den fortsatte vedligeholdelse af systemet skal billiggøres.

Et tilbagevendende problem i at realisere PVOs potentiale er imidlertid, at interessen for at foretage de registreringer i marken, som er nødvendige for at bruge programmet, er begrænset.

Sammendrag

Resultater fra 1.888 valideringsforsøg viser, at PVO kan håndtere ukrudtsbekæmpelsen i korn, markært og bederoer på en sikker måde med lavt BI. Det er imidlertid ikke muligt at give en særlig præcis perspektivering af potentialet i PVO, idet både resultater fra valideringsforsøg og fra aktuelle referenceopgørelser af herbicidforbrug ikke er repræsentative. Forsigtige scenarier for herbicidanvendelse med PVO i løbet af en hel vækstsæson viser imidlertid, at PVO har et potentiale for at reducere BI for herbicider på mindst 35% i korn og mindst 50% i bederoer og ærter i forhold til Miljøstyrelsens seneste opgørelse af forbrug ud fra salgstal (2001) og Landbrugets Rådgivningstjenestes 'handlingsplaner på bedriftsniveau' i år 2002, hvor sidstnævnte blev udarbejdet som en af hovedaktiviteterne under Pesticidhandlingsplan II.

De skitserede potentialer for PVOs ukrudtsprogram kan realiseres, såfremt anvendelsen af herbicider tilpasses dagsaktuelle forhold på markniveau. Interessen for at foretage de registreringer i marken, som programmet kræver som input til beregningerne, er imidlertid begrænset.

Omfanget og kvaliteten af de eksperimentelle data, som anvendes i opbygningen af programmet, er afgørende for programmets potentiale for at reducere herbicidforbruget. Der gives en oversigt over omfanget af undersøgelser i henholdsvis mark- og semifieldforsøg, som er nødvendige for at opdatere PVO med et nyt herbicid. Som eksempel vises de data, der er anvendt i forbindelse med indlæggelse af Primus (florasulam 50 g/l) pr. marts 2003.

Det nuværende, faglige koncept for ukrudtsprogrammet i PVO kan ikke vedligeholdes med de nuværende finansieringskilder, og beskæringer er derfor under forberedelse.

Litteratur

- Jensen JE.* 2001. Behandlingsindeks på danske landbrugsbedrifter høstår 2000. Planteavlssorientering nr. 09.510. Landskontoret for Planteavl, DK-8200 Skejby. 8. juni 2001.
- Kudsk P.* 1999. Optimising herbicide use - the driving force behind the development of the Danish decision support system. Brighton Crop Protection Conference, Weeds, Vol. 3, pp. 737-746.
- Kudsk P & Mathiassen SK.* 1997. Optimering af herbicidblandinger - principper og eksperimentel baggrund. 14. Danske Planteværnskonference, Ukrudt. SP rapport nr. 7, 1997, 87-97.
- Miljøstyrelsen* 2002. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 5, 2002. Bekæmpelsesmiddelstatistik 2001.
- Miljøstyrelsen* 2001. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 10, 2001. Bekæmpelsesmiddelstatistik 2000.
- Miljøstyrelsen* 2000. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 11, 2000. Bekæmpelsesmiddelstatistik 1999.
- Pedersen CÅ.* 1992-2000. Oversigt over Landsforsøgene. Årlig publikation. Landbrugets Rådgivningscenter, Landsudvalget for Planteavl, DK-8200 Århus N.
- Rydahl P.* 1997. Optimering af herbicidblandinger - implementering I PC-Planteværn. 14. Danske Planteværnskonference, Ukrudt. SP rapport nr. 7, 1997, 99-110.
- Rydahl P.* 1999. Optimising mixtures of herbicides within a decision support system. In: The 1999 Brighton Crop Protection Conference, Weeds, pp. 761-766.
- Streibig JC & Kudsk P.* 1993. Herbicidblandingers virkning 10. Danske Planteværnskonference 1993, Ukrudt. Beretning nr. S 2236, 1993, 193-201.

Behandlingsintensitet år 2000, 2001 og 2002

Treatment frequency in Denmark 2000, 2001, and 2002

Jens Erik Jensen

Landbrugets Rådgivningscenter

Landskontoret for Planteavl

Udkærsvej 15

DK-8200 Århus N

Summary

A large number of Danish farmers have participated in two projects entitled 'Farm-level action plans' and 'Reduced pesticide use in Experience Groups'. The projects have been supported by the Ministry of the Environment as a follow-up of Pesticide Action Plan II. Part of the outcome of these projects is a database holding data on pesticide use at farm and crop level. Data have been supplied by the farmers and entered into the database by their advisers. Farmers have agreed to have farm-level action plans for possible reductions of their pesticide use. The database allows for further studies of the spraying behaviour of Danish farmers. Analyses show that: 1) It has been possible for farmers participating in the projects to meet the goal of a Treatment Frequency Index (TFI) lower than 2.0 by the end of 2002; 2) The different requirements for pesticide use in different crops have successfully been accounted for by the Target Treatment Frequencies (TTF) which allow for calculation of a farm-level target that the farmers can relate to; 3) The actual TFI's for control of weeds, insects, and diseases, and for growth regulation in the two major crops winter wheat and spring barley have generally been at or below the corresponding TTF's; 4) The relative TFI expressed as TFI in per cent of TTF is highest at larger farms, farms focusing on plant production, and farms on the heavier soils. The major challenge for the next action plan period will be to reach farmers that do not use the Danish advisory system and help these farmers meet their goals.

Indledning

Som led i opfølgningen af Pesticidhandlingsplan II har Landbrugets Rådgivningscenter varetaget gennemførelsen af følgende projekter, hvor pesticidanvendelsen på danske landbrugsbedrifter er blevet registreret, og hvoraf behandlingsintensiteten i 2000-2002 således kan studeres nærmere:

1. 'Handlingsplaner på bedriftsniveau', hvor planteavlskonsulenterne for interesserede landmænd udregner behandlingsindeks (BI) og måltal på afgrødeniveau samt udarbejder

en kortfattet handlingsplan, som beskriver de muligheder, der er for at reducere behandlingsindekset uden økonomiske tab for landmanden.

2. 'Reduceret pesticidforbrug i ERFA-grupper'. Der har deltaget ca. 100 ERFA-grupper, hvor deltagerne har fået beregnet BI og måltal samt udarbejdet handlingsplaner som under punkt 1). Dertil kommer, at der gennem vækstsæsonerne har været gennemført målrettet grupperådgivning med fokus på blandt andet kendskab til skadevolderne og bekæmpelsesmidlernes stærke og svage sider, brug af varslings- og beslutningsstøttesystemer, pesticidhåndtering m.m.

Planteavlskonsulenterne har ved beregning af behandlingsindeks kunnet anvende enten Bedriftsløsningen eller et særligt internet-baseret beregningsprogram. Ved anvendelse af sidstnævnte er de foretagne registreringer blevet indtastet direkte i en database på Landbrugets Rådgivningscenter (efterfølgende benævnt 'BI-databasen'). I skrivende stund (primo januar 2003) findes der for høstår 2000, 2001 og 2002 data for henholdsvis 1778, 2988 og 2912 bedrifter, hvoraf 781 bedrifter har deltaget alle tre år.

Der er altså akkumuleret en stor datamængde, som giver grundlag for studier af den faktiske behandlingsintensitet og landmændenes sprøjteadfærd i handlingsplanperioden. Selv om det ikke er meningen, at disse registreringer skal indgå ved evalueringen af Pesticidhandlingsplanen, udgør de et glimrende supplerende datamateriale, som på mange måder er mere retvisende end Miljøstyrelsens årlige bekæmpelsesmiddelstatistik. Sidstnævnte er som bekendt baseret på en gros salg i kalenderårene, hvilket kan give store 'tilfældige' fluktuationer, som ikke afspejles i ændret adfærd hos landmændene. Derimod er der i BI-databasen oplysninger om faktiske forbrug i høståret (1. august til 31. juli), oplysninger som oftest bygger på landmandens sprøjtejournal, og som for en del bedrifters vedkommende er afstemt med indkøb og start- og slutbeholdninger af bekæmpelsesmidler.

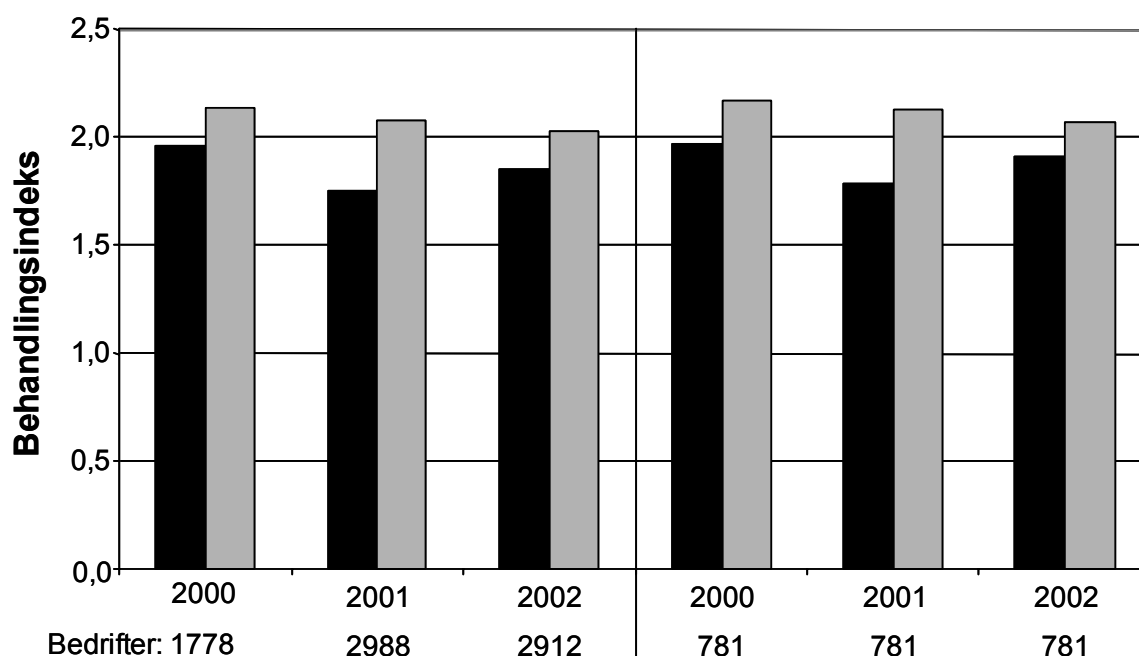
Kan BI-databasen så betragtes som repræsentativ for den danske pesticidanvendelse som helhed? Svaret er 'nej', alene fordi landmændene ikke er udvalgt tilfældigt men på basis af deres interesse for at få beregnet deres BI og måltal samt udarbejdet en handlingsplan. Der er også store geografiske forskelle, eksempelvis er nord- og vestjyske landmænd overrepræsenteret i databasen. Disse forhold betyder, at resultaterne, som præsenteres her, antageligt ligger en del under tallene på landsplan, men tallene kan alligevel være værdifulde til at illustrere BI for landmænd, som har modtaget målrettet rådgivning, samt vise forskelle mellem afgrøder, år osv.

Af hensyn til muligheden for at foretage sammenligninger med målet på landsplan er gennemsnit af BI og måltal i de følgende afsnit beregnet som arealvægtede gennemsnit. Derimod er der ikke forsøgt at 'rette op' på geografiske og andre skævheder i data.

