DJF
rapport

Februar 2000

Nr. 24 • Markbrug

17. Danske Planteværnskonference II

Positionsbestemt plantebeskyttelse/beslutningsstøtte/ sygdomme-skadedyr/aksfusariose

17th Danish Plant Protection Conference II

Site-specific crop protection/decision support/ pests-diseases/ear blight

Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri

Danmarks JordbrugsForskning

17. Danske Planteværnskonference II

Positionsbestemt plantebeskyttelse/beslutningsstøtte/ sygdomme-skadedyr/aksfusariose

17th Danish Plant Protection Conference II

Site-specific crop protection/decision support/ pests-diseases/ear blight

DJF rapport Markbrug nr. 24 • februar 2000

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

Indholdsfortegnelse

Positionsbestemt plantebeskyttelse

Anerkendelse af fungicider, insekticider, herbicider og vækstreguleringsmidler i 1999. Landbrugsafgrøder, frilandsgrønsager samt frugtavl
Fungicides, insecticides, herbicides and growth regulators approved in 1999 for agricultural purposes and fruit growing
Lise Nistrup Jørgensen, Bent J. Nielsen, Klaus Paaske, Peder Elbæk Jensen & Jeanette Christensen 7

Viden og teknologi til positionsbestemt ukrudtsbekæmpelse
Knowledge and technology for site specific weed management
Svend Christensen, Anne Mette Walter & Martin Heide Jørgensen 15

Erfaringer med positionsbestemt plantebeskyttelse i praksis
Experience in site-specific crop protection in practice
Erik Faurholt & Jørgen Jacobsen 25

Positionsbestemt ukrudtsbekæmpelse med injektionssprøjter
Site-specific herbicide application using injections sprayers
Anne Mette Walter, Torben Heisel & Svend Christensen 35

Automatisk styring af redskaber til ukrudtsbekæmpelse i rækkeafgrøder – tekniske og biologiske aspekter
Automatic guidance of implements for weed control in row crops – technical and biological aspects
Henning T. Søgaard & Bo Melander 45

Beslutningsstøtte

Justering af PC-Planteværns sygdomsmodeller og doseringer baseret på forsøg
Adjusting PC-Plant Protection's disease models and dosages based on trial results
Karen Eberhardt Henriksen, Lise Nistrup Jørgensen, Karen Frænde Jensen & Ghita Cordsen Nielsen 59

PC-Planteværn - faktorer i ukrudtsbekæmpelsen, som påvirker behandlingsindeks
PC-Plant Protection - factors in weed control that affect the treatment intensity index
Per Rydahl 77

Beslutningsstøtte til bekæmpelse af kartoffelskimmel
Decision support for the control of potato late blight
Jens Grønbech Hansen, Lars Bødker & Bent J. Nielsen 87

Pl@nteInfo – status og fremtid
Pl@nteInfo – status and future
Iver Thysen, Allan Leck Jensen & Manfred Röhrig 101

Prognoser for godt sprøjtevejr – et indledende studium
Prognoses for spraying weather – an introductory study
Nina K. Detlefsen, Iver Thysen & Michael Steffensen 113

Sygdomme – skadedyr

Perspektiver for biologisk bekæmpelse af bladlus i korn med snyltehvepse
Perspectives for biological control of cereal aphids with parasitoids
Lene Sigsgaard & Lars Monrad Hansen 125

Agersnegle - biologi, forebyggelse og bekæmpelse
Slugs - biology, prevention and control
Ghita Cordsen Nielsen 131

Vurdering af 5 års resultater med strobiluriner i vinterhvede
Assessment of 5 years results with strobilurins in winter wheat
Martin Clausen, Esben K. Jensen & Lars Skovbæk Jensen 147

Betydningen af udsædsbårne svampe i ærter
Seed borne fungi of importance in pea
Christiane Scheel & Ghita Cordsen Nielsen 157

Aksfusariose

Mykotoksinproducerende *Fusarium* arter i dansk korn
Mycotoxin producing *Fusarium* species occurring in Danish cereals
Ulf Thrane 165

Toxinproducerende svampes økologi
The ecology of toxin producing fungi
Helle Hestbjerg, Susanne Elmholt, Kristian Fog Nielsen & Gitte Felding 171

***Fusarium* i maltbyg**
Fusarium in malting barley
Jørgen Larsen 179

Forekomst og grænseværdier for Fusarium toksiner i korn
Occurrence and maximum limits for *Fusarium* toxins in grain
Kevin Jørgensen 183

Bekæmpelse af spiringsfusariose i korn
Control of seedling blight in cereals
Bent J. Nielsen 185

Bekæmpelse af aksfusarium i hvede
Control of *Fusarium* ear blight in winter wheat
Lise Nistrup Jørgensen 197

Anerkendelse af fungicider, insekticider, herbicider og vækstregule-ringsmidler i 1999. Landbrugsafgrøder, frilandsgrønsager samt frugtavl

Fungicides, insecticides, herbicides and growth regulators approved in 1999 for agricultural purposes and fruit growing

Lise Nistrup Jørgensen, Bent J. Nielsen, Klaus Paaske, Peder Elbæk Jensen & Jeanette Christensen
Danmarks JordbrugsForskning
Afdeling for Plantebeskyttelse
Forskningscenter Flakkebjerg
DK-4200 Slagelse

Summary

The Danish Institute of Agricultural Sciences grant 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 is performed upon the companies applications for approval. The trials are carried out according to standardised Danish guidelines, most of which are based on international guidelines elaborated by the European and Mediterranean Plant Protection Organisation (EPPO).

From the 1st 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 1998-season. The testing units have been inspected by the recognising authorities (GEP-unit). The department is officially recognised with validity from 1st 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, and 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), 3/4 and 1/2. For herbicides 1/1 (normal dosage), 1/2 and 1/4. For observation trials (seed treatment) dosages of 2/1, 1/1, 3/4 and 1/2 are necessary.

With validity from the first of January 2000, 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 have to be registered in order to be marketed. In Denmark registrations are given by the Danish Environmental Protection Agency.

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 er senest revideret med virkning fra 1997.

Som resultat af afprøvningsarbejdet er der med gyldighed fra 1. januar 2000 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 & Jensen (2000), bejdsemidler i korn (Nielsen, 2000) og svampesygdomme i kartofler i Nielsen (2000). Skadedyr i landbrugsafgrøder er omtalt i Paaske (2000). Forsøgsdata med videre er angivet i de årlige forsøgsrapporter (Jørgensen *et al.*, 1999; Paaske, 1999; Jensen *et al.*,1999). Angående tidligere tildelte anerkendelser og anerkendte midler i øvrigt, henvises til "Plantebeskyttelsesmidler anerkendt til bekæmpelse af plantesygdomme, skadedyr og ukrudt, til nedvisning af frøafgrøder og kartoffeltop, til vækstregulering samt til desinfektion 1999" (Anon. 1999). Midlerne optages dog først i denne liste, når de er godkendt af Miljøstyrelsen.

De med * mærkede midler i tabellerne 1-5 er på tidspunktet for udarbejdelsen af oversigterne i tabellerne ikke godkendt af Miljøstyrelsen. Når godkendelserne foreligger, vil midlerne blive optaget i Danmarks JordbrugsForsknings liste over anerkendte plantebeskyttelsesmidler. Anerkendelseslisten udkommer i revideret udgave hvert år i begyndelsen af januar måned.

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 omtalen af anerkendte midler.

Forsøgsbeskrivelse

Forsøgene er gennemført efter beskrivelserne i "Retningslinier for afprøvning af midler mod sygdomme og skadedyr på landbrugsafgrøder samt frilandsgrønsager" samt "Retningslinier for afprøvning af midler mod sygdomme og skadedyr på havebrugs- og gartneriafgrøder" for de skadegøreres vedkommende, hvor sådanne reningslinier er udarbejdet (Anon., 1985; Anon., 1990).

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

Afdeling for Plantebeskyttelse har GEP-godkendelse og har arbejdet efter GEP-principperne i sæsonen 1997. Afdelingen har fået en officiel godkendelse fra og med 1. januar 1996.

Disse retningslinier er tilpasset internationale retningslinier. Forsøgene er udført som frilandsforsøg suppleret med væksthus- og 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.

Fungicider og insekticider 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, 3/4 og 1/2 dosering. Herbicider afprøves i 1/1, 1/2 og 1/4 dosering. For bejdsemidlers vedkommende, hvor der desuden udføres observationsforsøg, afprøves i 2/1, 1/1, 3/4 og 1/2 dosering.

Forsøgene har været placeret på egne eller lejede arealer, på Statens Forsøgsstationer eller udstationerede 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. Bejdsemidler med nye anerkendelser eller med udvidet eller ændret anerkendelse. Landbrugsafgrøder (1. januar 2000). * = ikke godkendt af Miljøstyrelsen. Newly approved seed dressings or seed dressings with extended or changed approval (1st January 2000). * = not registered in Denmark.

Midler og aktive stoffer Products and active ingredients	**Firma** Company	**Dosering** Dosage	**Anerkendt mod** Approved against
Dividend 030 FS * difenoconazol 30 g/l	Novartis	200 ml/100 kg	Rugstængelbrand *(Urocystis occulta)* Fusariose på rug *(Fusarium spp., rye)* Hvedestinkbrand, jord- og frøbåren. (*Tilletia caries*, soil and seed borne) *Fusariose på hvede* (Fusarium spp., wheat) *Hvedebrunplet* (*Stagonospora nodorum*)
Premis 25 FS * triticonazol 25 g/l	Rhône Poulenc	200 ml/100 kg	Nøgen bygbrand *(Ustilago nuda)*
Raxil IM 035 ES-X * tebuconazol 15 g/l imazalil 20 g/l	Bayer	150 ml/100 kg 300 ml/100 kg	Nøgen bygbrand *(Ustilago nuda)* Bygstribesyge *(Drechslera graminea)* Fusariose på byg *(Fusarium spp.*, barley*)*

Tabel 2. Fungicider med nye anerkendelser eller med udvidet eller ændret anerkendelse. Landbrugsafgrøder (1. januar 2000). * = ikke godkendt af Miljøstyrelsen. Newly approved fungicides and fungicides with extended or changed approval (1st January 2000). * = not registered in Denmark.

Midler og aktive stoffer Products and active ingredients	**Firma** Company	**Dosering** Dosage	**Anerkendt mod** Approved against
FM 1996 * picoxystrobin 250 g/l	Zeneca	1,0 l/ha	Hvedebrunplet (*Stagonospora nodorum*) Hvedegråplet (*Septoria tritici*) Skoldplet *(Rhynchosporium secalis)* Bygbladplet *(Drechslera teres)* Meldug *(Erysiphe graminis)*
Juventus * metconazol 60 g/l	Cyanamid	1,5 l/ha	Hvedebrunplet *(Stagonospora nodorum)* Hvedegråplet *(Septoria tritici)*
Stratego * propiconazol 125 g/l trifloxystrobin 188 g/l	Novartis	1,0 l/ha	Gulrust på hvede *(Puccinia striiformis)*
Zenit 574 EC * fenpropidin 450 g/l propiconazol 125 g/l	Novartis	1,0 l/ha	Meldug på hvede *(Erysiphe graminis)* Hvedebrunplet *(Stagonospora nodorum)* Hvedegråplet *(Septoria tritici)* Gulrust på hvede (*Puccinia striiformis*)

I 1998 og især i 1999 er der fundet hvedemeldugisolater i Danmark, som er resistente overfor strobiluriner. Anerkendelsesudvalget besluttede på den baggrund at knytte en fodnote til alle strobiluriner, der gør opmærksom på, at der kan opstå svigtende effekt på meldug, som følge af fungicidresistens.

Tabel 3. Insekticider med nye anerkendelser eller med udvidet eller ændret anerkendelse. Landbrugsafgrøder og havebrug (1. januar 2000). * = ikke godkendt af Miljøstyrelsen. Newly approved insecticides or insecticides with extended or changed approval (1st January 2000). * = not registered in Denmark.

Midler og aktive stoffer Products and active ingredients	**Firma** Company	**Dosering** Dosage	**Anerkendt mod** Approved against
Fastac 50 * alpha-cypermethrin 50 g/l	Cyanamid	0,2 l/ha	Bedefluens larve (*Pegomya hyoscyami*)
		0,25 l/ha	Bladlus på korn (*Sitobion avenae*) (*Rhopalosiphum padi*) (*Metopolophium dirhodum*) Glimmerbøsser og skulpesnudebiller i korsblomstrede frøafgrøder (*Meligethes aeneus*) (*Ceutorrhynchus assimilis*) Stribet bladrandbille på ært (*Sitona lineatus*)
		0,012%	Ferskenbladlus, væksthusmellus og nelliketrips på agurk, tomat og prydplanter i væksthus (*Myzus persicae*) (*Trialeurodes vaporariorum*) (*Thrips tabaci*) Tomatminerflue på agurk og tomat i væksthus (*Liriomyza bryomiae*) Krysantemumminerflue på prydplanter i væksthus (*Phytomyza syngenesiae*)
Karate 10 CS * lambda-cyhalothrin 100 g/l	Zeneca	0,06 l/ha	Bladlus på korn (*Sitobion avenae*) (*Rhopalosiphum padi*) (*Metopolophium dirhodum*) Ærtebladlus (*Acyrthosiphon pisum*) Glimmerbøsser, skulpesnudebiller, og skulpegalmyg på raps (*Meligethes aeneus*) (*Ceutorrhynchus assimilis*) (*Dasiniura brassicae*)
		0,1 l/ha	Fritfluer på korn, græs og majs (*Oscinella frit*)

Tabel 4. Hebicider med nye anerkendelser eller med udvidet eller ændret anerkendelse. Landbrugsafgrøder (1. januar 2000). * = ikke godkendt af Miljøstyrelsen. Newly approved herbicides and herbicides with extended or changed approval (1st January 2000). * = not registered in Denmark.

Midler og aktive stoffer Products and active ingredients	**Firma** Company	**Dosering** Dosage	**Anerkendt mod** Approved against
All Out Bio	AgroDan	4,0 l/ha i græs 4,0 l/ha i ærter	Nedvisning før omlægning om efteråret Nedvisning senest 10 dage før høst
Ariane FG Clopyralid 20 g/l Fluorxypyr 40 g/l MCPC 200 g/l	Dow	3,5 l/ha i 2 års hundegræs rajgræs eng svingel rød svingel 2,5 l/ha i 1. års marker efter udlæg i korn	Burresnerre, forglemmigej, fuglegræs, hyrdetaske, lugtløs kamille, raps og ager sennep Forglemmigej, fuglegræs, hyrdetaske, raps og ager sennep
Boxer EC + Oxitril Prosulfocarb 800 g/l Bromoxynil 200 g/l Ioxynil 200 g/l	Zeneca Rhone Poulenc	2,0 l/ha Boxer + 0,8 l/ha Oxitril i vinterhvede i stadie 12	Burresnerre, fuglegræs, hyrdetaske, kamille, enårig rapgræs, raps, tvetand, valmue, vindaks og ærenpris
Capture Diflufenican 50 g/l Bromoxynil 300 g/l Ioxynil 200 g/l	Rhonke Poulenc	0,65 l/ha i vårbyg med udlæg af rajgræs eller rød svingel når ukrudtet er i stadie 12-13	Fuglegræs, hvidmelet gåsefod, hyrdetaske, lugtløs kamille, limurt, snerle pileurt, raps, ager seennep, stedmoder, tvetand, storkronet ærenpris i vårbyg og i vårbyg med udlæg af rajgræs eller rødsvingel
Clio 100 Clopyralid 100 g/l	Inter Trade	1,0 l/ha i vinterraps med 4-5 blade	Lugtløs kamille
Command SC + Sencor WG Clomazone 250 g/kg Metribuzin 700 g/kg	BASF Bayer	0,25 l/ha +0,2 kg/ha senest 5 dage før kartoflerne spirer frem 0,15 kg/ha Sencor WG på nyfremspiret ukrudt	Burresnerre, forglemmigej, fuglegræs, hvidmelet gåsefod, hyrdetaske, lugtløs kamille, liden nælde, bleg/fersken pileurt, snerlepileurt, enårig rapgræs, ager stedmoder og ærenpris
Complete 80 EW + Stomp SC Fluroglycofen ethyl 80 g/l Pendimethalin 400 g/l	BASF Cyanamid	0,3 l/ha + 2,0 l/ha i vinterhvede stadie 11-12	Burresnerre, forglemmigej, fuglegræs, hyrdetaske, kamille, enårig rapgræs, raps ager stedmoder, tvetand, valmue, ærenpris
Devrinol 45 FL Napropamid 450 g/l	AgroDan	1,5 l/ha i vinterraps, nedharvet før såning med en såbedsharve	Fuglegræs, kamille, enårig rapgræs, tvetand
Devrinol 45 FL Napropamid 450 g/l	AgroDan	1,0 l/ha i vårraps, nedharvet før såning med en såbedsharve	Fuglegræs, kamille, enårig rapgræs, tvetand
I.T. BENTAZON DK + INTER PEMDIMETHALIN 400 Bentazon 480 g/l Pendimethalin 400 g/l	Inter Trade	2 * 0,5 + 0,75 l/ha i ærter når ukrudtet er på stadie 10-11, og på nyfremspiret ukrudt	Alm. brandbæger, fuglegræs, hvidmelet gåsefod, hyrdetaske, kamille, fersken-vejpileurt, raps, ager stedmoderblomst, tvetand og ærenpris
INTER CLOPYRALID Clopyralid 100 g/l	Inter Trade	1,0 l/ha i vinterraps med 4-5 blade	Lugtløs kamille
INTER CLOPYRALID Clopyralid 100 g/l	Inter Trade	1,2 l/ha i bederoer når tidslerne er 10-20 cm høje	Lugtløs kamille, snerlepileurt og tidsler

Tabel 4. Hebicider med nye anerkendelser eller med udvidet eller ændret anerkendelse. Landbrugsafgrøder (1. januar 2000). * = ikke godkendt af Miljøstyrelsen, fortsat. Newly approved herbicides and herbicides with extended or changed approval (1st January 2000). * = not registered in Denmark, continued.

Midler og aktive stoffer Products and active ingredients	**Firma** Company	**Dosering** Dosage	**Anerkendt mod** Approved against
INTER FLUOXYPYR Fluroxypyr 180 g/l	Inter Trade	0,8 l/ha i vintersæd om foråret når afgrøde og ukrudt er i vækst	Burresnerre, forglemmigej, fulgegræs, hyrdetaske, tvetand
INTER FLUOXYPYR Fluroxypyr 180 g/l	Inter Trade	0,7 l/ha i vårsæd på stadie 12-13	Burresnerre, fuglegræs, hanekro, pileurt, tvetand
INTER PENDIMETHALIN Pendimethalin 330 g/l	Inter Trade	4,0 l/ha i vintersæd på stadie 11-1	Burresnerre, forglemmigej, fuglegræs, hyrdetaske, kamille, snerlepileurt, enårig rapgræs, raps, agerstedmoder, storkenæb, tvetand, valmue, vindaks, vortemælk og ærenpris
Liberty Glufosinat ammonium 200 g/kg	AgrEvo	3 * 2,0 kg/ha ved 1. sprøjtning på ukrudt med 2-3 blade i Liberty resistente bederoer og 2. og 3. sprøjtning på nyfremspiret ukrudt med 2-3 blade	Mark arve, fuglegræs, hyrdetaske, hvidmelet gåsefod, lugtløs kamille bleg/fersken pileurt, snerlepileurt, vejpileurt, ager sennep, rød tvetand
Liberty Glufosinat ammonium 200 g/kg	AgrEvo	2 * 3,0 kg/ha ved 1. sprøjtning på ukrudt med 2-3 blade 2. sprøjtning på 2-3 blade	Mark arve, fuglegræs, hyrdetaske, hvidmelet gåsefod, lugtløs kamille, bleg/fersken pileurt, snerlepileurt, vejpileurt, ager sennep, rød tvetand
ND Betafam SE + *ND Metamitron flow +* *en super olie (Sun Oil 33 E)* Phenmedipham 157 g/l Metamitron 700 g/l Surfactant	Nedab	3*1,5 l/ha + 3*1,0 + 3*0,5 l/ha i bedroer 1. sprøjtning på ukrudtets kimbladsstadie 2. og 3. sprøjtning når nyfremspiret ukrudt er på kimbladsstadiet	Fuglegræs, hvidmelet gåsefod, hanekro, hyrdetaske, lugtløs kamille, liden nælde, fersken pileurt, snerlepileurt, sort natskygge, enårig rapgræs, raps, ager sennep og tvetand
Oxitril + Stomp SC Bromoxynil 200 g/l Ioxynil 200 g/l Pendimethalin 400 g/l	Rhone Poulenc Cyanamid	0,5 l/ha + 2,0 l/ha i vintersæd på kornets stadie 12	Burresnerre, forgelmmigej, fuglegræs, hyrdetaske, lugtløs kamille, enårig rapgræs, raps, agerstedmoder, valmue og ærenpris
Oxitril + Stomp SC Bromoxynil 200 g/l Ioxynil 200 g/l Pendimethalin 400 g/l	Rhone Poulenc Cyanamid	0,5 l/ha + 2,0 l/ha i vintersæd på kornets stadie 12	Burresnerre, forglemmigej, fuglegræs, hyrdetaske, lugtløs kamille, enårig rapgræs, raps, agerstedmoder, valmue og ærenpris
Primera Super + Stomp SC Fenozaprop p ethyl 69 g/l Pendimethalin 400 g/l	AgrEvo Cyanamid	0,4 l/ha + 2,0 l/ha i vinterhvede stadie 12-13 (Der tilsættes 0,5 l Actirob pr. ha.)	Forglemmigej, fuglegræs, hyrdetaske, enårig rapgræs, raps, ager rævehale, agerstedmoder, tvetand, valmue, ærenpris

Litteratur

Anon, 1985. Retningslinier for afprøvning af midler mod sygdomme og skadedyr på landbrugsafgrøder. Statens Planteavlsforsøg. 20 bd.

Anon, 1990. Retningslinier for afprøvning af midler mod sygdomme og skadedyr på frilandsgrønsager. Statens Planteavlsforsøg. 11 bd.

Jensen P.E., Christensen J. & Kristensen K.J. 1999. Weed 1999 Approval. Results from testing of herbicides and growth regulators. Book 1 & 2. Research Centre Flakkebjerg.

Jørgensen L.N., Nielsen B.J. & Paaske K. 1999. Diseases and insects in arable crops and vegetables 1999. Results from testing of fungicides, insecticides and seed-treatments. Research Centre Flakkebjerg.

Jørgensen L.N. & Jensen K.F. 2000. Svampesygdomme i korn, DJF rapport nr. 24 (2000). *Nielsen B.J.* 2000. Bekæmpelse af frøbårne sygdomme i korn . DJF rapport nr. 24 (2000).

Nielsen B.J. 1999b. Bekæmpelse af svampesygdomme i kartofler, ærter og raps. DJF rapport nr. 8 (1999), 82-90.

Nielsen B.J. 1993. Afprøvning af bekæmpelsesmidler i Danmark. Statens Planteavlsforsøg Årsberetning 1992, 50-53.

Paaske K. 1998. Sygdomme og skadedyr 1998. Resultater af forsøg med fungicider og insekticider i frugtavl, væksthusgrønsager, prydplanter og planteskolekulturer samtfrilandsgrønsager. Danmarks JordbrugsForskning, Flakkebjerg.

Viden og teknologi til positionsbestemt ukrudtsbekæmpelse

Knowledge and technology for site specific weed management

Svend Christensen & Anne Mette Walter
Danmarks JordbrugsForskning
Afdeling for Plantebeskyttelse
Forskningscenter Flakkebjerg
DK-4200 Slagelse

Martin Heide Jørgensen
Danmarks JordbrugsForskning
Afdeling for Jordbrugsteknik
Forskningscenter Bygholm
DK-8700 Horsens

Summary

Research on weed mapping and site specific weed management have shown that herbicide use can be reduced significantly. However, only few farmers are practising site specific weed management because of lack of rational weed monitoring methods. Sensor steered sprayers exist but are only used in stubble land and railway tracks.

Further extension of knowledge and development of sensor and computervision in the coming years are essential for the implementation of site specific weed management in practise. The latest development of computervision may lead to operational weed monitoring systems within the next 5 years if there is a marked for such systems. In research, computervision may be used to measure crop and weed parameters, which are required to optimise herbicide use. The technological development may also enable development of a prototype of e.g. a weeding robot.