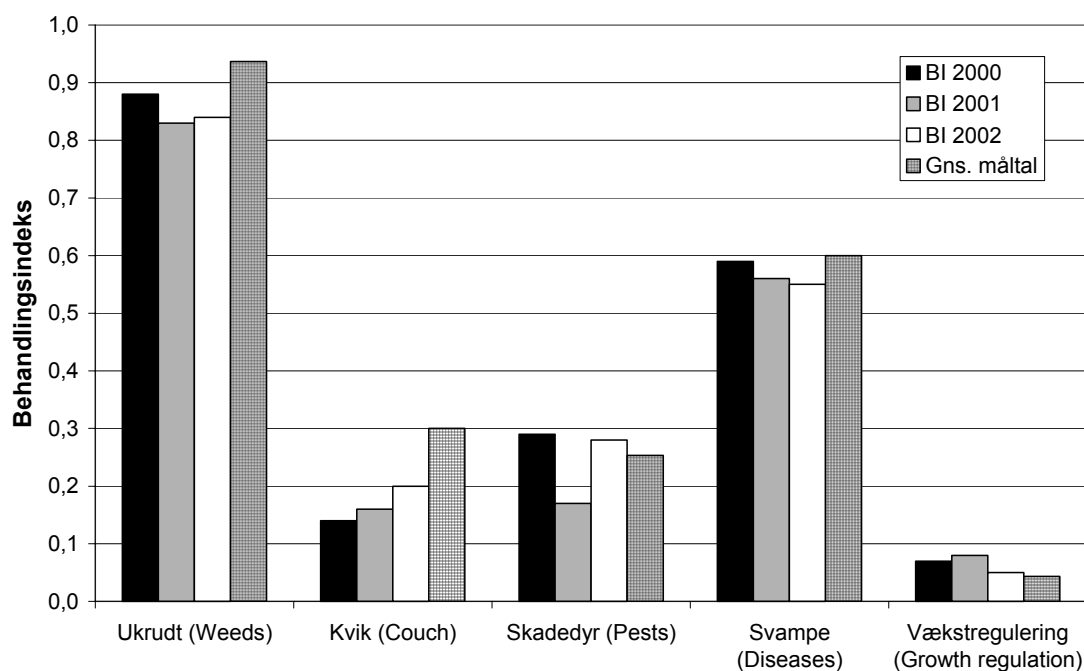
Mål er realistiske

De opnåede BI og måltal er for høstårene 2000-2002 præsenteret i figur 1 og 2. I sidstnævnte figur er der foretaget en opdeling efter de forskellige grupper af skadegørere. Af figurerne kan følgende konklusioner drages:

- de deltagende bedrifter har som gennemsnit i alle tre år haft et behandlingsindeks, som ligger under måltallet, det vil sige målet kan nås, når interesse og engagement er tilstede.
- måltallene har som helhed været realistiske og i god overensstemmelse med de faktiske forbrug.
- bedrifterne har afpasset bekæmpelsesintensiteten efter de aktuelle behov, illustreret ved at BI for skadedyrsmidler varierer betragteligt over de tre år, ligesom glyphosatforbruget til kvik- og anden rodgrudtsbekæmpelse er jævnt stigende gennem årene.



Figur 1. Arealvægtede gennemsnitlige behandlingsindeks (sorte søjler) og måltal (grå søjler) opdelt efter høstår. De tre grupper til venstre viser gennemsnit for alle deltagende bedrifter, medens de tre grupper til højre viser gennemsnittene for de bedrifter, som har deltaget i alle tre høstår. Area-weighted average treatment frequency index (black bars) and target treatment frequencies (grey bars) by harvest year. The three groups to the left show averages for all participating farms, while the three groups to the right show averages for farms participating in the project for all three years.



Figur 2. Gennemsnitligt arealvægtet behandlingsindeks 2000-2002 og gennemsnitligt måltal for forskellige grupper af skadegørere på 781 bedrifter, som har deltaget i alle tre høstår. Average area weighted treatment frequency index 2000-2002 and average target treatment frequency for 781 farms participating for all three years.

Måltal er værdifulde

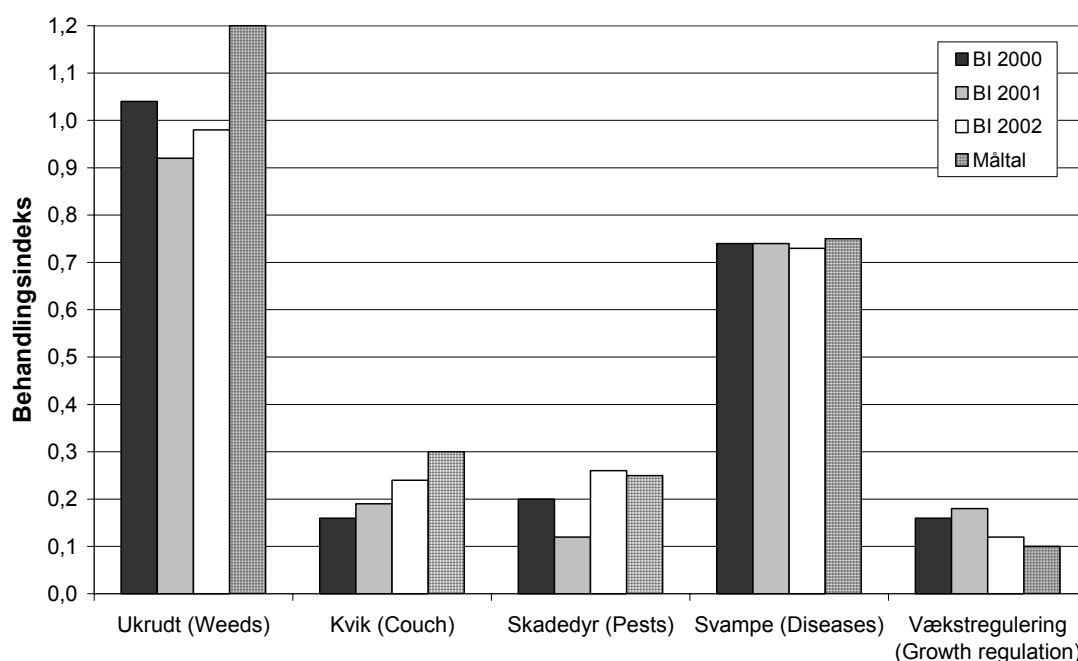
Deltagende landmænd og konsulenter har givet tilbagemeldinger om, at opstillingen af måltal for indsatsen i forskellige afgrøder har været nyttig. Gennem måltallene har man synliggjort det landsdækkende mål på den enkelte bedrift. Diffuse mål for den enkelte landmand har fra flere sider været angivet som en af årsagerne til, at de ønskede reduktioner i den første handlingsplan ikke blev opfyldt.

De fleste måltal på afgrødeniveau synes at være realistisk vurderede. Figur 3 viser behandlingsindeks og måltal for vinterhvede på 595 bedrifter i 2000-2002, og figur 4 viser tilsvarende data for vårbyg på 735 bedrifter. De to figurer illustrerer samstemmende de forskellige behov for skadedyrsbekæmpelse i de tre vækstår.

Behandlingsintensitet i vinterhvede

For vinterhvede (figur 3) er det næppe overraskende, at ukrudtsbekæmpelsen fint har kunnet holdes inden for måltallet i alle tre høstår, idet der med passende blandinger af ukrudtsmidler

om efteråret for et lavt BI kan opnås en effekt på ukrudtet, så der kun er behov for opfølgning om foråret i beskedent omfang. Derimod kan det godt overraske, at BI til svampebekæmpelse har været relativt konstant over de tre høstår på trods af, at smittetrykkene i 2000 og især i 2002 har været meget højere end i 2001. Årsagen skal formentlig søges i, at de i praksis anvendte svampestrategier er rimeligt robuste, og de varierende sygdomstryk kan håndteres ved variation i timing og middelvalg uden, at doseringen nødvendigvis bør øges i år med høje smittetryk. Hertil kommer, at der erfaringsvis i forsøgene opnås næsten samme netto-merudbytter for varierende fungicidindsatser. Endelig har landmanden ikke kendskab til det eksakte bekæmpelsesbehov på det tidspunkt, hvor afgrøden behandles. Dette kendes først, når årets forsøg er gjort op. For vækstregulering i vinterhvede ses, at BI i 2000 og 2001 var klart højere end måltallet på 0,1, medens tallet for 2002 er på niveau med måltallet. Det må formodes, at de nedsatte kvælstofkvoter også begynder at slå igennem i form af nedsat behov for vækstregulering.

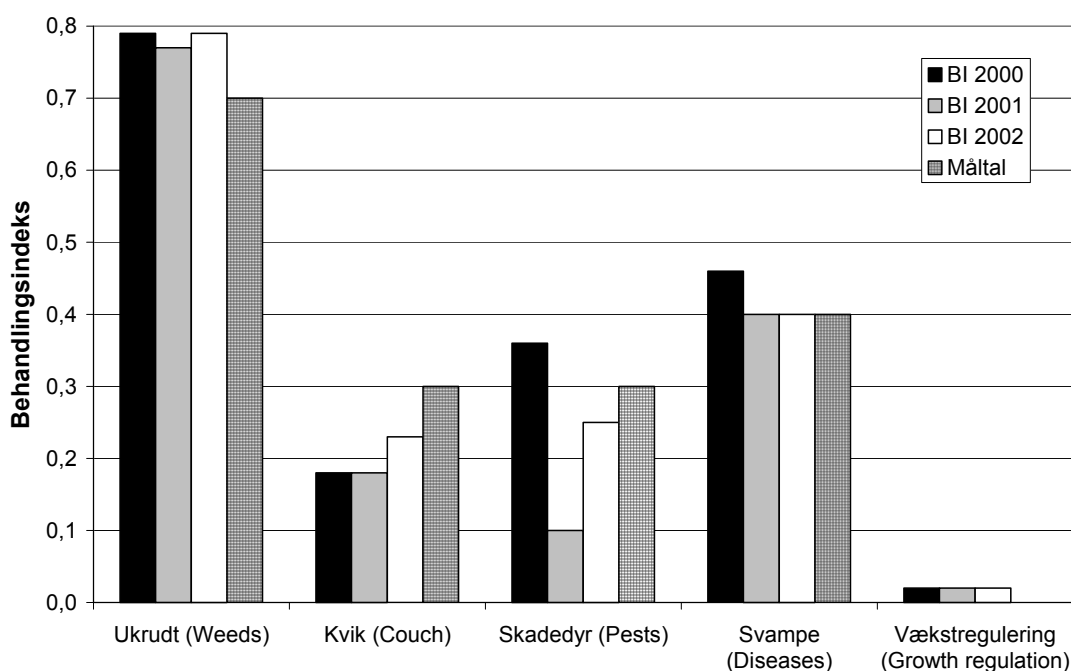


Figur 3. Gennemsnitligt arealvægtet behandlingsindeks 2000-2002 samt måltal for vinterhvede på 595 bedrifter, som har deltaget i alle tre høstår. Average area-weighted treatment frequency index 2000-2002 and average target treatment frequency in winter wheat for 595 farms participating for all three years.