Indledning

En af de helt store udfordringer i landbruget i de kommende år bliver at udnytte viden og teknologi til at opfylde det politiske krav om at reducere pesticidforbruget og samtidig opretholde en økonomisk rentabel produktion. Forsøg og forskning har vist, at forekomst og tæthed af ukrudt varierer betydeligt inden for en mark, og dermed varierer behovet for anvendelsen af herbicider også. Anvendelse af sensorer, computervision, satellitnavigationssystemer og nye beslutningsstøttesystemer til at identificere ukrudt, styre redskaber og graduere tildelingen af herbicider er vigtige elementer i en mere målrettet og positionsbestemt plantebeskyttelse.

I denne artikel gives en status over viden og teknologi på området samt en beskrivelse af perspektiverne for en fortsat opbygning af videngrundlag og teknologi til positionsbestemt

ukrudtsbekæmpelse, der er tilpasset dansk jordbrug, og som samtidig medvirker til at udbygge den danske agroindustris internationale position.

Videnstatus

Variation i forekomst og tæthed af ukrudt

De fleste ukrudtsarter er ikke jævnt fordelt i marken men varierer i antal og forekomst. I nogle marker står ukrudtet i tydelige pletter med et centrum og en rand (Gerhards *et al.*, 1997a). Det gælder især rodukrudtsarter, der spredes via underjordiske stængeludløbere. I andre marker er ukrudtet fordelt over næsten hele marken, men plantetallet varierer, så ukrudtet alligevel ser ud til at stå i pletter (f.eks. Heisel *et al.*, 1999). Det er især tokimbladede ukrudtsarter med små og lette frø, der kan spredes med vinden.

Ukrudtets fordeling i marken afhænger af den enkelte marks historie, det vil sige, at den er skabt over en årrække og er resultatet af jordbundsforhold, ukrudtsarternes konkurrenceevne, frøproduktion, spredningsbiologi samt spredning via høstmaskiner, andre redskaber, dyr, fugle og insekter. For nogle ukrudtsarter kan man ud fra forekomst og fordeling forklare, hvordan de er blevet spredt, og hvor mange år de har været i marken. Hvis f.eks. en art pludselig optræder i en afgrænset plet midt i marken, er den sandsynligvis blevet spredt via en fugl. Der vil formentlig gå flere år, før man opdager den nye art. Dette gælder især, hvis arten står i sædskifter domineret af konkurrencestærke og dækkende afgrøder.

Principper og metoder til positionsbestemt plantebeskyttelse

Positionsbestemt ukrudtsbekæmpelse kan udføres efter 2 hovedprincipper: Kortlægning af ukrudtsbestanden i hele marken forud for bekæmpelsen eller direkte registrering og bekæmpelse samtidig med sprøjtningen. I tabel 1 er vist de væsentligste forskelle på de 2 hovedprincipper med den nuværende viden og teknologi. Kortlægningsprincippet giver større mulighed for at planlægge og optimere bekæmpelsen end samtidig (real time) registrering og sprøjtning. Det giver f.eks. større mulighed for at vælge et eller flere egnede herbicider og den optimale dosering, når man kender hele markens ukrudtssammensætning og de forskellige arters økonomiske betydning. En anden og væsentlig forskel på de 2 metoder er registreringsenhed, behandlingsenhed og sprøjteteknik.

Med kortlægningsmetoden benytter man registreringer i et net af punkter og interpolation mellem punkter i et GIS (Geographical Information System), da man næppe opnår bedre bestemmelse af bekæmpelsesbehov og herbiciddosering ved at registrere og kortlægge samtlige ukrudtsplanter i en mark. Alle nuværende sprøjtetyper kan anvendes. Det mest simple system består i at tænde/slukke for enkeltdyser, bomafsnit eller hele sprøjtebommen. Andre systemer kombinerer dette med en trykregulering, som giver mulighed for at variere doseringen. Doseringsintervallet for disse systemer er begrænset, idet sprøjtekvaliteten påvirkes. Den teknisk set bedste løsning vil være at anvende systemer, som er i stand til at opretholde en god sprøjtekvalitet ved dosering over det fulde interval, f.eks. pulserende dyser og injektionsdyser. Modelanalyser viser, at et "tænd/sluk" dysesystem baseret på en skadetærskelalgoritme kan medføre opformering af ukrudt, men denne ulempe reduceres med aftagende arbejdsbredde for behandlingsenheden. Flere sprøjtefabrikanter har

eller er ved at udvikle sprøjter, der styres ud fra et behandlingskort ved hjælp af GPS og computer.

Tabel 1. Positionsbestemt ukrudtsbekæmpelse baseret på kortlægning af ukrudt og efterfølgende bekæmpelse ud fra et behandlingskort (kortmetoden) eller samtidig registrering og sprøjtning af ukrudt (real time metoden). Site specific weed control based on weed mapping and map based spatial variable treatment (the map concept), and simultaneously weed measurement and weed control (the real time concept).

	Kortmetoden	**Real time metoden**
Registrerings-metoder	• Manuel eller automatisk (computervision) registrering i grid før behandling	• Automatisk registrering med optiske sensorer eller computervision (max. 0,5 m x 0,5 m)
Registreringsenhed	• "Punkter" på f.eks. 0,5 m x 0,5 m	• Felter, der afhænger af billedkvalitet og som svarer til behandlingsenheden, f.eks. bredden på dysefanen eller rækkeafstand
GPS	• Positionering af data og data fra behandlinger	• Positionering af data fra behandlinger
Billedbehandling	• Manuel eller automatisk identifikation af arter og bestemmelse af plantetal ved hjælp af billedbehandling	• Automatisk identifikation af vegetation eller arter og plantetal ved hjælp af billedbehandling
Geografisk bearbejdning af registreringer	• Interpolation mellem registreringsenheder • Data lagres til eventuel evaluering af behandling	• Data lagres til eventuel evaluering af behandling
Beslutnings-algoritmer og – støtte	• Valg og optimering af herbicider eller kombinationer af herbicider kan baseres på modelberegninger for alle muligheder for hele marken. • Landmandens eller konsulentens erfaring eller præferencer kan integreres.	• Valg af pesticid(er) skal fortages forud for overkørsel. • Skadetærskelprincippet er velegnet som beslutningsalgoritme eller en simpel tæthedsreguleret doseringsalgoritme
Behandlings-enheder	• Enheder der f.eks. er defineret ved bredden på en bomsektion	• Enheder der f.eks. er defineret ved bredden på en dysefane
Sprøjteteknik	• Primært trykreguleret, pulserende dyser eller injektionssystemer	• Primært "tænd/sluk" systemet og pulserende dyser
Datalogning	• Den udførte behandling	• Den udførte behandling
Primære anvendelses-områder	• Ukrudtsbekæmpelse i konkurrencestærke afgrøder, f.eks. korn og raps	• Bekæmpelse af ukrudt på befæstede arealer, jernbaner og pletsprøjtning mellem rækker i rækkeafgrøder
Videre udvikling	• Integration af historiske kort samt sensor og computervision til real time justering af en forudbestemt dosering/behandling, f.eks. justering af dosering efter afgrødetæthed	• Udvikling af højteknologiske sprøjteteknik (punktsprøjtning) og avancerede autonome maskiner udstyret med ikke-kemiske bekæmpelsesmetoder, f.eks. laser og on-board beslutningsalgoritmer

Med real time registrering og sprøjtning bør registreringsfeltet svare til behandlingsfeltet, da man ikke har mulighed for at interpolere mellem naboregistreringer. Trykregulerede dosering på konventionelle sprøjter eller de nuværende injektionssprøjter kan ikke operere med meget små behandlings- og beslutningsenheder på f.eks. 0.5 m x 0.5 m og er derfor ikke egnet til real time metoden. Derimod er "tænd/sluk" systemet eller pulserende dyser egnet til real time metoden, da dyserne kan styres individuelt ud fra en simpel beslutningsmodel.

Som det fremgår af tabel 1, anvendes kortlægningskonceptet primært i konkurrencestærke afgrøder. Real time konceptet anvendes primært på befæstede arealer, banearealer eller mellem rækkerne i rækkeafgrøder.

Kortlægningsmetoder

Der findes forskellige metoder til kortlægning af ukrudt. Den mest udbredte metode er optælling af ukrudt i et net af punkter, der samtidig positioneres med DGPS. Metoden er arbejdskrævende, og man må regne med at skulle bruge ca. 1,5 – 2 mandtimer pr. ha, hvis man tæller i et net på 24 m x 24 m. Denne netstørrelse har vist sig at være tilstrækkelig til at lave behandlingskort til tokimbladede ukrudtsarter.

Da manuel optælling kan være vanskelig at finansiere på den enkelte bedrift, arbejdes der både på DJF Flakkebjerg og ved flere udenlandske forskningsinstitutioner på at udvikle mere rationelle metoder. Ved at kombinere tidligere års ukrudtskort, jordbundskort, driftslederens kendskab til ukrudtsproblemer i marken og en visuel eller automatisk registrering af ukrudtsmængden er det muligt at nedsætte arbejdsbyrden betydeligt. I England og Australien har man opnået gode resultater med kortlægning af ukrudtsarter, med en visuel bestemmelse fra en platform, når de er synlige over afgrøden (Rew *et al.*, 1996). Andre undersøgelser har vist, at blomstrende ukrudtsarter eller en tæt bestand af ukrudt kan kortlægges med flybilleder taget midt på sommeren (Brown *et al.*, 1994).

Beslutningsmodeller

Den simpleste beslutningsmodel anvender skadetærskelprincippet, hvor den økonomiske skadetærskel er defineret som det plantetal af ukrudt, hvor bekæmpelse netop er rentabel. Er plantetallet lavere end skadetærsklen, foretages der ikke bekæmpelse. Christensen *et al.* (1998) sammenlignede skadetærskelprincippet med 2 andre beslutningsmodeller. Den ene er PC-Planteværn, der kun i begrænset omfang justerer doseringen til det aktuelle plantetal af ukrudt. Den anden model DAPS er udviklet til at finde den økonomisk optimale dosering ud fra parametre for herbicideffekt, plantetallet og ukrudtsarternes konkurrenceevne. Sammenligningerne viste, at riskoen for over- eller underbehandling i mark med stor variation i forekomst af agerrævehale var mindst med DAPS. Udenlandske forsøg har ligeledes vist, at det er vigtig at optimere bekæmpelsen efter riskoen for opformering af ukrudt (Wiles *et al.*, 1996).

Forsøg og resultater

I tabel 2 er vist et sammendrag af forsøg og resultater med positionsbestemt ukrudtsbekæmpelse. De fleste forsøg er gennemført i kornafgrøder og med et "tænd/sluk"

system af dyserne og en skadetærskelmodel. Der er opnået betydelige herbicidreduktioner i alle forsøg. De største reduktioner er opnået i marker med en eller få aggressive ukrudtsarter i afgrænsede pletter med et "tænd/sluk" sprøjtesystemet (Nordmeyer *et al.*, 1996; Mortensen *et al.*, 1995). I marker med flere arter og en stor variation i artsforekomst og –sammensætning har forsøg vist, at det er muligt at reducere herbicidforbruget med min. 30% og max. 75% (tabel 2). Resultaterne viser således, at det er muligt at opnå en betydelig herbicidreduktion og dermed et mindre behandlingsindeks. I de fleste forsøg har der været anvendt samme herbicid eller tankblanding med fast blandingsforhold i hele marken. Walter *et al.* (2000) fandt, at dette ikke var en optimal løsning i 98% af marken, eftersom artssammensætningen varierede betydeligt inden for marken. Injektionssprøjter gør det muligt at variere både dosering, herbicidvalg og blandingsforhold inden for marken.

Tabel 2. Resultater med positionsbestemt ukrudtsbekæmpelse. Herbicide saving with spatial variable application of herbicide.

Afgrøde	Forsøgsdesign	Beslutningsstøtte	Herbicidreduktion	Reference
Vårbyg	Fuldstændig blokforsøg	DAPS	59%	Heisel *et al.* (1997a)
Vårbyg	Modelsimulering	DAPS	53%	Christensen *et al.* (1996)
Vårbyg	Markskalaforsøg	DAPS	54%	Heisel *et al.* (1999)
Vinterhvede	Markskalaforsøg	Tænd/sluk baseret på skadetærskelprincippet	40-50 %	Gerhards *et al.* (1995)
Vinterhvede	Markskalaforsøg	Tænd/sluk baseret på skadetærskelprincippet (kun tidsler)	0-89%	Nordmeyer *et al.* (1996)
Vinterhvede	Modelsimulering	Tænd/sluk baseret på skadetærskelprincippet	9-32%	Rew *et al.* (1996)
Vinterhvede	Markskalaforsøg	Normal og halv dosering baseret på skadetærskelprincippet	Ca. 21 %	Gerhards *et al.* (1997b)
Vårbyg	Markskalaforsøg	DAPS	66 – 75%	Heisel *et al.* (1997b)
Vårbyg	Modelanalyse	DAPS	• DAPS 19%> PCP • DAPS 29%>skade-tærskelprincippet	Christensen *et al.* (1998)
Vårbyg	Markskalaforsøg	DAPS - Injektionssprøjte	32 %	Walter *et al.* (2000)
1. Vinterhvede 2. Majs og sukkerroer	Markskalaforsøg	1. Tænd/sluk 2. Doseringsniveau baseret på plante-bestand	1. 54-70% 2. 25%	Gerhards *et al.* (1999)
Majs og sojabønner	Modelsimulering	Tænd/sluk	30-72%	Johnson *et al.* (1995)
Majs	Modelsimulering med 12 gårde	Tænd/sluk baseret på skadetærskelprincippet	• Tokimbladede 71% • Græsukrudt 94%	Mortensen *et al.* (1995)
Majs	Modelsimulering	Tænd/sluk baseret på skadetærskelprincippet	40 %	Brown & Steckler (1995)
Majs	Markskalaforsøg	Tænd/sluk baseret på skadetærskelprincippet	12-51 %	Williams *et al.* (1998)

Udbredelsen af positionsbestemt ukrudtsbekæmpelse i praksis er endnu begrænset primært på grund af, at der endnu ikke findes rationelle og billige registreringsmetoder. I markskalaforsøg udført af Køge Ringsted Landboforening i samarbejde med Giesegård og Juellund Landbrug har man forsøgt at inddeling en mark i 8 bekæmpelseszoner (Faurholt, 1999). I hver zone blev ukrudtet registreret i 2 punkter, og der blev truffet beslutning om herbicid og dosering i hvert punkt. Herved opnåede man, at den manuelle registrering og beslutning havde et omfang, der kunne betales af besparelsen i kemikalieforbruget. Marken blev behandlet i zoner med en Hardi sprøjte monteret med et Raven injektionssystem. Desværre var det ikke muligt at bestemme effekt på ukrudt eller merudbytte i forsøget, så det var ikke muligt at konkludere, om inddeling i zoner eller de valgte herbicider eller doseringer gav tilfredsstillende resultatet.

Nuværende teknologi

Positionering og navigering

Med det mest simple system positioneres eller navigeres ud fra køresporene og traktorens hjulomdrejninger. Når sprøjtesporene kan ses, opmåles marken ved at gennemkøre sprøjtesporene og angive, hvilket sprøjtespor man kører i. Systemet kan på baggrund heraf lave et kort over marken. Når der skal gødes eller sprøjtes efter et behandlingskort, angives nummeret på sprøjtesporet, så beregner systemet selv positionen. Fordelen ved systemet er, at det er teknisk simpelt, men ulempen er, at marken først skal gennemkøres, samt at det ikke kan anvendes i forbindelse med jordbearbejdning eller høst.

Det mest udbredte positioneringssystem p.t. er GPS (Global Positioning System), der udregner positionen ud fra signaler fra et system af satellitter ved hjælp af en GPS modtager (Guul-Simonsen *et al.*, 1999). Nøjagtigheden i positioneringen er fra 30 m til 100 m afhængig af kvalitet og pris på GPS modtageren. Der er udviklet metoder, der korrigerer signalerne ved hjælp af et jordbaseret netværk af referencestationer. Metoderne går under betegnelsen DGPS (Differential Global Positioning System) og har en sikkerhed på målingerne på 0,5 – 10 m igen afhængig af kvalitet og pris på GPS modtageren og ekstraudstyr til en modtager af korrektionssignaler. I Danmark er det mest anvendte system SPOT-FM og NAV-DK.

Til navigering af mobile enheder på landjorden med stor nøjagtighed (< 2 cm) findes der p.t. 2 systemer. Den ene er en prototype med et lasersystem, der består af en centralt placeret laser, et system af spejle placeret i marken samt et modtagerapparat på traktoren, der beregner positionen. Lasersystemer er mere præcis end DGPS. Ulempen ved lasersystemet er, at der skal være direkte sigt fra lasere til maskine, det vil sige, at der skal opstilles mange spejle, hvis systemet skal fungere i en kuperet mark. Det andet system, der bl.a. har været anvendt på maskinerne ved bygning af Østbroen mellem Danmark og Sverige, er DGPS system kombineret med en meget avanceret transmission og korrektion af signaler med stor hastighed (Real Time Kinematics – RTK).

Sensorer og computervision

Der findes flere typer af systemer til at måle eller filme afgrøde og ukrudt. Det mest simple system er sensorsystemet, der måler mængden i det reflekterede lys fra planter og jord ved

hjælp af simple sensorer. Grønne planter reflekterer synligt og infrarødt lys. Forskellen mellem det synlige og infrarøde lys er anderledes for grønne planter end for jord og sten. Systemet har bl.a. været brugt til at undersøge, om man kan kende ukrudtsarter på bladenes refleksion af lys. Resultaterne viser, at når planterne er grønne, er det meget vanskeligt at måle forskelle imellem arter. Derimod er der betydelig forskel på ukrudtsarternes farver ved blomstring.

Sensorsystemet er mest velegnet til at bestemme mængden af grøn vegetation og kan f.eks. anvendes til at finde ukrudt i stubmarker. Da sensorsystemet er simpelt og samtidig forholdsvis billigt, er det indtil videre det eneste system, der anvendes på sprøjter i praksis.

Et andet system er baseret på digitale billeder. På kimblad- eller 2-4 løvbladstadiet er bladform og -størrelse specifikke for de fleste ukrudtsarter. Automatisk identifikation af ukrudtsarter ved hjælp af billedbehandling anvender derfor matematiske modeller til at beskrive form og størrelse af en plante på et digitalt billede (Woebbecke *et al.*, 1995; Andreasen *et al.*, 1997; Gerhards *et al.*, 1998). Beskrivelsen består af en række parametre, der sammenlignes med form- og størrelsesparametre bestemt på et udvalg af repræsentative planter for de vigtigste ukrudtsarter. Ikke alle arter kan identificeres ud fra form og størrelse, f.eks. er stængelbehåring eller farvemønstre på undersiden af bladene afgørende karakteristika for nogle arter. Disse karakteristika kan ikke beskrives med billederne taget lodret i f.eks. 1 m's højde. Endvidere har plantetallet stor betydning for identifikation af arter, idet det er meget vanskeligt at identificere arter, når planternes blade overlappede hinanden.

De fleste billedbehandlingsmetoder til identifikation af ukrudtsarter kræver flere sekunder til analyse af et billede, og det er for lang tid til praksis. Ved Bonn Universitet er man nået ned på mindre end 1 sekund pr. billede, det vil sige at man med en hastighed på 7.2 km t^{-1} kan nå at analysere et billede for hver 2 m.

Positionsstyret sprøjtesystemer

Der findes p.t. sensorstyrede sprøjtesystemer, der kan finde og målrettet sprøjte grøn vegetation (Felton & McCloy, 1992). Disse systemer anvendes primært til totalbekæmpelse af vegetation på befæstede arealer (Slaughter *et al.*, 1999) i stubmarker eller ukrudt mellem rækker i sojabønner og majs. Ved hver dyse er der placeret en sensor, der åbner for dysen, når den passerer grøn vegetation.

Anvendes sprøjtekort til at variere og styre sprøjtningen, skal der først udarbejdes et kort, der overføres til traktorterminalen, f.eks. FieldStar, Claas ACT eller Rinex. Traktorterminalen sender så kommandoerne til sprøjtecomputeren, f.eks. en Hardi Pilot 3880. Terminalen modtager GPS signaler og ved derfor, hvor på kortet sprøjten befinder sig. På sprøjtekortet aflæses den tildelte dosering på det aktuelle sted på marken. Denne dosering overføres via et serielt kabel til sprøjtecomputeren.

Den simpleste måde at regulere doseringen på under kørsel er ved trykregulering. Da afsætningen af sprøjtevæsken på planter afhænger af tryk, kan doseringen kun varieres inden for et begrænset interval (maks. +/- 30%), med mindre man ændrer på fremkørselshastigheden.

Et andet sprøjtesystem til positionsbestemt ukrudtsbekæmpelse er en sprøjte med

pulserende dyser, hvor hver dyse åbnes/slukkes med f.eks. 10 Hz, det vil sige 10 gange pr. sekund (Giles *et al.*, 1999). Væskemængden kan ændres ved pulsering uafhængigt af tryk, det vil sige, at doseringen kan varieres, uden at det påvirker dråbestørrelsesfordelingen. Omvendt kan dråbestørrelsesfordelingen varieres uafhængigt af væskemængde, f.eks. kan man ændre til store dråber langs vandløb for at undgå afdrift og samtidig opretholde en bestemt væskemængde.

Et tredje sprøjtesystem til positionsbestemt ukrudtsbekæmpelse er injektionssystemet, hvor flere pesticider bliver tilsat vandet enten på sugesiden eller på tryksiden lige før sektionsventilerne, det vil sige, at pesticidet ikke blandes i tanken. En anden fordel ved injektionsprincippet er, at man kan skifte eller anvende flere pesticider på en gang. De nuværende injektionssprøjter har 3-5 separate pumper med hver sin kemikaliebeholder. De fleste injektionssprøjter opererer på hele bommen, det vil sige, at man ikke kan variere på valg af herbicid, blandingsforhold eller dosering inden for bommen. Der findes dog et engelsk system, hvor man kan variere mellem bomsektioner på 2 m (Paice *et al.*, 1995).

Et væsentligt problem med injektionssprøjter er den forholdsvis lange responstid på ændringer på grund af afstanden fra pumpen og ud til de enkelte dyser. For et injektionssystem på tryksiden går der typisk ca. 40 m med normal hastighed og 250 l/ha. Afstanden kan reduceres ved at øge vandmængden. Responstiden er større med injektion på sugesiden, og det er endvidere vanskeligt at styre koncentrationen i tanken på grund af returløb. Injektion på tryksiden stiller imidlertid større krav til i injektionspumperne end med injektion på sugesiden. Med kortlægningsmetoden kan man tage højde for responstid.

Udviklingstendenser og perspektiver

Det er naturligvis vanskeligt at forudsige, i hvilke retninger udviklingen og udbredelsen af positionsbestemt ukrudtsbekæmpelse vil gå. Men da behovet for at reducere anvendelsen af herbicider vil præge planteproduktionen i de kommende år, må der forventes et stigende behov for nye metoder og teknik.

Forskellen på kortmetoden og real time metoden beskrevet i tabel 1 vil blive mindre i de kommende år, f.eks. er det oplagt at udvikle en metode, hvor ukrudtskort fra tidligere år anvendes som basis for bestemmelse af herbicid og dosering. Real time metoden kunne anvendes til justering af doseringen i forhold til den aktuelle afgrøde og ukrudtsbestand ved hjælp af et sensor- eller computervisionsystem samtidig med sprøjtningen.

I de kommende år forventes udviklingen af højteknologiske og intelligente sprøjter at fortsætte. Der er store miljømæssige fordele i at begrænse anvendelsen til selve ukrudtsplanten for at undgå afsætning på jordoverfladen. Real time metoden, der i en arbejdsgang identificerer og beslutter om enkeltplanter skal bekæmpes, er velegnet. P.t. findes der en prototype på en dyse, der er udviklet i USA, og som kan afsætte sprøjtevæsken præcist og målrettet (Lee *et al.* 1999). En anden mulighed er udviklingen af autonome robotter udstyret med en ikke-kemisk metode til bekæmpelse af enkeltplanter f.eks. med en laser.

Sammendrag

Forsøg med kortlægning og pletsprøjtning ud fra behandlingskort viser, at det er muligt at

reducere anvendelsen af herbicider betydeligt. Positionsbestemt ukrudtsbekæmpelse praktiseres imidlertid kun i begrænset omfang på grund af, at der endnu ikke findes rationelle metoder til registrering og kortlægning af ukrudt. Sensorstyret sprøjter findes men anvendes primært til ukrudtsbekæmpelse i stubmarker og på befæstede arealer og sporarealer.