Behandlingsintensitet i vårbyg

Tallene for vårbyg (figur 4) viser, at det i alle tre høstår ikke har været muligt at nå måltallet på 0,7 for ukrudtsbekæmpelse. Derimod har BI i alle tre høstår ligget i underkanten af 0,8. Dette er overraskende i lyset af, at 131 landsforsøg med hel, halv og kvart dosering i perioden

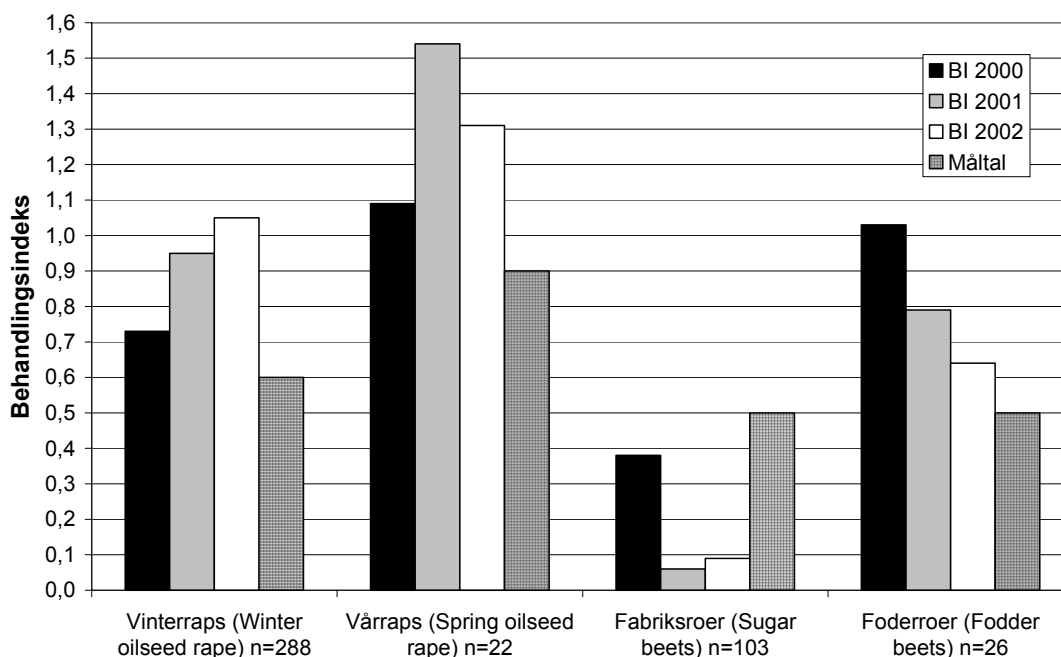
1993-2001 har vist, at kvart dosis har givet større nettomerudbytte end både hel og halv dosis (Landsforsøgene, 2001). Årsagerne til afvigelserne kan f.eks. være, at landmændene lægger en stor del af deres indsats med MCPA mod rodukruddt i vårbyg, eller at man generelt bruger større indsats i vårsæden af hensyn til sanering af ukrudt i sædskiftets øvrige afgrøder, hvor en tilsvarende effekt ikke kan opnås eller er dyrere. BI for svampebekæmpelse i vårbyg er faldet fra 2000 til 2001 og har været konstant og nærmest identisk med måltallet i de seneste to høstår, hvilket formentlig kan tilskrives de samme forhold som for vinterhvede. Overraskende nok er der i alle tre høstår registreret et lille men konstant forbrug af vækstreguleringsmidler i vårbyg, skønt måltallet er sat til 0 ud fra den vurdering, at vækstregulering godt kan undværes her.



Figur 4. Gennemsnitligt arealvægtet behandlingsindeks 2000-2002 samt måltal for vårbyg på 735 bedrifter, som har deltaget i alle tre høstår. Average area-weighted treatment frequency index 2000-2002 and average target treatment frequency in spring barley for 735 farms participating for all three years.

Behandlingsintensitet i øvrige afgrøder

Vinterhvede og vårbyg tegner sig i BI-databasen for henholdsvis 36% og 28% af BI på landsplan for årene 2000-2002, eller med andre ord tegner behandlingerne i de to afgrøder sig til sammen for næsten 2/3 af det samlede pesticidforbrug målt som BI. De næstfølgende afgrøder er fabrikskartofler (9%) og vinterbyg (6%), medens alle andre afgrøder hver for sig udgør mindre end 4% af forbruget. Af pladshensyn er der ikke vist figurer for andre afgrøder her. Disse vil blive offentliggjort på LandbrugsInfo (www.lr.dk). Nogle interessante udviklinger inden for skadedyrsbekæmpelse er dog vist i figur 5.



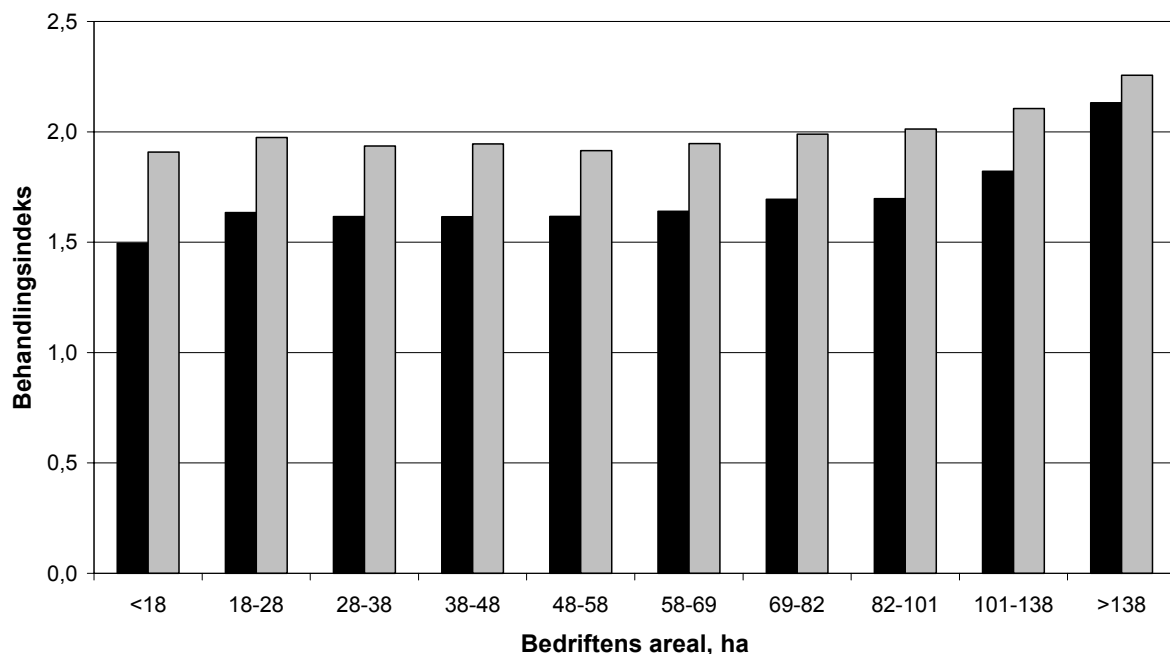
Figur 5. Gennemsnitligt arealvægtet behandlingsindeks og måltal for skadedyrsbekæmpelse i vinterraps, vårraps, fabriksroer og foderroer 2000-2002. Antallet af bedrifter er for hver afgrøde vist på figuren. Average area weighted treatment frequency index 2000-2002 and target treatment frequency for pest control in winter oilseed rape, spring oilseed rape, sugar beets and fodder beets. Number of farms for each crop is indicated on the figure.

Udviklingen i vinterraps i figur 5 illustrerer et eksempel på et måltal, som har været for lavt. På grund af de kraftige angreb af rapsjordlopper i de seneste år har BI i alle tre høstår været stigende og markant over måltallet på 0,6. Når måltallene skal revideres forud for den næste handlingsplanperiode, vil det være oplagt at tage hensyn til denne nye skadegører i vinterraps. Også i vårraps har der i alle tre år været større BI end måltallet, hvilket må tilskrives kraftige angreb af glimmerbøsser, som mange steder har udløst mere end én sprøjtning. Udviklingen har været omvendt i fabriks- og foderroer, hvor BI har været faldende gennem de tre høstår. Dette kan alene tilskrives, at Gaucho-bejdsning, som ikke tæller i BI, er slået igennem. Af figuren kan det ses, at bejdsning af fabriksroefrø er slået hurtigere igennem end bejdsning af foderroefrø.

Store bedrifter har størst BI

For alle tre høstår har det vist sig, at de 10-20% arealmæssigt største bedrifter har haft markant højere BI og måltal end de andre bedrifter, se figur 6. At måltallene er større på de store bedrifter afspejler den hyppigere forekomst af specialafgrøder på disse. Betragter man BI i procent af måltallet – altså BI korrigeret for afgrødevalget – ser man imidlertid også, at de store bedrifter har et højt forbrug. Der kan peges på flere mulige årsager hertil f.eks.:

- Krav til rationel bekæmpelse: Med mange og store marker kan driftslederen være tilbøjelig til at efterspørge en robust løsning, som virker over hele arealet, med højere BI og omkostninger som følge. Desuden er det med stigende ejendomsareal vanskeligere at 'holde fingeren på pulsen' og opnå rettidighed ved behandling af alle marker.
- Ansatte udfører sprøjtearbejdet. Flere landmænd har nævnt, at ansatte har mindre detailkendskab til markerne og derfor ikke er i stand til at graduere midler og doser efter markerne.
- Specialafgrøder kræver ekstrainsats i vekselafrøder. Eksempelvis kan man tænke sig, at bedrifter med megen frøavl vil have en større ukrudtsbekæmpelsesindsats i f.eks. vinterhvede og vårbyg for at have rene marker med frøafgrøder.



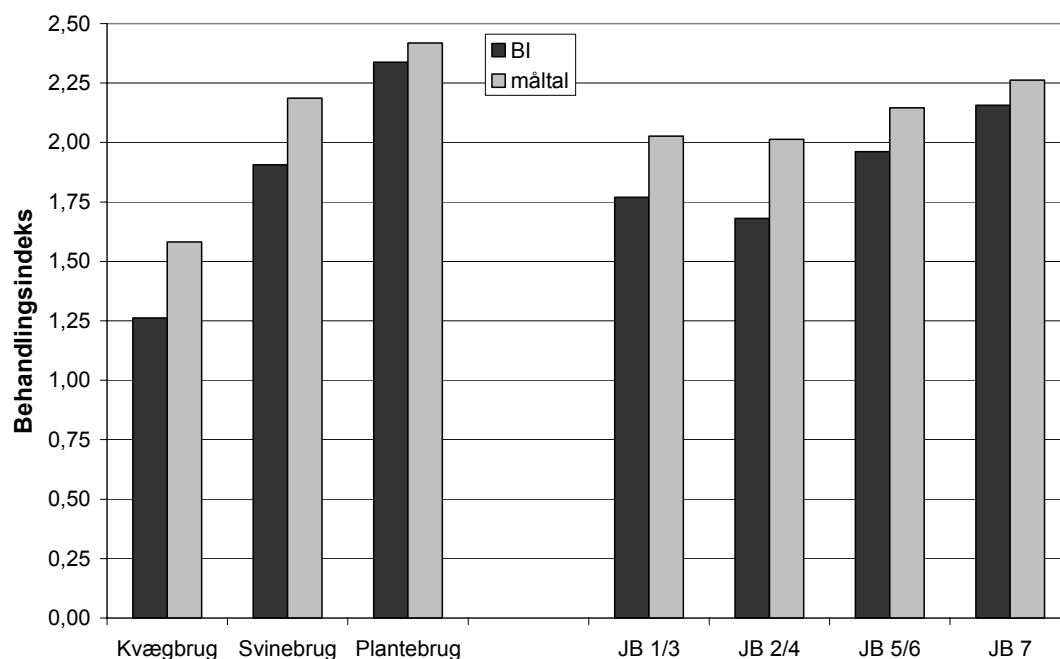
Figur 6. Gennemsnitligt behandlingsindeks (sorte søjler) og måltal (grå søjler) 2000-2002 opdelt efter bedriftsareal. Datasættet er opdelt i 10 lige store grupper, således at hver søjle repræsenterer 776 kombinationer af bedrift og år. Average treatment frequency index (black bars) and target treatment frequencies (grey bars) 2000-2002 classified according to farm area.