Udbygning af viden og metoder samt udvikling af sensorer og computervision i de kommende år er derfor afgørende for udbredelsen af positionsbestemt ukrudtsbekæmpelse. Den seneste udvikling af computervision tyder på, at vi kan forvente operationelle systemer til registrering af ukrudt inden for de næste 5 år, hvis der er et marked for sådanne systemer. I forskningen vil computervision kunne anvendes til at bestemme en række afgrøde- og ukrudtsparametre, som er nødvendig for at optimere anvendelsen af herbicider. Den teknologiske udvikling vil også medvirke til, at der vil blive udviklet prototyper af f.eks. lugerobotter.

Litteratur

Andreasen C., Rudemo M. & Sevestre S. 1997. Assessment of weed density at an early stage by use of image processing. Weed Research 37(1), 5 – 14.

Brown R.B., Streckler J.P.G.A. & Anderson G.W. 1994. Remote sensing for identification of weeds in no-till corn. *Transaction of the ASAE* 37, 297-302.

Brown R.B. & Steckler J-P.G.A. 1995. Prescription maps for spatially variable herbicide application in no-till corn. *Transactions of the ASAE*, 38, 1659-1666.

Christensen S., Heisel T. & Walter A.M. 1996. Patch spraying in cereals. *Proceedings of the Second international Weed Control Congress*. 963-968.

Christensen S., Heisel T. & Paice M. 1998. Model til simulering af opformering og spredning af agerrævehale ved pletsprøjtning. 15. Danske Planteværnskonference 1998. Ukrudt, DJF-rapport nr. 2, 141-150.

Faurholt E. 1999. Positionsbestemt dyrkning. Planteavlsberetning 1999 Køge-Ringsted Landboforening, 179-182.

Felton W.L. & McCloy K R 1992. Spot spraying. Agricultural Engineering 9, 1212.

Gerhards R., Hayer R., Sökefeld M., Schulze-Lohne K., Kühbauch W., Buchner W. & Graff M. 1995. Ein Verfahren zur teilschlaggerechten Unkrautkontrolle in Winterweizen. Mitteilungen Gesundes Pflanzen Bauwissenschaften 8:172-175.

Gerhards R., Wyse-Pester D.Y., Mortensen D. & Johnson G.A. 1997a. Characterising spatial stability of weed populations using interpolated maps. Weed Science, 45. 108-119.

Gerhards R., Sökefeld M., Schulze-Lohne K., Mortensen D.A. & Kühbauch W. 1997b. Site specific weed control in Winter wheat. *Journal of Agronomy and Crop Science* 178, 219-225.

Gerhards R., Sökefeld M. & Kühbauch W. 1998. Einsatz der digitalen Bildverarbeitung bei der teilschlagspezifischen Unkrautkontrolle. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderheft* XVI, 273-278.

Gerhards R., Sökefeld M., Timmermann C., Reichart S., Kühbauch W. & Williams M.M.II 1999. Results of a four-year study on site-specific herbicide application. *Proceedings of the Second European Conference on Precision Agriculture* (ed. JV Stafford), Part 2,

689-697. *Giles D.K., Stone M.L. & Dieball K.* 1999. Distributed network system for control of spray droplet size and application rate for precision chemical application. Proceedings of the Second European Conference on Precision Agriculture (ed. JV Stafford), Part 2, 857-866.

Guul-Simonsen F., Tangen Søgaard H. & Heide Jørgensen M. 1999. Positionering og navigering i jordbrug via satelliter. DJF rapport nr. 15, markbrug, sep. 99.

Heisel T., Christensen S. & Walter M. 1997a. Validation of weed patch spraying in spring barley - preliminary trial. *Proceedings of the First European Conference on Precision Agriculture* (ed. JV Stafford), Vol. II, 879-886.

Heisel T., Christensen S. & Walter A.M. 1997b. Weed managing model for patch spraying in cereals. *Proceedings of the 3rd International Conference on Precision Agriculture* (eds. Robert P.C, Rust R.H. & Larson W.E.). Minneapolis, MN. USA., 999-1007.

Heisel T., Christensen S. & Walter A.M. 1999. Whole-field experiments with site-specific weed management. *Proceedings of the Second European Conference on Precision Agriculture* (ed. JV Stafford), Part 2, 759-768.

Johnson G.A., Mortensen D.A. & Martin A.R. 1995. A simulation of herbicide use based on weed spatial distribution. *Weed Research* 35, 197-205.

Lee W.S., Slaughter D.C. & Giles D.K. 1999. Robotic weed control system for tomatoes. *Precision Agriculture* 1:95-119.

Mortensen D.A., Johnson G.A., Wyse D.Y. & Martin A.R. 1995. Managing spatially variable weed populations. *Site-Specific Management for Agricultural Systems*, ASA-CSSA-SSSA Publications, 397-415.

Nordmeyer H., Häusler A. & Nieman P. 1996. Weed mapping as a tool for patchy control. *Proceedings of the Second International Weed Control Congress*. 125-130.

Paice M.E., Miller P.C.H. & Bodle J. 1995. An experimental machine for evaluating spatially selective herbicide application. *Journal of Agricultural Engineering Research* 60, 107-116.

Rew L.J., Cussans G.W., Mugglestone M.A. & Miller P.C.H. 1996. A technique for mapping the spatial distribution of *Elymus repens*, with estimates of the potential reduction in herbicide usage from patch spraying. *Weed Research* 36, 283-292.

Slaughter D. C., Giles D.K. & Tauzer C.J. 1999. Precision offset spray system for roadway shoulder weed control. *Journal of Transportation Engineering* 125 (4), 364-371.

Walter A.M., Heisel T. & Christensen S. 2000. Positionsbestemt ukrudtsbekæmpelse med injektionssprøjter. 17. Danske Planteværnskonference 2000.

Wiles L J., King R.P., Schweizer E.E., Lybecker D.W. & Swinton S.M. 1996. GWM: General Weed Management Model. *Agricultural Systems* 50, 355-376.

Williams M.M.II., Gerhards R., Reichart S., Mortensen D.A. & Martin A.R. 1998. Weed seedling population responses to a method of site-specific weed management. *Proceedings of the Fourth International Congress on Precision Agriculture* (eds. Robert P.C., Rust R.H., Larson W.E.). Minneapolis, MN, USA, 123 – 133.

Woebbecke D.M., Meyer G.E., Von Bergen K. & Mortensen D. 1995. Shape features for identifying young weeds using image analysis. *Transactions of ASAE* 38 (1), 271-281.

Erfaringer med positionsbestemt plantebeskyttelse i praksis

Experience in site-specific crop protection in practice

Erik Faurholt
Køge-Ringsted Landboforening
DK-4140 Borup

Jørgen Jacobsen
Giesegaard & Juellund Landbrug
DK-4100 Ringsted

Summary

A farm manager and an advisor describe their experiences in site specific crop protection in practice. They find that the technology and software work acceptably, although there is clearly a need for recognised standards for machinery and programs. New methods and crop management strategies have been tested in large-scale tramline trials.

A survey in site-specific weed control is presented. In the survey the relationship between expected yield and density of weeds was evaluated based on a low cost monitoring of weeds. Based on weed infestation at 8 positions in a field, products at super low dose rates were chosen. The site specific weed control was not carried out, as clear relationship between expected yield and density of weeds was not found. The potential economical benefit of site specific weed control is calculated based on the assumption that the strategy would be able to control the weeds properly.

Indledning

Erfaringen med positionsbestemt planteavl på Giesegaard & Juellund Landbrug er opnået siden 1987, hvor anvendelsen af udbyttemåler begyndte. Det var dog først fra 1994 der blev tilkoblet DGPS til udbyttemåleren. I 1996 gav en DGPS-styret gødningsspreder med Fieldstar-udstyr, mulighed for afprøvning af gradueret kvælstoftildeling efter simple udbytterelaterede principper. Denne afprøvning skete i samarbejde med Køge-Ringsted Landboforening (KRL), der udførte sideløbende parcelforsøg (Kjærsgaard *et al.*, 1996, 1997 & 1998).

I 1996 startede et samarbejde med Danmarks JordbrugsForskning, Flakkebjerg (DJF), Hardi og KRL omkring planteværn. Ud fra detaljerede optællinger og kortlægning af ukrudt og svampetryk blev der udarbejdet graduerede sprøjtekort. Sprøjtningen blev foretaget med DGPS-styret Hardisprøjte (Bjerre *et al.*, 1998 & Heisel *et al.*, 1998). I 1998 blev der påbygget et 5-strenget injektionssystem på Hardisprøjten. I 1999 er der indkøbt ny såmaskine, der er DGPS-forberedt.

Erfaringer med teknologi til positionsbestemt planteavl

Til planteværnsopgaverne er udstyret påvirket af at være sammensat af forskellige systemer. Der anvendes 24 meter Hardi trailersprøjte påmonteret Raven injektorsystem. Af software anvendes PatchWork Pro, AgroSat, og Fieldstar (DGPS-signal). På trods af at noget af udstyret er på prototypeniveau, har det fungeret udemærket til de udførte forsøgsopgaver. Da der ikke er tale om færdigt udviklet udstyr og software, vil det ikke være rimeligt at kommentere brugervenligheden.

Efter godt 2 års erfaringer kan det dog konstateres, at pumperne i Raven injektorsystemet doserer tilfredsstillende, både til positionsbestemte og traditionelt ensartede sprøjtninger. PatchWork Pro softwareprogrammet er p.t. det eneste tilgængelige, der kan håndtere individuel positionsbestemt dosering af flere produkter samtidig. Hardwaren er lidt gammeldags og dos-baseret men virker fint. Displayet er meget lille og kan ikke måle sig med Fieldstarskærmen. I modsætning til Fieldstar kan hardwaren dog håndtere flere produkter samtidigt.

Reaktionstiden fra en kemikaliepumpe aktiveres til den fulde dosering er opnået på den sidste dyse er utilfredsstillende lang. Det skyldes primært at systemet ikke er integreret med sprøjten. Rengøring af doseringsudstyret fungerer heller ikke tilfredsstillende, til gengæld har det ikke været nødvendigt at have kemikalier i vandtanken. Det er samtidigt erfaret, at injektorsprøjter stiller nye krav til formuleringen af planteværnsmidler. Flydende produkter er betydeligt lettere at anvende end f.eks. tabletter og pulver. Endvidere sætter samblandede og sampakkede midler begrænsninger i optimal anvendelse af enkeltmidlerne.

Erfaringer med teknologi til positionsbestemt udbyttebestemmelse

Der anvendes Dronningborg mejetærskere, hvor udbyttemåling foretages med Danavision, der er forgængeren til Fieldstar. Dette udstyr fungerer tilfredsstillende i såvel korn og industriafgrøder som i græs og kløverfrø. Engrapgræs er dog en undtagelse, ligesom der kan opstå periodiske fejlmålinger i kløver og ærter, hvis der høstes under ugunstig våde forhold. Kalibrering foregår ubesværet op mod brovægtsmåling. Hvis flere mejetærskere med udbyttemåler kører i samme mark, er det til gengæld afgørende med kørselsdiciplin og mulighed for at kalibrere mejetærskerne helt ens.

Erfaringer med software til positionsbestemt planteavl

Markedet er præget af den manglende definering af, hvad produkterne skal kunne. Udviklingen har indtil nu mest gået på at tilpasse softwaren den specifikke maskine/redskab, det skulle betjene, og opgaven der skulle løses. Generelt virker software til salgsklare produkter tilfredsstillende. Udfordringen for software de kommende år er at kunne håndtere forskellige redskaber/produkter eventuelt samtidigt. Samtidig må det være et krav, at de forskellige producenter slutter op om en fælles standard. Standarderne findes stort set men kræver selvfølgelig forsat udvikling, vedligeholdelse og opbakning fra producenter og brugere.

Udviklingen begrænses indtil videre naturligt nok også af, at antallet af enheder, der sælges og er ude i brug, endnu er stærkt begrænset. Efterhånden som softwaren til

positionsbestemt planteavl vinder indpas, vil der opstå behov for, at programmerne kan importere og eksportere data. Data skal være tilgængelige både som "behandlede" data og ikke mindst som "rådata". Som eksempel kan nævnes en sensormåling af afgrødetæthed. Resultatet af denne måling skal måske både anvendes i et specialprogram til positionsbestemt sprøjtning og i et specialprogram til positionsbestemt gødskning. Endelig kunne det også være, at der var behov for at sende sensordataene til bedriftens rådgiver til anvendelse i hans programmer. Data bør være så tilgængelige, at de f.eks. kan importeres i regneark. Skiftes der system, skulle de gamle data gerne kunne læses/konverteres, så der ikke skal startes helt forfra.

Udveksling af data på udførte jobs med markstyringsprogrammer er også et krav, da det er her lovpligtige gødnings- og sprøjteplaner håndteres. Det elektroniske markkort i markstyringsprogrammet danner basis for de arealstørrelser, der anvendes i driften og til EU-ansøgninger. Det samme elektroniske kort skulle gerne samtidigt kunne håndtere planlægning, styring og registrering af positionsbestemt planteavl. Håndtering og ikke mindst arkivering af de store mængder komplekse data er indtil videre ikke organiseret særligt godt.

Teknologi og software til positionsbestemt planteavl kan allerede nu udnyttes til at registrere og fastholde f.eks. pletbehandlinger mod snegle, lokaliteter med flyvehavre, tidselkolonier med mere. Denne type erfaringer har det tidligere taget 5-10 år at opnå på nyerhvervede arealer eller for en ny driftsleder. Drænsystemer kan registreres og let genfindes i forbindelse med reparation og vedligeholdelse. Samtidigt kan grubning tilrettelægges, så der ikke sker skade på drænrørene. Dette er eksempler på tiltag, som er lige til at gå til, hvis data er håndterbare – det kræver ikke rådgivning og/eller komplicerede modeller.

Opstarten for positionsbestemt planteavl svarer til introduktionen af traktorcomputere. Her gik udviklingen også langsomt i starten, og det var langt fra altid, at udstyret virkede som det skulle. I løbet af de sidste 10 år er udviklingen dog gået stærkt. I dag indgår traktorcomputere, som en naturlig del af hverdagen på mange bedrifter. På tilsvarende måde må det forventes, at teknologien og programmerne til positionsbestemt planteavl gennem de næste 10 år bliver en naturlig del af hverdagen.

Erfaringer med afprøvning af positionsbestemt planteavl

I samarbejde mellem Giesegaard & Juellund Landbrug og Køge-Ringsted Landboforening er teknologi og software til positionsbestemt planteavl blevet anvendt til at sammenligne forskellige metoder og dyrkningsstrategier i driftslederforsøg, hvor 24 m kørespor i hele markens længde har udgjort en parcel. Hver metode/strategi har været gentaget i 3-4 kørespor. Udbyttet i driftlederforsøgene er blevet registreret med udbyttemåler. I enkelte forsøg er udbyttet pr. kørespor også blevet registreret med forsøgsmejetærsker som kontrol på udbyttemåleren (Kjærsgaard *et al.*, 1998). Metoden med driftslederforsøg har især været anvendt til afprøvning af positionsbestemt gødskning ud fra tidligere års udbyttekort, men har også været anvendt til at sammenligne forskellige strategier til mekanisk ukrudtsbekæmpelse med kemisk ukrudtsbekæmpelse i vårbyg.

Som tidligere omtalt har Danmarks JordbrugsForskning (DJF) gennem de seneste år udført en del undersøgelser inden for positionsbestemt planteavl på Giesegaard & Juellund

Landbrug. F.eks. fandt DJF sammenhæng mellem tidligere års udbytteniveau og tætheden af ukrudtet (Heisel & Christensen, 1998). Blandt andet inspireret, heraf blev det besluttet at undersøge, om der med et begrænset tidsforbrug kunne findes sammenhæng mellem tidligere års udbyttekort og den aktuelle ukrudtsbestand. Hvis en sådan sammenhæng let kunne findes, kunne doseringen mod ukrudt fastlægges ud fra tidligere års udbyttekort og dermed begrænse antal registreringer af aktuelle ukrudtsarter og ukrudtstætheder.

Metodebeskrivelse

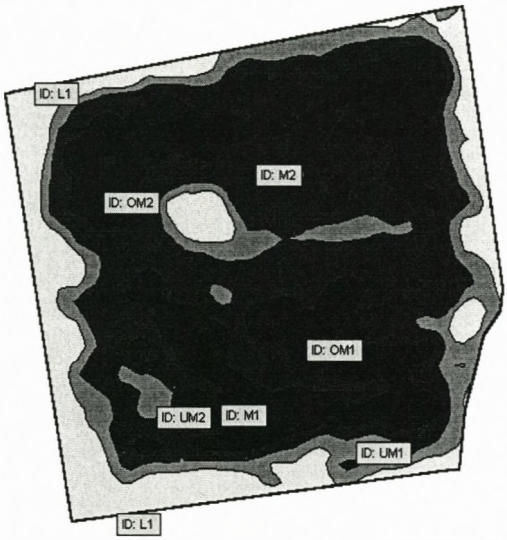
Undersøgelsen blev udført i vårbyg, hvor udgiften til kemisk ukrudtsbekæmpelse erfaringsvis er i størrelsesordnen 60-100 kr./ha. I tidligere forsøg er det fundet, at doseringen kan reduceres med 20% ved positionsbestemt ukrudtsbekæmpelse sammenlignet med ensartet ukrudtsbekæmpelse (Heisel *et al.*, 1998). Det svarer til en besparelse på ca. 15 kr./ha.

Merudgiften til positionsbestemt ukrudtsbekæmpelse måtte således højst være 15 kr./ha, hvis der skulle opnås en økonomisk nettogevinst. Der blev ikke regnet med nogen ekstraudgift til anvendelse af injektionssprøjte. De 15 kr./ha kunne således anvendes til ukrudtsregistrering og positionsbestemt middelvalg. Med en markstørrelse på 25 ha og en timeløn på 400 kr./time blev tidsbegrænsning én time for den aktuelle mark. Med 5 minutter til ukrudtsregistrering samt middel og doseringsvalg og 2½ minut til at gå fra registreringssted til registreringssted var der kun tid til 8 registreringer i marken.

Driftslederen valgte de 8 positioner i marken ud fra tidligere års udbyttekort. Der blev valgt 2 positioner inden for hvert af 4 udbytteniveauer, se figur 1. Derefter registrerede planteavlskonsulenten ukrudtsbestanden og valgte midler og dosering individuelt for hver position. Tidsbegrænsningen førte til en simpel form for registrering. Den bestod i al sin enkelhed i, at der for hver stok blev noteret observerede ukrudtsarter inden for en radius af cirka 3 meter. Specielt dominerende ukrudtsarter blev markeret specielt. Desuden blev ukrudtets størrelse registreret.

På stedet blev der valgt ukrudtsmidler og dosering baseret på "Super-Lav-Input-Planteværn" (SLIP). Det vil sige en kombination af middelvalg og dosering, der ifølge rådgiverens erfaring kunne bekæmpe den aktuelle ukrudtsbestand under optimale sprøjtebetingelser. Ukrudtsbestanden mellem de 8 registreringssteder blev ikke registreret. Tidsbegrænsning gav ikke tid til at stoppe op og notere undervejs. Men ukrudtsbestanden mellem stederne indgik dog i overvejelserne, da der skulle vælges en behandling til ensartet ukrudtsbekæmpelse af hele marken.

DJF registrerede ukrudtet detaljeret på de samme 8 positioner. DJF brugte både DAPS (Christensen *et al.*, 1996) og PC-Planteværn (Rydahl & Thonke, 1993) til at vælge midler og bestemme doseringer. DAPS er DJF's model til positionsbestemt ukrudtsbekæmpelse.



Figur 1. Udvalgte positioner til ukrudtsregistrering. Selected positions for monitoring of weeds. ***OM*= Udbytte over middel; *M*= Middel udbytte; *UM*= Udbytte under middel; *L*= Lavt udbytteniveau.** OM= Yield above average; M= Average yield; UM= Yield below average; L= Low yield.

Resultat

Der blev generelt fundet flere arter ved DJF's detaljerede registrering, se tabel 1. Det er ikke overraskende, da DJF bestemte ukrudtsbestanden noget mere omhyggeligt end ved KRL registreringen, til gengæld var der større tidsforbrug.

Ved SLIP-metoden blev der anvendt både Tribenuron-methyl (Express), Ioxynil+bromoxynil (Oxitril) og fluroxypyr (Starane). Der var kun sammenfald i middel og doseringsvalg for de 2 positioner placeret ved lavt udbytteniveau. I løsningen til ensartet behandling af marken var doseringen af Express lavere end gennemsnittet for de 8 punkter, til gengæld var doseringen af både Oxitril og Starane væsentligt højere.

DAPS anvendte Express og Starane. Metoden gav tilnærmelsesvist sammenfald i valg af middel og dosering ved henholdsvis højeste og laveste udbytteniveau. Sammenlignet med SLIP anvendte DAPS højere doseringer af Express.

PC-Planteværn anvendte Express og Oxitril. Metoden gav kun sammenfald i valg af middel og dosering ved "under middel" udbytteniveau. Sammenlignet med SLIP anvendte PC-Planteværn højere doseringer af Express. Sammenlignet med DAPS anvendte PC-Planteværn lidt højere doseringer af Express, mens der blev anvendt Oxitril i stedet for Starane.

Tabel 1. Antal ukrudtsarter og valg af midler og dosering. Number of weed species and choice of products and rates.

	Ukrudtsarter Weed species		**Midler og dosering** Products and rates		
	KRL	**DJF**	**SLIP**	**DAPS**	**PC-Planteværn**
OM1	3	6	0.25 Exp +0.1 Oxi	0.49 Exp	0.153 Exp
OM2	3	7	0.25 Exp	0.43 Exp	0.689 Exp
M1	4	8	0.5 Exp	0.61 Exp	0.909 Exp
M2	6	9	0.25 Exp +0.1 Oxi +0.2 Sta	0.24 Exp +0.26 Sta	0.512 Exp +0.256 Oxi
UM1	5	9	0.5 Exp + 0.15 Oxi	0.70 Exp	0.689 Exp
UM2	2	5	0.25 Exp	0.37 Exp	0.689 Exp
L1	3	4	0.5 Exp	0.67 Exp	0.189 Exp
L2	3	6	0.5 Exp	0.89 Exp	0.909 Exp
Gns.	***9***	***11***	***0.38 Exp +0.04 Oxi +0.03 Sta***	***0.55 Exp +0.03 Sta***	***0.592 Exp +0.032 Oxi***
Ensartet			*0.25 Exp + 0.1 Oxi + 0.15 Sta*		

OM= Udbytte over middel; **M**= Middel udbytte; **UM**= Udbytte under middel; **L**= Lavt udbytteniveau. **Exp**= Tribenuron-methyl (Express); **Oxi**= ioxynil+bromoxynil (Oxitril); **Sta**=Fluroxypyr (Starane).

Som det fremgår af tabel 1 var der ikke særlig god sammenhæng mellem udbytteniveau og ukrudtsbestand i denne mark. Sammenligningen af middel og doseringsvalg er ikke afprøvet i praksis. Det kan derfor ikke afgøres, hvilken model, der gav den bedste ukrudtseffekt.

Trods det, er der i det følgende regnet videre på ukrudtsløsningerne i tabel 1. For hver ukrudtsløsning har vi udregnet hektarpris og behandlingsindex (BI), se tabel 2. Der var kun marginale forskelle i de gennemsnitlige hektarpriser og BI. Hvis det forudsættes, at de valgte løsninger gav tilstrækkelig effekt på ukrudtet, så ville SLIP være billigst og give det laveste BI. DAPS og PC-Planteværn ville give samme hektarpris, mens DAPS ville give lavere BI end PC-Planteværn.

Tabel 2. Beregnet hektarpris og behandlingsindeks (BI). Calculated cost of treatment per hektare and treatment factor index (TFI).

	SLIP		**DAPS**		**PC-Planteværn**	
	kr./ha	BI	kr./ha	BI	kr./ha	BI
OM1	35	0.23	31	0.25	13	0.08
OM2	18	0.13	28	0.22	42	0.34
M1	32	0.25	38	0.31	54	0.45
M2	82	0.39	79	0.33	72	0.51
UM1	53	0.40	43	0.35	42	0.34
UM2	18	0.13	25	0.19	42	0.34
L1	32	0.25	41	0.34	15	0.09
L2	32	0.25	53	0.45	54	0.45
Gennemsnit	***38***	***0.25***	***42***	***0.30***	***42***	***0.33***
Ensartet	*71*	*0.35*				

BI = Behandlings Indeks. Treatment Factor Index (TFI).

Hvis det forudsættes, at de 8 positionsbestemte doseringer gav samme effekt, som den ensartede behandling, så ville der være sparet 33 kr./ha og 0.1 BI/ha. Denne besparelse skal sammenholdes med en merudgift på 15 kr./ha til mere detaljeret registrering af ukrudt. Problemet er blot, at der ***ikke*** blev fundet nogen klar sammenhæng mellem udbyttekortet fra året før og ukrudtsbestanden i indeværende år. Metoden med ukrudtsbekæmpelse ud fra tidligere års udbyttekort og få registreringer i marken kunne således ikke anvendes i denne mark.