Den fundne sammenhæng mellem bedriftsstørrelse og BI stemmer godt overens med resultaterne fundet i Danmarks Statistiks spørgeskemaundersøgelse (Danmarks Statistik, 2002).

Størst BI på plantebrug og svære jorder

Ved oprettelse af bedrifterne i BI-databasen har planteavlskonsulenterne angivet en brugstype (kvægbrug, svinebrug eller plantebrug) samt dominerende jordbundstype på bedriften. På grundlag af disse oplysninger er figur 7 opstillet. Figuren viser som forventet, at BI og måltal er mindst på kvægbedrifter og størst på planteavlsbrug, medens svinebrug ligger mellem disse

ekstremer. BI og måltal afspejler naturligvis især afgrødefordelingen på de forskellige typer af bedrifter, men selv om der korrigeres for ejendommenes måltal, kommer plantebrugene ud med det største BI. Dette skyldes nok, at der på planteavlsbedrifterne primært er fokus på planteproduktionen, medens denne på de to andre bedriftstyper har mindre bevågenhed. Om kvægbrugerne 'sprøjter for lidt' eller planteavlerne 'sprøjter for meget' kan BI-databasen dog ikke hjælpe med at klarlægge.



Figur 7. Gennemsnitligt arealvægtet behandlingsindeks (sorte søjler) og måltal (grå søjler) 2000-2002 opdelt efter brugstype og fremherskende jordtype. Average area-weighted treatment frequency index (black bars) and target treatment frequencies (grey bars) 2000-2002 classified according to farm type (kvægbrug=dairy farms, svinebrug=pig farms; plantebrug=plant production farms) and soil type.

I den anden del af figur 7 er BI og måltal relateret til fremherskende jordtype, og da kvægbrug fortrinsvis findes på lettere jorder, medens plante- og svineproducenterne fortrinsvis findes på de sværere jorder, kan det ikke overraske, at der er en sammenhæng mellem stigende JB-nr. og stigende BI og måltal.

Variation mellem amter

Tabel 1 viser gennemsnitlig arealvægtet BI og måltal opdelt på amter. I lyset af ovennævnte betragtninger om jordtyper og bedriftstyper kan det næppe overraske, at der er betragtelig variation mellem Øst- og Vestdanmark, hvor sidstnævnte har de laveste BI og måltal. I forhold til måltallene, som jo afspejler afgrødevalget, ligger Ringkøbing Amt lavest og Storstrøms Amt højest, men det er værd at notere sig, at som gennemsnit af de tre år ligger de deltagende landmænd i alle amter under måltallene. Størstedelen af amtsvariationen i BI er dog afspejlet i

måltallene. Selv om det må medgives, at behovene til f.eks. skadedyrsbekæmpelse ikke er så store i Vestjylland som på Sydhavsøerne, så har opgørelserne vist, at disse forskelle ikke er så store, at de kan retfærdiggøre en regionalisering af måltallene, som det har været ønsket fra flere sider.

Tabel 1. Gennemsnitligt arealvægtet behandlingsindeks og måltal 2000-2002 opdelt efter amter. Kun amter med mere end 10 bedrifter pr. år er medtaget. Average area-weighted treatment frequency index ('BI') and target treatment frequencies ('måltal') 2000-2002 classified according to county name. Only counties with more than 10 farms per year are included.

Amt	Antal beregninger	Gns. BI	Gns. måltal	BI i % af måltal
Bornholms Amt	143	1,91	2,09	91
Fyns Amt	449	2,01	2,21	91
Nordjyllands Amt	721	2,00	2,14	94
Ribe Amt	830	1,71	1,97	87
Ringkøbing Amt	1532	1,75	2,11	83
Storstrøms Amt	377	2,22	2,33	95
Sønderjyllands Amt	751	1,70	1,94	88
Vejle Amt	672	1,78	2,07	86
Vestsjællands Amt	530	1,92	2,20	88
Viborg Amt	856	1,67	1,88	89
Århus Amt	835	1,90	2,10	91

Afsluttende bemærkninger

Afslutningsvis skal det fremhæves, at der fra de deltagende landmænd har været stor opbakning til projektet og særligt til de individuelle måltal, som synliggør det landsdækkende mål. Desuden har BI-databasen givet en god indsigt i danske landmænds sprøjteadfærd. Opgørelserne af BI over de tre høstår har vist, at det på tværs af afgrødevalg, geografisk placering i landet og bedriftstype har været muligt at nå de individuelle måltal, når blot interessen og engagementet har været tilstede hos landmænd og konsulenter. Udfordringen for den kommende handlingsplanperiode må først og fremmest være at fastholde de opnåede resultater samt rådgivningsmæssigt at nå ud til den kundegruppe, som ikke hidtil har været med, og som stadig har et uudnyttet potentiale for reduktion af pesticidforbruget.

Sammendrag

Gennem tre år har et stort antal danske landmænd deltaget i projekterne 'Handlingsplaner på bedriftsniveau' og 'Reduceret pesticidforbrug i ERFA-grupper', som har været to opfølg-

ningsprojekter under Pesticidhandlingsplan II. Data vedrørende pesticidforbruget og behandlingsindeks (BI) på afgrødeniveau er af planteavlskonsulenterne indtastet i en database, som gør det muligt at studere landmændenes sprøjteadfærd. De vigtigste konklusioner af projekterne har været: 1) At de deltagende landmænd som helhed i alle tre år har kunnet nå handlingsplanens mål om BI under 2,0 ved udgangen af 2002; 2) At synliggørelsen af handlingsplanens mål på bedriftsniveau gennem måltal på afgrødeniveau har været en stor succes; 3) At de faktiske forbrug i de vigtigste afgrøder generelt set har været på niveau med eller under måltallene; 4) At det relative behandlingsindeks udtrykt som BI i procent af måltallet har været størst på store bedrifter, planteavlsbrug og bedrifter på svære jorder. Den vigtigste udfordring for den næste handlingsplanperiode vil være at fastholde de opnåede resultater samt hjælpe de landmænd, som ikke i dag bruger rådgivningstjenesten, til at nå deres mål.

Litteratur

Danmarks Statistik 2002. Landbrugets forbrug af pesticider 2000/2001. Miljø og energi nr. 2002:24.

Landsforsøgene 2001. Oversigt over Landsforsøgene 2001, samlet og udarbejdet af Landsudvalget for Planteavl ved Carl Åge Pedersen.

Biosensorer til detektion af plantepatogener og skadedyr i afgrøden

Biosensors for detection of plant pathogens and pests on-site

Annemarie Fejer Justesen, Lars Monrad Hansen & Mogens Nicolaisen

Danmarks JordbrugsForskning

Afdelingen for Plantebeskyttelse

Forskningscenter Flakkebjerg

DK-4200 Slagelse

Torben Sevel og Carsten Langkjær

FORCE Technology

Sensor og NDE Innovation

Park Allé 345

DK-2605 Brøndby

Jørn Hejgaard

BioCentrum – DTU

Sektion for Biokemi og Ernæring

DK-2800 Lyngby

Summary

Specific identification and early detection and quantification of pathogens are an important basis for optimal plant disease management in many crops. It is desirable to have simple devices which can perform real-time identification and quantification on-site, e.g. chemical sensor systems, which can specifically recognize and quantify a pathogen or pest. Several sensors for detection and quantification of environmental pollutants, of microorganisms in food, and for clinical diagnosis have been developed. One such sensor is the piezoelectric sensor, ‘quartz crystal microbalance’ (QCM), which is a sensitive mass-measuring device. In QCM biosensors, the recognition is based on a biological reaction such as an antibody/antigen interaction. In a new project, the aim is to develop QCM-based biosensors, which can detect and quantify specific plant pathogens or pests in the field.

Indledning

Tidlig og præcis identifikation og kvantificering af plantepatogener er en vigtig forudsætning for at kunne udføre optimal plantebeskyttelse. Ofte kan patogenerne være vanskelige og arbejdskrævende at identificere visuelt på et tidligt tidspunkt. Det ideelle vil være at have avan-

cerede sensorsystemer, som kan måle og kortlægge angreb i marken, således at en målrettet og behovsbestemt behandling kan iværksættes, og pesticidforbruget kan reduceres.

Inden for medicinsk forskning er man langt med at udvikle forskellige apparaturer til test for humane sygdomme, og de tekniske fremskridt, som man gør inden for denne verden, vil også kunne udnyttes i forbindelse med plantepatogen-diagnostik og kvantificering. ELISA og PCR er allerede velkendte teknikker, som også bruges i forbindelse med påvisning af patogener i plantevæv. Desuden er biochipteknikken under udvikling og vil give mulighed for at analysere for mange forskellige skadevoldere i samme planteprøve. Langt de fleste teknikker er dog stadig kun udviklet til brug i laboratoriet og bruges ikke rutinemæssigt i forbindelse med plantebeskyttelse. Men i mange sammenhænge og ikke mindst i forbindelse med præcisionsjordbrug er der behov for apparatur, som direkte ('real-time') kan detektere skadevolderen 'on-site'. Udvikling af kemiske sensorsystemer, som specifikt kan genkende f.eks. svampesporer i lave koncentrationer, kan være en løsning. Ved Afdelingen for Plantebeskyttelse er netop påbegyndt et projekt, hvis formål er at undersøge, om det er muligt at udvikle QCM-baserede sensorer, som kan detektere og kvantificere bladlus og svampesporer i marken. Øvrige deltagere i projektet er FORCE Technology og BioCentrum-DTU.

Kemiske sensorer og biosensorer

En kemisk sensor er baseret på en kemisk genkendelse, hvor selve sensoren er belagt med en overflade, som reagerer specifikt med det eller de molekyler, som man ønsker at analysere for. Genkendelsesenheden i sensoren er forbundet til eller integreret i en transducer, som registrerer den kemiske genkendelsesreaktion og omformer den til et analytisk brugbart signal. Ofte anvendes en række af kemiske sensorer (array), hvor hver sensor har forskellig sensitivitet overfor den eller de stoffer, som man ønsker at måle. Denne type multisensorer kaldes 'elektroniske næser' eller 'elektroniske tunger' afhængig af, om de er designet til at måle i gasfase eller i væskefase.

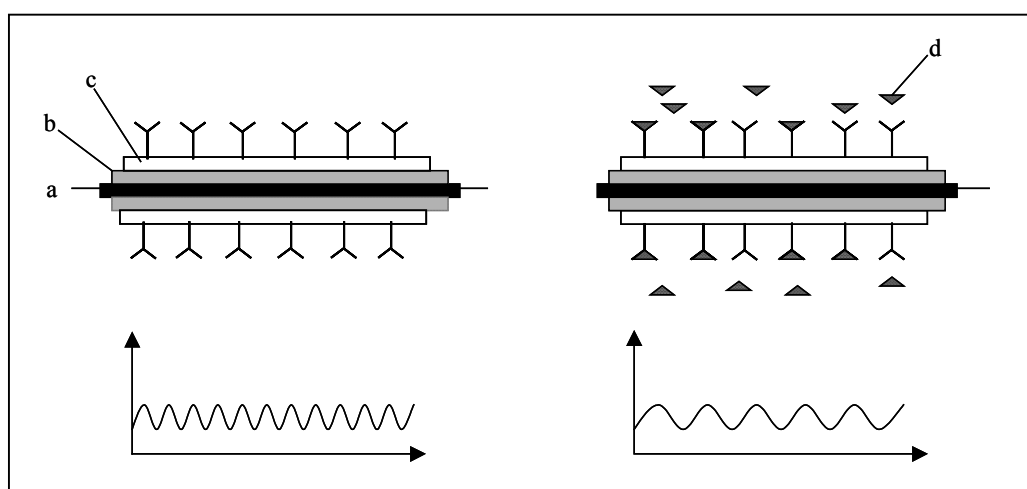
Biosensorer er sensorer, hvor genkendelsessystemet er baseret på en biologisk reaktion. I sensoren kan indgå enzymer, mikroorganismer, forskellige typer af celler, et antistof, et receptormolekyle eller en DNA-nukleotidsekvens, som reagerer specifikt med det molekyle, som man ønsker at analysere for.

Mange forskellige biologiske komponenter kan kombineres med forskellige transducere for at opnå en effektiv biosensor. De mest anvendte sensorer er baserede på elektrokemiske, optiske eller akustiske transducersystemer (Luppa *et al.*, 2001; Rogers, 2000).

Quartz crystal microbalance

De såkaldte akustiske sensorer er oftest baserede på piezoelektriske krystaller, som når de anbringes i et oscillerende elektrisk felt vibrerer med en bestemt frekvens. Frekvensen ændres afhængigt af den ændring af masse, som indtræder, når specifikke molekyler sætter sig på overfladen af krystallen. I praksis kan dette udnyttes som et avanceret og meget præcist veje-

system også kaldet 'Quartz crystal microbalance' eller QCM. QCM består af en tynd krystalskive, typisk med en diameter på 10 mm, som er påført to guldelektroder, der er forbundet til en oscillator og en frekvenstæller. Ved at belægge krystallen med en specifik overflade kan man designe sensoren til at genkende bestemte molekyler, og frekvensen ændres afhængig af hvor mange molekyler, der sætter sig på overfladen af skiven (figur 1). Detektionsgrænsen for QCM er ca. 1 ng/cm^2 (O'Sullivan & Guilbault, 1999). Krystalskiverne er kommercielt tilgængelige, relativt billige og robuste. Fordelen ved en QCM-baseret sensor er, at man kan belægge den med en overflade, som lige netop reagerer specifikt med det eller de stoffer, man ønsker at analysere for.



Figur 1. En QCM immunosensor består af en kvarts krystalskive (a) med to guldelektroder (b) belagt med et affinitetslag indeholdende antistoffer(c). Frekvensen ændres, når antigenet (d) genkendes af antistoffet. A QCM immunosensor consists of a quartz crystal disk (a) with two gold electrodes (b) coated with an affinity layer containing antibodies (c). The frequency changes when the antigen (d) is recognized by the antibody.

QCM immunosensorer

De første QCM-baserede sensorer blev udviklet til måling i gasfase, men det er nu også blevet muligt at måle i væskefase, og det har bl.a. muliggjort udvikling af immunosensorer, hvor genkendelsen er baseret på en antistof-antigen interaktion (Su *et al.*, 2000; O'Sullivan & Guilbault, 1999). Ofte immobiliseres et antistof, som er specifikt for det antigen, man ønsker at påvise, til krystaloverfladen, og masseforøgelsen, som skyldes, at antigenet genkendes af antistoffet, måles (figur 1). En lang række QCM-baserede immunosensorer til påvisning og kvantificering af virus og bakterier er beskrevet i litteraturen: F.eks. potexvirus og tobamovirus i plantesaft (Eun *et al.*, 2002), forskellige virus i serum (Cooper *et al.*, 2001; Susmel *et al.*, 2000; Abad *et al.*, 1998; König & Gratzel, 1994), bakterier så som *Listeria monocytogenes* (Vaughan *et al.*, 2001; Minunni *et al.*, 1996), *Salmonella typhimurium* (Park *et al.*, 2000) og *S. enteritidis* (Su *et al.*, 2001) i fødevarer. Detektionsgrænser ned til ca. 10^4 celler/ml er blevet målt for *Salmonella spp.* (Wong *et al.*, 2002), men oftest ligger det lineære måleområde fra

10^5 til 10^9 celler/ml (Su *et al.*, 2000). Foruden anvendelse af immunosensorer til kvantificering af mikroorganismer er der også blevet udviklet QCM immunosensorer til kvantificering af f.eks. kokain (Halámek *et al.*, 2002) og pesticider (Steebhorn & Skladal, 1997).

QCM baserede immunosensorers følsomhed er på niveau med eller højere end ELISA-metodens, men fordelen ved en biosensor er, at den er simpel og hurtig at anvende. Den essentielle del i biosensoren er selve genkendelsesoverfladen. Fjernelse af den bundne analyt og klargøring af sensoren til en ny måling gøres ved kemisk at bryde bindingen mellem antigen og antistof. Regenerering af overflader belagt med antistoffer kan i dag foretages ca. 5-10 gange afhængigt af det enkelte antistof, og hvorledes det er immobiliseret til overfladen (O'Sullivan & Guilbault, 1999). Målet på længere sigt vil være at fremstille billige og simple sensorer, hvor selve genkendelsesenheden ikke skal genbruges men blot kan kasseres og erstattes af en ny.

QCM DNA-sensorer

Piezoelektriske DNA sensorer, hvor den specifikke genkendelse er baseret på hybridisering mellem to komplementære nuleotidsekvenser, er også under udvikling til flere formål. I disse sensorer er immobiliseret en enkeltstrenget DNA nukleotidsekvens, som er komplementær til den DNA- eller RNA-sekvens, som man ønsker at detektere. Når de to strenge hybridiserer, forøges massen på overfladen af den piezoelektriske krystal, og en frekvensændring kan registreres på samme måde som i immunosensorerne. DNA-baserede sensorer kan anvendes, når man ønsker at påvise og kvantificere en specifik DNA- eller RNA-sekvens i en opløsning. Fordelen ved denne teknik er, at den er hurtigere end de traditionelle teknikker, som f.eks. hybridisering med radioaktivt eller fluorescensmærket DNA eller gelelektroforese. DNA piezoelektriske biosensorer er bl.a. blevet udviklet til påvisning af plantevirus (Eun *et al.*, 2002) og DNA fra genetisk modificerede organismer (GMO) (Mannelli *et al.*, 2003).

Anvendelsesmuligheder og fremtidige projekter

De fleste biosensorsystemer til påvisning og kvantificering af mikroorganismer er blevet udviklet til brug i forbindelse med test af prøver i laboratoriet, fordi prøverne oftest kræver en forbehandling. Der findes kun få eksempler på biosensorer til påvisning af mikroorganismer i luftprøver direkte i felten: Sensorer til påvisning af *Bacillus spp.* sporer i forbindelse med biologisk krigsførelse er beskrevet (Uithoven *et al.*, 2000; Ligler *et al.*, 1998; O'Brien *et al.*, 2000). Derudover er beskrevet nogle apparaturer, som opsamler sporer fra store luftmængder og overfører dem til mikrotiter eller eppendorfrør til efterfølgende ELISA- eller PCR-analyse (Kennedy *et al.*, 2000; Williams *et al.*, 2001). Andre anvendelsesområder, udover påvisning og kvantificering af skadevoldere i marken, kunne være kvantificering af skadevoldere i luft og recirkulerende vand i forbindelse med væksthusholdning samt kvantificering af skadevoldere før og under lagring af planteprodukter. Man kan desuden forestille sig, at biosensorer

kan anvendes på mange trin i fødevareproduktionen f.eks. til undersøgelser af råvarer for tilstedeværelse af uønskede mikroorganismer eller mykotoksiner.

Litteratur

- Abad JM, Pariente F, Hernandez & Lorenzo E.* 1998. A quartz crystal microbalance assay for detection of antibodies against the recombinant African swine fever virus attachment protein p12 in swine serum. *Analytica chimica acta* 368, 183-189.
- Cooper MA, Dultsev FN, Minson T, Ostanin VP, Abell C & Klenerman D.* 2001. Direct and sensitive detection of a human virus by rupture event scanning. *Nature Biotechnology* 19, 833-837.
- Eun AJC, Huang LQ, Chew FT, Li SFY & Wong SM.* 2002. Detection of two orchid viruses using quartz crystal microbalance (QCM) immunosensors. *Journal of Virological Methods* 99, 71-79.
- Eun AJC, Huang LQ, Chew FT, Li SFY & Wong SM.* 2002. Detection of two orchid viruses using quartz crystal microbalance-based DNA biosensors. *Phytopathology* 92, 654-658.
- Halámek J, Makower A, Skládal P & Scheller FW.* 2002. Highly sensitive detection of cocaine using a piezoelectric immunosensor. *Biosensors and Bioelectronics* 17, 1045-1050.
- Kennedy R, Wakeham AJ, Byrne KG, Meyer UM & Dewey FM.* 2000. A new method to monitor airborne inoculum of the fungal plant pathogens *Mycosphaerella brassicicola* and *Botrytis cinerea*. *Applied and Environmental Microbiology* 66, 2996-3000.
- König B & Gratzel M.* 1994. A novel immunosensor for herpes viruses. *Analytic Chemistry* 66, 341-344.
- Ligler FS, Anderson GP, Davidson PT, Foch R J, Ives JT, King KD, Page G, Stenger DA & Whelan JP.* 1998. Remote sensing using an airborne biosensor. *Environmental science & Technology* 32, 2461-2466.
- Luppa PB, Sokoll LJ & Chan DW.* 2001. Immunosensors – principles and applications to clinical chemistry. *Clinica Chimica Acta* 314, 1-26.
- Mannelli I, Minnunni M, Tombelli S & Mascini M.* 2003. Quartz crystal microbalance (QCM) affinity biosensor for genetically modified organisms (GMOs) detection. *Biosensors and Bioelectronics* 18, 129-140.
- Minunni M, Mascini M, Carter RM, Jacobs MB, Lubrano GJ & Guilbault GG.* 1996. A quartz crystal microbalance displacement assay for *Listeria monocytogenes*. *Analytica chimica acta* 325, 169-174.
- O'Brien T, Johnson LH, Aldrich JL, Allen SG, Liang LT, Plummer AL, Krak SJ & Boiarski AA.* 2000. The development of immunoassays to four biological threat agents in a bidiffractive grating biosensor. *Biosensors & Bioelectronics* 14, 815-828.
- O'Sullivan CK & Guilbault GG.* 1999. Commercial quartz crystal microbalances – theory and applications. *Biosensors & Bioelectronics* 14, 663-670.

- Park IS, Kim WY & Kim N. 2000. Operational characteristics of an antibody-immobilized QCM system detecting *Salmonella spp.* Biosensors & Bioelectronics 15, 167-172.
- Rogers KR. 2000. Principles of affinity-based biosensors. Molecular Biotechnology 14, 109-129.
- Steegborn C & Skladal P. 1997. Construction and characterization of the direct piezoelectric immunosensor for atrazine operating in solution. Biosensors & Bioelectronics 12, 19-27.
- Su X, Chew FT & Li SFY. 2000. Design and application of piezoelectric quartz crystal-based immunoassay. Analytical sciences 16, 107-114.
- Su XD, Low S, Kwang J, Chew VHT & Li SFY. 2001. Piezoelectric quartz crystal based veterinary diagnosis for *Salmonella enteritidis* infection in chicken and egg. Sensors and actuators B – chemical 75, 29-35.
- Susmel S, O'Sullivan CK & Guilbault GG. 2000. Human cytomegalovirus detection by a quartz crystal microbalance immunosensor. Enzyme and microbial technology 27, 639-645.
- Uithoven KA, Schmidt JC & Ballman ME. 2000. Rapid identification of biological warfare agents using an instrument employing a light addressable potentiometric sensor and a flow-through immunofiltration-enzyme assay system. Biosensors & Bioelectronics 14, 761-770.
- Vaughan RD, O'Sullivan CK & Guilbault GG. 2001. Development of a quartz crystal microbalance (QCM) immunosensor for the detection of *Listeria monocytogenes*. Enzyme and Microbial Technology 29, 635-638.
- Williams RH, Ward E & McCartney HA. 2001. Methods for integrated air sampling and DNA analysis for detection of airborne fungal spores. Applied and Environmental Microbiology 67, 2453-2459.
- Wong YY, Ng SP, Ng MH, Si SH, Yao SZ & Fung YS. 2002. Immunosensor for the differentiation and detection of *Salmonella* species based on quartz crystal microbalance. Biosensors and Bioelectronics 17, 676-684.