Diskussion

I efteråret 1999 blev der registreret ukrudt i to hvedemarker på Giesegaard & Juellund Landbrug ved hjælp af KRL-SLIP metoden. Der blev ikke fundet nogen klar sammenhæng mellem sidste års udbyttekort og ukrudtsbestanden i disse marker. Metoden kunne forbedres ved at foretage flere registreringer pr. ha, men som de økonomiske beregninger viser, er den potentielle økonomiske gevinst ved at anvende metoden begrænset. Valg af middel og dosering træffes meget tidligt i afgrødens/ukrudtets udvikling. Det betyder, at det tager længere tid at registrere ukrudtet. Derfor er det svært at udføre registreringerne hurtigere end de 5 minutter, der var sat af til det i den aktuelle undersøgelse.

Udfordring til det faglige grundlag

Teknologien til positionsbestemt dyrkning giver nye udfordringer til det faglige grundlag i planteavlen. Den nuværende ensartede dyrkningspraksis baseres på, at den naturlige variation håndteres ved hjælp af gennemsnitsresultater fra mange forsøg og mange gentagelser. Den positionsbestemte dyrkningspraksis baseres derimod på, at den naturlige variation håndteres ud fra de aktuelle lokale dyrkningsfaktorer. Positionsbestemt dyrkning kan derfor ikke kun baseres på gennemsnitsresultater, men skal nærmere baseres på at forklare resultatet i den enkelte parcel udfra de aktuelle lokale dyrkningsbetingelser.

Variationen skal forklares med modeller, der kan håndtere mange dyrkningsfaktorer

Der er behov for at udvikle modeller, der kan forklare den helt lokale variation i plantevækst og udbytte. De modeller, der anvendes i dag, er udviklet til at håndtere marker som en helhed. De er udviklet til at håndtere den gennemsnitlige variation i marken. Derimod er de ikke udviklet til at give eksakte løsninger for hver enkelt kvadratmeter, hvor der ofte er betydelige vekselvirkninger mellem forskellige dyrkningsfaktorer. Optimering af input ud fra de nuværende modeller egner sig derfor højst til optimering af input i delmarker.

Kvælstofkvoter som eksempel

Som eksempel kan nævnes kvælstofkvoter, der i princippet bygger på modeller for optimal kvælstofniveau. Disse modeller er udviklet på grundlag af en lang række forsøg med stigende kvælstofmængder. Problemet er blot, at usikkerheden på det optimale kvælstofniveau er betydelig. På trods af at forfrugt og jordtype er med i modellen for f.eks. vinterhvede, så er usikkerheden på det optimale kvælstofniveu i størrelsesordnen ± 50 kg N/ha.

Skal modellen for optimalt kvælstofniveau anvendes til positionsbestemt dyrkning, kræver det, at usikkerheden i det mindste kommer ned på ±10 kg N/ha. Det vil kræve, at flere faktorer inddrages i modellerne f.eks. roddybde og jordens humus og lerindhold. Problemet er blot, at roddybde, humus og lerindhold varierer meget henover marken. Variationen i de fleste marker er så stor, at roddybde, humus og lerindhold som minimum skulle bestemmes for hver 20 x 20 meter svarende til 25 prøver pr. ha. Dette er urealistisk, indtil der udvikles udstyr, som kan registrere det ved blot at køre hen over marken.

Præcise modeller stiller krav til ny teknologi

Dette eksempel viser, at udvikling af mere præcise faglige modeller samtidigt stiller krav til yderligere teknologisk udvikling, så den nødvendige baggrundsviden til modellerne kan tilvejebringes hurtigt og billigt.

Der skal vises nettogevinst ved nye metoder

Inden modeller og udstyr tages i brug til praktisk positionsbestemt dyrkning, skal de give pålidelige resultater. Modeller og udstyr skal samtidigt afprøves i praksis for at vurdere nettogevinsten såvel økonomisk som i relation til bedriftens "grønne regnskab".

Udover afprøvning i deciderede forsøg vil det være oplagt at udnytte mulighederne for løbende erfaringsopsamling og afprøvning af modellerne på de enkelte bedrifter. Anvendelsen af positionsbestemt dyrkning, udover delmarksstadiet, må derfor afvente, at afprøvninger har vist en nettogevinst i forhold til den nuværende dyrkningspraksis.

Brug ikke halve løsninger

Rådgivere og landmænd bør ikke falde for fristelsen til at bruge halve løsninger, blot fordi teknologien giver mulighed for at lave farvestrålende kort og graduere tildelingen af pesticider og gødning. Anvendelse af halve løsninger kan illustreres med jordprøver håndteret efter gridmetoden som eksempel. Her kunne den "halve løsning" være at tage det antal jordprøver "man har råd til". Men én til to jordprøver pr. hektar udtaget i grid (punkter i et kvadratnet) er altså ikke nok til at interpolere (gætte på) værdierne andre steder end de cirka 50 kvadratmeter, hvor selve prøven er udtaget. Sat lidt på spidsen kunne de 50 kvadratmeter, f.eks. være en sandplet midt i et leret område. Indtil der er udviklet teknologi, der let og billigt kan give det antal analyser pr. mark, der kræves for at opnå pålidelige resultater med gridmetoden (ca. 100 prøver pr. mark!), er det kun fagligt og økonomisk forsvarligt at anvende delmarksmetoden.

Status på positionsbestemt planteavl på Giesegaard & Juellund Landbrug

- Afprøvning og implementering af positionsbestemt kvælstofgødskning er standset. Der afventes ny teknologi og bedre modeller.
- Afprøvning og implementering af positionsbestemt kalkning samt fosfor og kalium gødskning afventer billigere analyser og afdækning af udtagningsstrategi.

- Afprøvning af positionsbestemt ukrudts- og svampebekæmpelse fortsætter. Implementering i praksis afventer teknologi og modeller, der kan kortlægge behovet for ukrudts- og svampebekæmpelse let og billigt.

Litteratur

Bjerre K.D., Jørgensen L.N. & Secher B.J.M. 1998. Sygdomskort og positionsbestemt fungicidanvendelse. 15. Danske Planteværnskonference 1998.

Christensen S., Heisel T. & Walter A.M. 1996. Patch spraying in cereals. Proceedings of the Second International Weed Control Congress. Volume III. (Editors:) Brown H.; Cussans G.W., Devine M.D., Duke S.O., Fernandez-Quintanilla C., Helweg, A. Labrada R.E., Landes M. Kudsk P. and Streibig J.C. Copenhagen, Denmark. Department of Weed Control and Pesticide Ecology, ISBN 87-984996-1-0. 963-8.

Heisel T. & Christensen S 1998. Stedspecifik ukrudtsbekæmpelse. Forøsgsbeskrivelse og resultater Giesegaard 1998. Planteavlsberetning 1998 Køge-Ringsted Landboforening 1998.

Heisel T., Christensen S. & Walter A.M. 1998. Ukrudtskort og pletsprøjtning. 15. Danske Planteværnskonference 1998.

Kjærsgaard J.F., Svensson K., Svendsen M.N., Schou O., Faurholt E., Larsen J., Nygaard M. & Thomsen S. 1996. Afprøvning af GPS-teori. Planteavlsberetning 1997 Køge-Ringsted Landboforening.

Kjærsgaard J.F., Svensson K., Svendsen M.N., Schou O., Hansen J., Faurholt E., Larsen J., Nygaard M., Thomsen S. & Larsen S. 1997 Positionsbestemt Dyrkning (GPS). Planteavlsberetning 1997 Køge-Ringsted Landboforening.

Kjærsgaard J.F., Svensson K., Svendsen M.N., Schou O., Hansen J., Faurholt E., Larsen J., Nygaard M., Christensen L., Larsen S. & Lind M. 1998. Positionsbestemt Dyrkning (GPS). Planteavlsberetning 1998 Køge-Ringsted Landboforening.

Rydahl P. & Thonke K.E. 1993. PC-Plant Protection: Optimising chemical weed control. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin, 23, 589-594.

Positionsbestemt ukrudtsbekæmpelse med injektionssprøjter

Site-specific herbicide application using injections sprayers

Anne Mette Walter, Torben Heisel & Svend Christensen
Danmarks JordbrugsForskning
Afdeling for Plantebeskyttelse
Forskningscenter Flakkebjerg
DK-4200 Slagelse

Summary

It is not appropriate to apply the same herbicide or tank mixture with a fixed ratio of the herbicides throughout the field when the weed species composition and density vary within the field. To optimise the site-specific weed control, the choice of herbicide or mixture should be adjusted to the local conditions within the field as well as the dose rate. Injection sprayers with DGPS (Differential Global Positioning System) make it possible to vary dose rate and herbicide mixtures over continuous ranges.

The aim of this paper is to analyse the potential for varying herbicide dose rate and mixture within the field. A whole field trial was conducted using weed mapping and a decision algorithm for patch spraying (DAPS), that optimise the mixture of two herbicides economically. A sprayer from Hardi International with an injection system from Raven Industries was used for the site-specific application. The results showed that there was a potential for adjusting the herbicide mixture as well as the dose rate within the field. The weed was controlled satisfactory using DAPS and the Hardi/Raven injection sprayer.

Indledning

Udvikling af DGPS (differential global positioning system) og udbyttemålere til mejetærskere, sammenlægning af marker samt ønsket om at minimere forbruget af gødning og pesticider har øget interessen for at undersøge, hvordan jordbundsfaktorer, udbytte, sygdomme og ukrudt varierer inden for den enkelte mark, og hvordan denne variation kan udnyttes i præcisionsjordbrug.

Undersøgelser (f.eks. Marshall, 1988; Mortensen *et al.*, 1992; Nordbo *et al.*, 1995) har vist, at ukrudt ofte varierer inden for marken både med hensyn til antallet af planter og artssammensætning. Denne variation medfører, at det er muligt at nedsætte herbicidforbruget enten ved at tilpasse doseringen til ukrudtsbestanden i hver enkelt del af marken (Heisel *et al.*, 1997a, 1997b, 1999) eller ved at tænde og slukke for sprøjten alt efter, om ukrudtstrykket ligger over eller under en given skadetærskel (Gerhards *et al.*, 1995, 1999; Williams *et al.*, 1998; Mortensen *et al.*, 1995).

Både i forsøg med positionsbestemt tilpasning af dosering og med en "tænd/sluk" strategi har der været anvendt samme herbicid eller tankblanding med fast blandingsforhold i

hele marken. Når artssammensætningen varierer inden for marken, vil dette næppe være optimalt.

Udvikling af injektionssprøjter gør det teknisk muligt at tilpasse både dosering, middelvalg og blandingsforhold til hver enkelt del af marken. På en injektionssprøjte er der rent vand i hovedtanken og kemikalierne, der forefindes i ren form i mindre beholdere, injiceres løbende under kørslen. Man skal ikke foretage opblanding af kemikalier på injektionssprøjter, hvorved risikoen for spild og kontaminering mindskes. Endvidere vil mængden af overskydende sprøjtevæske i systemet være minimal efter sprøjtningen (f.eks. Nuspl *et al.*, 1996).

Danmarks JordbrugsForskning har i samarbejde med Aventis CropScience Nordic A/S, Hardi International A/S og Giesegård & Juellund Landbrug iværksat en række forsøg med det formål at undersøge potentialet for at bruge injektionssprøjter til positionsbestemt ukrudtsbekæmpelse. I denne artikel vises resultaterne fra et indledende forsøg.

Metodebeskrivelse

Forsøget blev udført i en 30,05 ha mark på Giesegård & Juellund Landbrug ved Ringsted. Marken blev tilsået med vårbyg (Optic C1) den 3. april 1999.

Ukrudtet blev optalt på artsniveau den 4. maj 1999 i et ca. 24 m x 24 m grid (kvadratnet). Et 24 m grid blev valgt, da bredden på sprøjtebommen var 24 m. Ukrudtet blev optalt i en 0,25 m^2 tællering med grid punkterne som centrum. Positionerne på grid punkterne blev registreret ved hjælp af en Trimble™ Pro XR® DGPS modtager. Da de fleste arter var på kimbladstadiet på optællingstidspunktet, blev nogle af arterne kun registreret på slægtsniveau.