Lugerobot og automatiseret ukrudtsregistrering

Robotic weeding and automated weed measurements

Svend Christensen, Henning T. Søgaard & Rasmus N. Jørgensen
Danmarks JordbrugsForskning
Afdeling for Jordbrugsteknik
Schüttesvej 17
DK-8700 Horsens

Thomas Bak
Aalborg Universitet
Afdeling for Proceskontrol
Frederik Bajersvej 7C
DK-9220 Aalborg Ø

Summary

The goal of decreasing herbicide usage has so far focused on reducing the herbicide dosage or replacing chemical weed control by hoeing and harrowing. The conventional weed control strategy is to apply the same dose of herbicide or the same intensity of hoeing and harrowing in the whole field. The strategy may be changed in the coming years because experiments in Germany, USA, Australia, and Denmark have shown that site-specific weed management can reduce herbicide usage significantly. One of the promising technologies for site specific weed management is robotic weeding. This paper reviews the state-of-the-art of automated weed measurement methods and the research projects concerning autonomous platform and information system for crop and weed monitoring and robotic weeding.

Indledning

I de seneste 10 år har sensorer og robotter afløst meget trivielt og belastende arbejde i industrien, og i de kommende år vil robotter også blive almindelige andre steder end i industrien, selv i private hjem. Der er flere årsager til, at det er gået knap så hurtigt med at implementere robotteknik i landbruget. Først og fremmest er de fleste landbrugsprodukter relativt billige at producere, og industrien afventer derfor et marked for ny teknologi. En anden væsentlig årsag er, at robotter skal operere i et biologisk miljø. Derfor skal de være udstyret med sanser i form af sensorer, der styrer robottens adfærd på en intelligent og sikker måde.

Optiske sensorer og computervision, der kan sammenlignes med øjne, er den bedst udviklede kunstige sanseevne, men også lugte-, lyd- og følesensorer er under udvikling. Rent teknisk er det vanskeligere at genkende og måle biologiske objekter end standardiserede genstande og

tilstande i industrielle processer. F.eks. varierer planter i form og farve, og samtidig skal man tage højde for varierende jordbund og lysforhold. Det kræver derfor avancerede metoder at bestemme f.eks. afgrødens næringsstofforhold eller forekomst af forskellige ukrudtsarter.

Plantesygdomme er vanskelige at detektere med optiske sensorer eller computervision på et tidligt udviklingstrin, og det er oplagt at undersøge, om man kan bruge en meget følsom lugtesensor (Justesen, 2003). Når robotter skal operere med levende dyr, bliver udfordringen især at kunne opfatte og udvikle en intelligent adfærd i forhold til bevægelser, men det er også oplagt at bruge sansesensorer til f.eks. at detektere sygdomme.

I denne artikel beskrives forskellige metoder til registrering af ukrudt samt robotter, der kan agere selvstændigt og intelligent (autonomt) i marken.

Metoder til automatisk ukrudtsregistrering

Man kan opdele metoderne i, hvor detaljeret de beskriver ukrudtsforekomst

1. Satellitbilleder
2. Flybilleder
3. Afgrødescanning
4. Computervision

De 3 første metoder kan ikke skelne afgrøde fra ukrudt eller forskellige ukrudtsarter, med mindre en ukrudtsart er dominerende og samtidig har en unik spektral-signatur.

Satellitbilleder kan bruges til at få et overblik over forekomsten af større tætheder af ukrudtsbiomasse på tidlige vækststadier eller blomstrende ukrudt, som adskiller sig væsentligt fra afgrødens farve. Satellitbilleder er for eksempel blevet brugt til at lokalisere grønsagsparceller nær Lyon i Frankrig, hvor bynkeambrosie (*Ambrosia artemisiifolia* L.) var det dominerende ukrudt (Auda *et al.*, 2002).

En af de satellitter, der kan give et ”groft” billede af ukrudtsforekomster, er IKONOS satellitten. Billeder fra denne satellit dækker typisk et effektivt areal på 11 x 11 km. Opløsningen afhænger af, om billedet skal være pankromatisk eller multispektral. Pankromatiske billeder indeholder reflekteret lys fra 450 til 900 nm fra 1 x 1 meter pixels. De multispektrale billeder har en opløselighed på ca. 4 x 4 meter og består af fire bånd: blå (450-520 nm), grøn (520-600 nm), rød (630-690 nm) og nærinfrarød (760-900 nm). Et multispektralt billede på 11 x 11 km vil typisk koste 1,65 kr. pr. ha under antagelse af, at 75% af arealet i et billede er landbrugsareal, og at alle landmænd i dette område ønsker at købe billeder af deres marker. IKONOS passerer Danmark ca. 10 gange om måneden. Et afgørende problem med satellitbilleder er, at der ofte er skyer, når satellitten passerer Danmark (GeoConsultinG - International forhandler

af IKONOS produkter - www.geoconsulting.dk), det vil sige, at man ikke altid kan regne med brugbare billeder i en beslutningsproces.

Billeder optaget fra fly har en bedre opløsning og kan operere under skyer. Et Ortofoto fra firmaet Cowi (www.cowi.dk eller www.kampsax.dk) har en opløsning på 40 cm/pixel i land-områder og 10 cm/pixel i udvalgte byområder. En væsentlig fordel med flybilleder er, at det er muligt at planlægge flere overflyvninger i løbet af en sæson. Prisen på et billede afhænger ligesom satellitbilleder af markedet for billederne. Et bedste bud er ca. 2 mio. kr. for hele Danmark i 40 cm opløsning (Pers comm. Lars Flemming, COWI).



Figur 1. Ortofoto fra Rugballegård 1999. På billedet ses blandt andet grise på friland samt en traktor, som er ved at slå græs. Orthophoto from the farm Rugballegaard in 1999. Outdoor pigs and tractor cutting grass are detectable in the photo.

Scanning ved hjælp af et traktorbaseret sensorsystem f.eks. WeedSeeker (www.weedseeker.com) kan give de samme informationer om varierende biomasse som satellit- og flybilleder svarende til en pixelstørrelse på ca. 30 x 30 cm. Et 3-årigt forsøg i Texas viser, at det er muligt at reducere herbicidforbruget væsentligt i Sorghum, dog med en lidt lavere ukrudtskontrol end med en konventionel bredsprøjtning (Bean, 2002). WeedSeeker konceptet er ideelt til rækkeafgrøder som roer, majs, grønsager og lignende. Da WeedSeeker

benytter en infrarød lyskilde, kan systemet fungere 24 timer modsat satellit- og luftfoto (www.weedseeker.com).

Kombineres det scannende WeedSeekerkoncept med en multi- eller hyperspektral enhed, vil et sådant udstyr potentielt kunne skelne afgrøde og ukrudtsarter fra hinanden baseret på spektralsignaturer (Noble *et al.*, 2002). Dette forudsætter dog et relativt tæt plantedække af den pågældende art, hvilket i det tidlige forår kun er opfyldt i meget få tilfælde, da ukrudt skal bekæmpes på kimbladstadiet. Thompson *et al.* (1990) påpegede, at allerede en måned efter fremspiring dækkede vinterhvedens blade så meget, at kun 5% af små ukrudtsarter kunne detekteres. Billeddannende systemer med en meget høj rummelig opløselighed er derfor nødvendige for at kunne detektere ukrudt på kimbladstadiet, det vil sige planter, der set ovenfra kan være under en centimeter på den længste led.

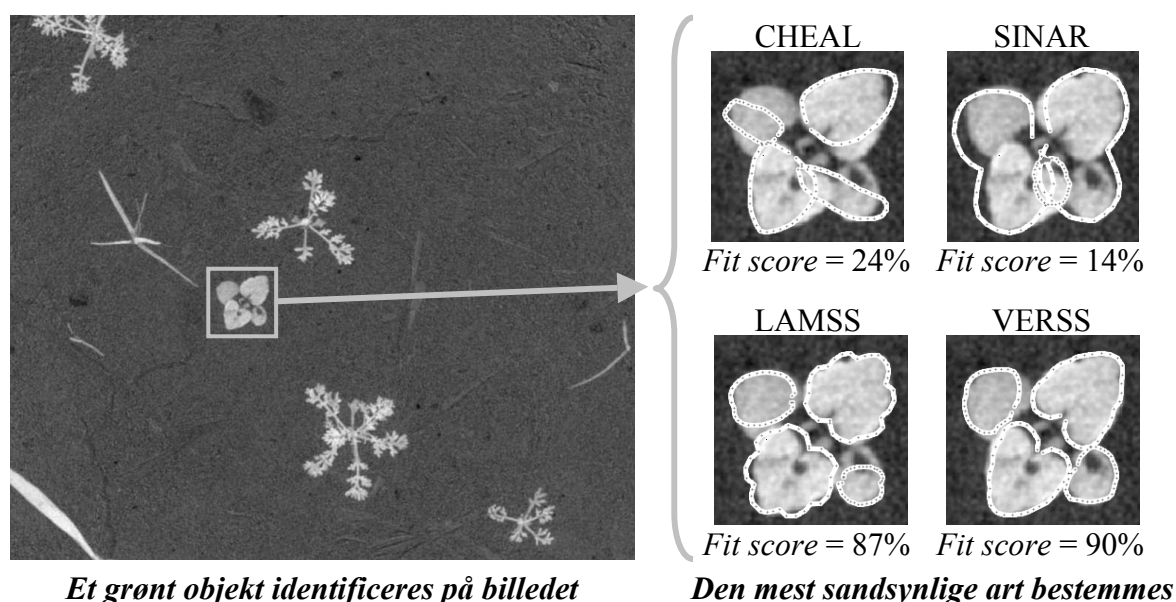


Figur 2. WeedSeeker konceptet. En infrarød lyskilde (rød) belyser jordoverfladen i bånd på 30 cm. En optisk sensor detekterer reflekteret infrarødt lys fra grønt plantemateriale og med en forsinkelse tilpasset fremdriftshastigheden aktiveres sprøjtedysen (www.greenseeker.com). The WeedSeeker concept. An infrared beam illuminates the soil surface in 30 cm bands. An optical sensor detects the reflected infrared light from green plant tissue and activates the spraying with a delay adjusted to the forward speed.

Digitale kameraer monteret på et køretøj eller et redskab giver billeder, der typisk har en opløsning på 1 mm pr. pixel. Ved hjælp af matematiske og statistiske metoder kan man karakterisere objekter i billeder med høj opløsning. Woebbecke *et al.* (1995) har anvendt analyse-morfologiske (form) egenskaber i billeder af 10 almindelige ukrudtsarter og fundet, at disse egenskaber generelt er uafhængige af plantestørrelse. Genkendelse af plantearter ud fra bladform har også været studeret af Nielsen (1996). Analysen af morfologiske egenskaber kompliceres dog, såfremt ukrudtsplanterne er delvist dækkede af andre planter. Identifikation af ukrudtsarter kan også ske på grundlag af bladenes overfladestruktur (teksturmæssig signatur) og refleksion af lys (spektral signatur på grundlag af optisk reflektans) (Favier *et al.*, 1998;

Hahn og Muir, 1993). Gerhards og Kuhbauch (1993) samt Benlloch *et al.* (1996) har med godt resultat estimeret ukrudts- og afgrødedække ved hjælp af digital billedbehandling.

Danmarks JordbrugsForskning, Afdeling for Jordbrugsteknik har i forbindelse med det såkaldte API-projekt (omtales nærmere i det følgende) udviklet en metode til artsbestemmelse af ukrudt ved hjælp af Active Shape Modelling (Søgaard og Heisel, 2002). Metoden blev oprindeligt udviklet til formbaseret diagnosticering af organ- og knoglesygdomme (Cootes *et al.*, 1994), men den har en generelitet, det gør den anvendelig til genkendelse af ukrudtsplanter på kimbladstadiet. Ud fra et stort antal ukrudtsbilleder fra normale landbrugsarealer er der opbygget ukrudtsmodeller, der beskriver arternes grundformer og de typiske formvariationer. Med disse ukrudtsmodeller indprogrammeret i en computer er det muligt at genkende isolerede ukrudtskimplanter på billeder fra marken f.eks. på billeder optaget af en autonom markrobot (figur 3).



Figur 3. Identifikation og artsbestemmelse af en ukrudtsplante på et billede optaget i marken. Automated identification of weed plants and species from a digital image taken under field conditions.

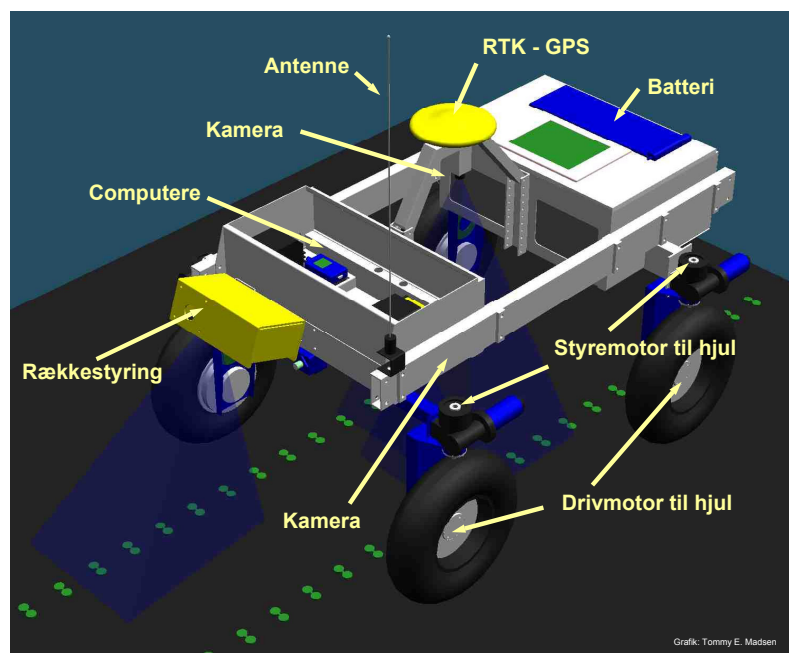
Autonom platform til registrering af afgrøde og ukrudt (API)

Som det fremgår af ovenstående, er der sket markante fremskridt med hensyn til automatisk registrering af ukrudt. En række projekter har haft som mål at udvikle en on-line metode, der detekterer og styrer f.eks. en sprøjte i samme arbejdsgang (Gerhards *et al.*, 2002). On-line styring kræver et netværk af flere kameraer, der dækker hele arbejdsbredden. Da ukrudtet registreres on-line under kørsel i marken, kan man ikke optimere valg af herbicid og -dosering eller mængde af sprøjtevæske, da man ikke har den samlede information om markens

ukrudtsbestand. Dette kan medføre, at man har enten for lidt eller for meget sprøjtevæske, når man er færdig med overkørslen.

Et alternativ til on-line metoden er anvendelse af et autonomt køretøj udstyret med computer-vision. Fordelen ved en autonom platform er, at den vil kunne anvendes forud for behandlingen af marken, og eventuelt samtidigt kan udstyres med andre sensorer til at detektere sygdomme og afgrødens næringsstoffetilstand. Da køretøjet er ubemandet, vil hyppige overkørsler af marken ikke medføre store ekstraomkostninger, det vil sige, at den løbende kan opdatere landmanden med ukrudtskort og informationer om afgrødens tilstand f.eks. ved daglige målinger i områder i marken med høj risiko for svampesygdomme. Hyppige målinger vil endvidere øge landmandens viden om marken og forbedre mulighederne for rettidig og begrænset behandling af marken.

Med en autonom platform er det endvidere muligt at anvende beregningstunge og tidskrævende algoritmer, der er uegnede til on-line registreringer f.eks. aktive målinger nede i en afgrøde. I nogle situationer vil det være mere optimalt at lade den autonome platform indsamle billeder, der efterfølgende behandles på en central computer og anvendes i et beslutningsstøtte- og planlægningssystem for behandlingerne i marken. Denne procedure vil give landmanden mulighed for at vurdere og godkende/acceptere planen, inden den iværksættes.



Figur 4. Skitse af den autonome platform, der udvikles i API-projektet. The design of the autonomous platform being developed in the API project.

I projektet 'Autonom Platform og Informationssystem til registrering af afgrøde og ukrudt (API)' udvikles en demonstrationsplatform (figur 4). Projektet er et forsknings- og udviklingsprojekt, der gennemføres i samarbejde mellem Aalborg Universitet, KVL, Danmarks

JordbrugsForskning, Dronningborg Industries, Sauer Danfoss, Hardi International og ECO-DAN. API projektet er et forsknings- og udviklingsprojekt, der sigter på at integrere avanceret styring og navigation, ruteplanlægning og computervision på et elektrisk køretøj samt at demonstrere en robotplatform til anvendelse i marken, der

- navigerer og opererer autonomt i marken
- anvender et planlægningssystem og en samplingsplan
- anvender sensorer, herunder computervision til at identificere forekomster af ukrudt
- anvender sensorer, herunder computervision til at bestemme afgrødetæthed.

Robotsystemer til landbruget er et aktivt forskningsområde (Baerveldt, 2002; Jahns, 2000), men kun få steder har man arbejdet med den art af integration, som er basis for API projektet. Typisk har man fokuseret på en bestemt arbejdsgang eller et specifikt teknologisk problem. Eksempler på sådanne forsøg er:

- Tomatplukning, agurkehøst, jordbærhøst og vinhøst ved Universitetet i Okayama (http://mama.agr.okayama-u.ac.jp/lase/index_sys_E.html)
- Agurkehøst ved CEMAGREF i Frankrig
- Autonomt køretøj til sprøjtning af blomkål ved Silsoe Research Institute (UK) (<http://www.sri.bbsrc.ac.uk>) (Hague *et al.*, 1997)
- Forsøg med autonom lugemaskine - Agriculture robot for weed control (Halmstad Universitet, Sverige) (<http://www.hh.se/staff/albert/agrorobotics.html>), (Åstrand og Baerveldt, 2001)
- Forsøg med fuldautome systemer til ukrudtskontrol ved University of California (Davis), hvor vision kombineres med selektiv sprøjtning (Lee *et al.*, 1999; Gliever og Slaugher, 2001).

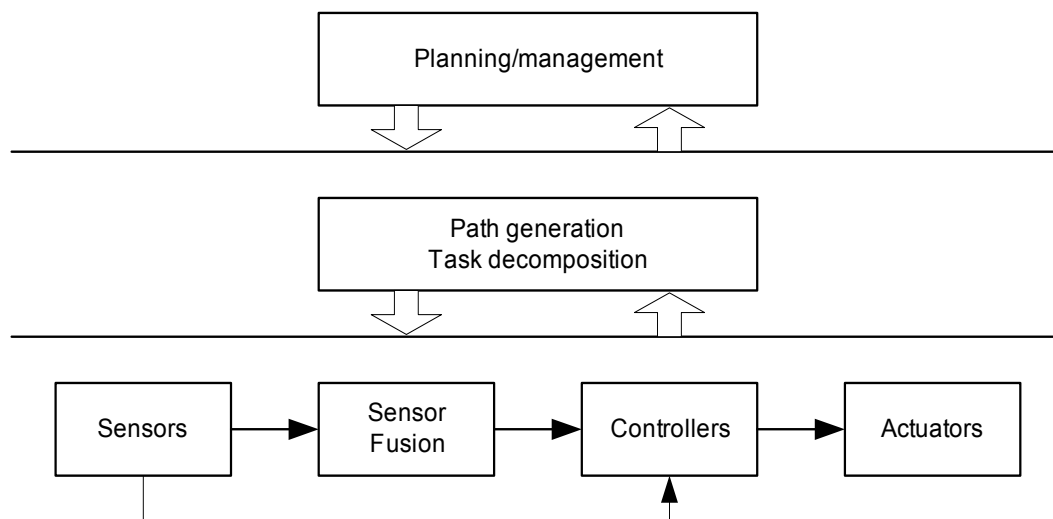
Udfordringen ved udviklingen af autonome køretøjer til brug i landbruget er at opnå nøjagtige løsninger, som samtidig er robuste nok til at kunne fungere med minimal menneskelig indblanding over længere tid. Autonome maskiner til brug i marken må nødvendigvis tage hensyn til det biologiske miljø i marken, hvorfor industrielle løsninger ikke bare kan overføres direkte.

For effektivt at håndtere de komplekse omgivelser i marken arbejdes der i API projektet med et styresystem til platformen, som bygger på en hybrid arkitektur, der er typisk i moderne robotsystemer (Orebäck og Christensen, 2003). Arkitekturen har tre lag, som hver varetager specifikke opgaver (Bak og Jakobsen, 2003).

1. Implementerer en reaktiv tilbagekoblingsmekanisme, som blandt andet stabiliserer køretøjet i forhold til et trajektorie i marken. Det reaktive lag reagerer på input fra omgivelserne og kan potentielt implementere en række forskellige opførelser. I API projektet har fokus være på justering ved hjælp af rækkestyringskonceptet fra ECO-DAN.

2. Implementerer en plan-execution mekanisme, som genererer de ønskede trajektorier under hensyntagen til den reaktive mekanisme i lag 2 (Bak *et al.*, 2003). Basis for disse trajektorier er positioner, hvor der ønskes foretaget en informationsindsamling. Disse punkter genereres i lag 3.
3. Implementerer en management mekanisme, som varetager tidsforbrugende beregninger og kommunikation med brugeren. Dette lag giver blandt andet mulighed for at ændre ruten undervejs, såfremt den oprindelige plan for informationsindsamling modificeres.

Systemarkitekturen er illustreret i figur 5.

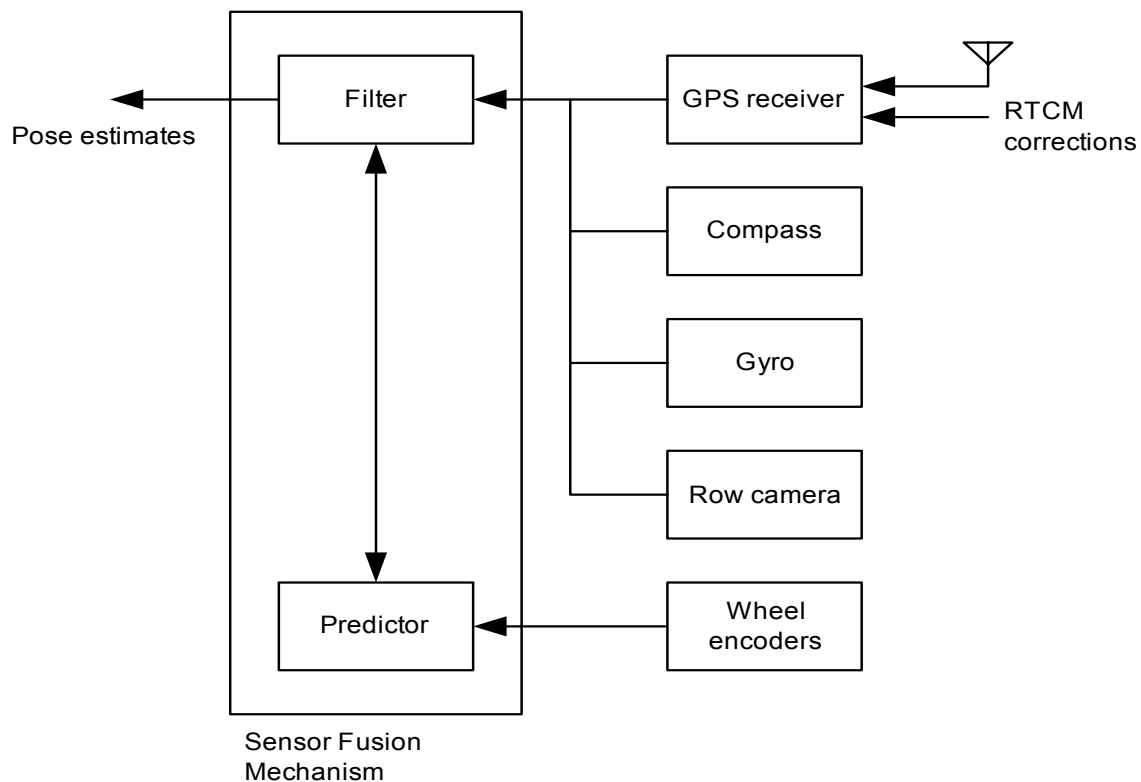


Figur 5. Arkitektur for API platformens styresystem. The system architecture of the steering system of the API platform.

En væsentlig forudsætning for, at det autonome køretøj kan reagere intelligent og fleksibelt er, at positionen og orienteringen af platformen bestemmes. Denne opgave varetages af sensor fusion modulet i figur 5. På trods af væsentlige fremskridt i sensorteknologi de seneste år er det af sikkerheds- og robusthedshensyn fordelagtigt at knytte information fra en række sensorer sammen. En effektiv fusionering af informationer gør robotten mindre afhængig af en given sensor. Det er velkendt, at selv dyre differentielle GPS løsninger har udfald af længere varighed. Såfremt positionsestimaterne fra GPS modtageren kombineres optimalt med encoder målinger fra hjulene, rotationshastighed fra en gyro og retningen fra et kompas opnås en væsentlig forbedring i bestemmelse af orientering og position. Encoder målinger udnyttes i en predictor (figur 6) til at forudsige køretøjets placering. Denne prediktion korrigeres dernæst med målinger fra de resterende sensorer i en filteroperation, som minimerer støjen på positions- og orienteringsestimatet givet sensormålinger.

Med en høj præcisions GPS viser den væsentligste udfordring sig at være bestemmelse af orienteringen. I API projektet sigter vi mod at udnytte den strukturelle information fra marken (rækkerne) ved at anvende informationer fra et rækkestyringskamera. Denne integration giver

en enestående robusthed overfor GPS udfald, idet den centrale information nemlig køretøjets placering i forhold til afgrøden bevares også under længerevarende udfald af GPS målinger.



Figur 6. Sensor fusion mekanisme til API platformen. The sensor fusion mechanism of the API platform.

Lugerobot

API projektet, der afsluttes i 2003, er grundlaget for projektet 'Robotic Weeding' under forskningsprogrammet 'Bæredygtig teknologi i jordbruget'. I 'Robotic Weeding' videreudvikles API platformen til at kunne bekæmpe ukrudt i selve rækken i grønsager, majs, roer. Det overordnede mål med projektet er at demonstrere, at robotik og computervision indenfor de næste 10 år kan reducere

- den manuelle indsats i økologiske roer med 50-100%
- herbicidforbruget i konventionelt dyrkede roer med 75-100%.

Målet med projektet er, at ukrudtet skal bekæmpes med stor præcision med mekaniske værktøjer eller med en mikro sprøjte, der behandler enkeltplanter.

Markrobotten skal operere på dyrkningsarealer, hvor afgrøden er blevet sået med en såmaskine, der ved hjælp af GPS registrerer hvert enkelt frøes position. Derved opnås et "såkort", ud fra hvilket køretøjet med få centimeters nøjagtighed kan genfinde de fremspirende roeplanter.

For at øge præcisionen i genfindelsen udstyres et køretøj med et computervisionsystem til nøjagtig lokalisering af roeplanterne. Denne nøjagtighed er en forudsætning for at kunne bekæmpe ukrudt i en zone omkring planterne uden at skade disse. For at skåne roeplanterne kan ukrudtet i denne zone bekæmpes med præcisionsbehandlinger som f.eks. afklipning, laserbestråling eller mikrosprøjtning. Øvrigt ukrudt inde i rækken og ukrudt mellem rækkerne kan bekæmpes mekanisk med hver sin type jordbearbejdende redskaber, idet præcision og skånsomhed skal være større inde i rækkerne end mellem rækkerne.

De væsentlige udfordringer i projektet består i arbejdet med automatisk generering af såkort, sikker genkendelse og positionering af roeplanterne med computervision, design og konstruktion af effektive redskaber til ukrudtsbekæmpelse af ukrudt i rækkerne, mikrosprøjtning omkring de enkelte roeplanter samt integration af disse elementer i sammenhæng med små selvkørende og selvnavigerende køretøjer.

I to andre projekter under forskningsprogrammet 'Bæredygtig teknologi i jordbruget' er ideen at anvende autonome køretøjer til registreringer i marken. Det ene projekt er 'Biosensors for quantification of plant diseases and pests in the field' (Justesen, 2003). I projektet 'Autonomous spatial-temporal Crop and Soil Surveying' forskes i metoder, der på grundlag af analyse af billeder ved hjælp af computer (computervision) kan samle oplysninger om planternes vækst og sundhedstilstand, baseret på detaljer som f.eks. mønstre af misfarvninger på bladene.

Erkendtlighed

API projektet finansieres af Direktoratet for FødevareErhverv. Projektet 'Robotic weeding' finansieres af Danmarks Jordbrugs- og Veterinærvidenskabelige Forskningsråd, Danmarks Teknisk Videnskabelige Forskningsråd og Direktoratet for FødevareErhverv.

Litteratur

- Auda Y, Blasco F, Gastellu-Etchegorry JP, Marty G & Dechamp C.* 2002. "Preliminary studies of the detection of Ambrosia populations by spatial remote sensing." *Revue Française D Allergologie et D Immunologie Clinique.* 42:533-538.
- Baerveldt A-J.* 2002. Special issue on Agricultural Robotics, Volume 13 of Autonomous Robots. Kluwer Academic Publishers.
- Bak T, Bendtsen J & Ravn AP.* 2003. Hybrid control design for a wheeled mobile robot. In A Pnueli and O Maler (Eds.), To appear in Springer-Verlag Lecture Notes in Computer Science. Springer Verlag.
- Bak T & Jakobsen H.* 2003. Agricultural Robotic Platform With Four Wheel Steering, Submitted to Biosystems Engineering.

- Bean B.* 2002. Automatic spot sprayer application in row crops. Texas Precision Agriculture, - 1. 2002. Texas A&M University System.
- Benlloch JV, Sánchez A, Christensen S & Walter AM.* 1996. Weed mapping in cereal crops using image analysis techniques. AgEng Madrid, 1996, Paper 96G-0.47, 9 pp.
- Cootes TF, Hill A, Taylor CJ & Haslam J.* 1994. The Use of Active Shape Models for Locating Structures in Medical Images. Image and Vision Computing 12 (6), 355-366.
- Favier J, Ross DW, Tsheko R, Kennedy DD, Muir AY, Fleming J, Meyer GE & DeShazer JA.* 1998. Discrimination of weeds in brassica crops using optical spectral reflectance and leaf texture analysis. Precision agriculture and biological quality, Boston, Massachusetts. Proc. SPIE, 3543, 311-318.
- Gerhards R & Kuhbauch W.* 1993. Dynamic Decision Model for Weed Control Methods in Cereals by Means of Digital Image Analysis. Journal of Agronomy and Crop Science - Zeitschrift Für Acker Und Pflanzenbau, 171(5), 329-35.
- Gerhards R, Sökefeld M, Nabout A, Therburg R-D & Kühbauch W.* 2002. Online weed control using digital image analysis. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderheft XVIII, Eugen Ulmer GmbH & Co, Stuttgart, 421-427.
- Gliever C & Slaughter DC.* 2001. Crop versus weed recognition with artificial neural networks. 2001 ASAE Annual International Meeting, Sacramento, California, USA.
- Hague JT, Marchant A & Tillett ND.* 1997. Autonomous robot navigation for precision horticulture. IEEE Conf. on Robotics and Automation, Albuquerque, 1997.
- Hahn F & Muir AY.* 1993. Reflectance spectra of brassica crops and some weeds. Dept. Note -Scottish Centre of Agricultural Engineering, 57, 26 pp.
- Justesen AM, Monrad Hansen L, Nicolaisen M, Sevel T, Langkjær C & Hejgaard J.* 2003. Biosensorer til detektion af plantepatogener og skadedyr i afgrøden. 20. Danske Planteværnskonference 2003. DJF-rapport nr. 88.
- Jahns G.* 2000. Special issue on Navigating of Agricultural Field Machinery, Volume 25 of Computers and Electronics in Agriculture. Elsevier Science.
- Lee WS, Slaughter DC & Giles DK.* 1999. Robotic Weed Control system for tomatoes, Precision Agriculture, 2000.
- Nielsen HM.* 1996. Modelling plant leaf shape for plant recognition. Acta-hortic. Leuven, Belgium: International Society for Horticultural Science, 406, 153-163.
- Noble SD, Brown RB & Crowe TG.* 2002. "The use of spectral properties for weed detection and identification – A review." AIC 2002 Meeting, CSAE/SCGR Program, Saskatoon, Saskatchewan, July 14 - 17, 2002. CSAE/SCGR. -18.
- Orebäck A & Christensen HI.* 2003. Evaluation of architectures for mobile robotics. Autonomous Robots 14, 33–49, 2003.
- Søgaard HT & Heisel T.* 2002. Weed Classification by Active Shape Models. AgEng 2002, Budapest, Hungary, 8 pp.
- Thompson JF, Stafford JV & Ambler B.* 1990. "Weed detection in cereal crops." Presented at the ASAE 1990 International Winter Meeting. ASAE. St. Joseph, MI.
- Woebbecke DM, Meyer GE, Von Bergen K & Mortensen D.* 1995. Shape features for identifying young weeds using image analysis. Transactions of ASAE, 38(1), 271-281.

Åstrand B & Baerveldt J. 2002. An Agricultural Mobile Robot with Vision-Based Perception for Mechanical Weed Control. *Autonomous Robots*, July 2002, Volume 13, Issue 1.