Doseringskort

Ud fra viden om ukrudtsarternes konkurrenceevne, antallet af ukrudtsplanter, herbicid- og kornpriser samt herbicidernes dosis-respons parametre, blev det potentielle udbyttetab og den økonomisk optimale herbicidblanding i hvert punkt beregnet i DAPS (Decision Algorithm for Patch Spraying) (Christensen *et al.*, 1996).

Et tildelingskort (applikationskort) for hvert herbicid blev lavet ved at overføre de beregnede doseringer fra DAPS til programmet "Patchwork Office" (Tech International).

Sprøjtning

Sprøjtningen blev udført den 7. maj 1999 med Raven injektionssystem med 5 pumper/5 kemikaliebeholdere påmonteret Hardi trailersprøjte (Hardi TY 3500 L), en applikationskortlæser og en sprøjtecontroller. Der blev anvendt 250 l vand ha^{-1}, Hardi dyse 4110-20 og 3 bar ved 7,6 km t^{-1}.

Dækningsgrad og høst

Ukrudtets relative dækningsgrad (DG) før høst, det vil sige ukrudtets bladareal pr. total bladareal (ukrudt + afgrøde), blev registreret i alle gridpunkterne den 26. juli 1999. Afgrøden blev høstet den 18. august 1999, og udbyttet blev målt med et Massey Ferguson™ foldmeter.

Resultater

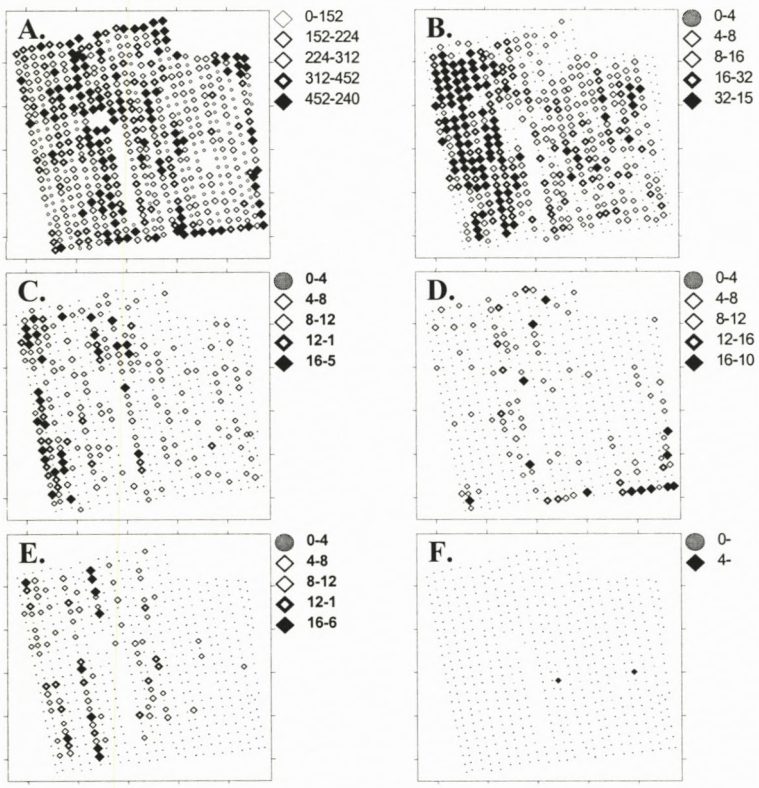
20 forskellige tokimbladede ukrudtsarter samt græs blev registreret og optalt i marken på Giesegård (tabel 1). Det totale antal ukrudtsplanter varierede fra 0 til 2468 planter m^{-2}. Hyrdetaske (*Capsella bursa-pastoris*) var den mest dominerende ukrudtsart med en gennemsnitstæthed på 329 planter m^{-2}, efterfulgt af Ager-Stedmoderblomst (*Viola arvensis*) med 15 planter m^{-2}. Gennemsnitstætheden for de resterende arter var under 10 planter m^{-2}. Variansen for alle arter var større end gennemsnittet, hvilket er karakteristisk for arter, der forekommer i pletter (Pielou, 1977).

Tabel 1. Gennemsnit, varians, minimums- og maksimumstætheder for de mest dominerende ukrudtsarter registreret den 4. maj 1999 på Giesegård. Mean density, variance, minimum and maximum densities of the most dominating weed species found on the 4th of May 1999 in the field at Giesegaard.

Ukrudtsart Weed species	**Gennemsnit (planter pr. m^2)**	**Varians (planter pr. m^2)**	**Minimum (planter pr. m^2)**	**Maksimum (planter pr. m^2)**
Hyrdetaske *Capsella bursa-pastoris*	328,9	71924	0	2400
Ager-stedmoderblomst *Viola arvensis*	14,52	425,4	0	156
Græs ukrudt Monocotyledons	7,70	900,6	0	300
Alm. Fuglegræs *Stellaria media*	2,94	33,7	0	52
Kamille *Matricaria* spp.	1,78	50,4	0	108
Mark Forglemmigej *Myosotis arvensis*	1,45	22,5	0	60
Vej pileurt *Polygonum aviculare*	0,68	7,39	0	44
Ærenpris *Veronica* spp.	0,36	2,14	0	16
Agersennep *Sinapis arvensis*	0,22	1,88	0	20
Tvetand *Lamium* spp.	0,15	0,88	0	12
Raps *Brassica napus*	0,13	0,58	0	4
Snerle pileurt *Polygonum convolvulus*	0,04	0,23	0	8
Burresnerre *Galium aparine*	0,01	0,06	0	4
Total Total no. of weed plants	358,1	74566	0	2468

Fordelingen af Hyrdetaske, Ager-Stedmoderblomst, Alm. fuglegræs (*Stellaria media*), Kamille spp. (*Matricaria* spp.), Mark-Forglemmigej (*Myosotis arvensis*) og Burresnerre

(*Galium aparine)* ses i figur 1. Hyrdetaske blev fundet i 99.6% af grid punkterne, hvor de højeste tætheder blev fundet i randen af marken, samt i en stribe midt i marken (figur 1A). På kortene i figur 1 ses det, at der er uregelmæssigheder i optællingsgriddet, dette skyldes dels 2 vandhuller i marken og dels manglende radiokorrektions- og satellitsignal på registreringstidspunktet.



Figur 1. Kort over antal ukrudtsplanter m^{-2}. A. Hyrdetaske, B. Ager-Stedmoderblomst, C. Alm. Fuglegræs, D. Kamille spp., E. Mark-Forglemmigej og F. Burresnerre. Maps of weed species density m^{-2}. A. *Capsella bursa-pastoris*, B. *Viola arvensis*, C. *Stellaria media*, D. *Matricaria* spp., E. *Myosotis arvensis* and F. *Galium aparine*.

De højeste tætheder af Ager-Stedmoderblomst blev fundet i den vestlige del af marken (figur 1B), hvor også Alm. fuglegræs var mest dominerende (figur 1C). Burresnerre blev kun fundet i 2 grid punkter (figur 1F). Det totale antal ukrudtsplanter var størst i den vestlige del, helt domineret af Hyrdetaske.

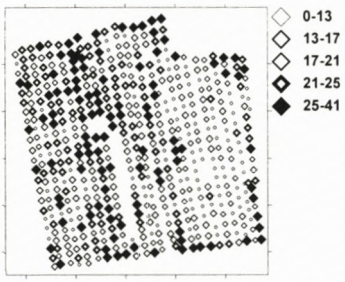
For at undersøge arternes indbyrdes placering i marken blev Pearsons korrelationskoefficient mellem arternes tæthed beregnet. Signifikante positive og negative korrelationer er angivet i tabel 2. Antallet af Ager-Stedmoderblomst var positivt korreleret

med antallet af Alm. Fuglegræs og Mark-forglemmigej men negativt korreleret med Kamille spp. Hyrdetaske var positivt korreleret med Kamille spp. og græs men negativt korreleret med Alm. fuglegræs.

Tabel 2. Signifikante (P<0,05) korrelations koefficienter mellem ukrudtsarter registreret i marken den 4. maj 1999. Significant (P<0.05) correlation coefficients between weed species densities sampled the 4th of May 1999.

Ukrudtsart Weed species	**Positiv korrelation (P<0,05)** Positive correlation (P<0.05)	**Negativ korrelation (P<0,05)** Negative correlation (P<0.05)
Ager-Sennep *Sinapis arvensis*	Ager-Tidsel	
Ager-Stedmoderblomst *Viola arvensis*	Mark Forglemmigej Alm. Fuglegræs Korn Valmue	Kamille spp.
Ager tidsel *Cirsium arvensis*	Agersennep	
Alm. Fuglegræs *Stellaria media*	Mark-Forglemmigej Ager-Stedmoderblomst Tvetand spp. Korn Valmue	Hyrdetaske
Græs Monocotyledons	Mark-Forglemmigej Hyrdetaske Kamille spp.	
Hyrdetaske *Capsella bursa-pastoris*	Kamille spp. Græs	Alm. fuglegræs
Kamille spp. *Matricaria* spp.	Græs Hyrdetaske	Ager-Stedmoderblomst
Mark-Forglemmigej *Myosotis arvensis*	Alm. Fuglegræs Græs Ager-Stedmoderblomst	
Tvetand spp. *Lamium* spp.	Alm. Fuglegræs Ærenpris spp.	
Ærenpris spp. *Veronica* spp.	Tvetand spp.	

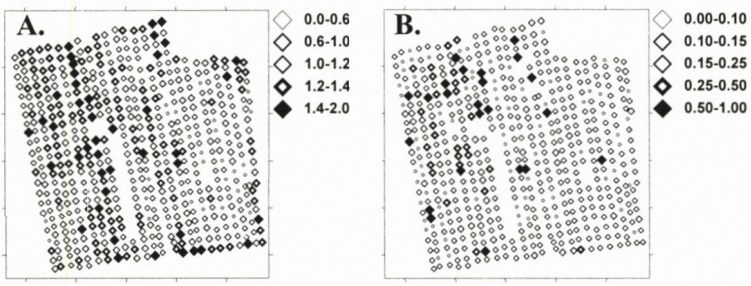
Ud fra viden om ukrudtsarternes konkurrenceevne beregner DAPS det potentielle udbyttetab forårsaget af ukrudt (figur 2). I størstedelen af punkterne i randen af marken, samt i den vestlige del er udbyttetabet mellem 17 og 40%.



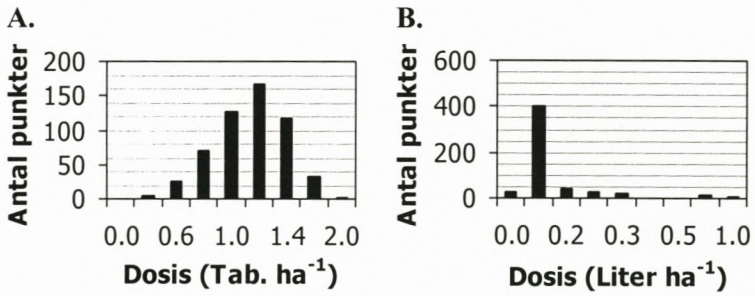
Figur 2. Potentielt udbyttetab (%) beregnet af DAPS. Potential yieldloss (%) calculated by DAPS.

Doseringskort

Herbiciderne Tribenuron-methyl (500 g/kg, Express) og Ioxynil (200 g/l) + Bromoxynil (200 g/l) (Oxitril) blev valgt ud fra kendskabet til ukrudtsarternes gennemsnitstæthed i marken. Den økonomisk optimale blanding af Tribenuron-methyl og Ioxynil+Bromoxynil blev derefter beregnet i hvert punkt. Doseringskort for de to herbicider er vist i figur 3. Doseringen af Tribenuron-methyl var generelt højest i de områder af marken, hvor ukrudtstrykket var højest, det vil sige i den vestlige del af marken samt langs randen. Doseringen af Ioxynil+Bromoxynil var højest i områderne med højt antal Ager-Stedmoderblomst og i de 2 punkter, hvor Burresnerre blev registreret. Fordelingen af doseringerne er vist i figur 4A og 4B. Doseringen af Tribenuron-methyl varierede fra 0 til 2 tabletter/ha med et gennemsnit på 1,05 tab./ha. Ioxynil+Bromoxynil varierede fra 0 til 1 l/ha med et gennemsnit på 0,16 l/ha. I 26 af punkterne var det økonomisk optimalt at bruge ren Tribenuron-methyl. I de øvrige punkter varierede blandingsforholdet mellem Tribenuron-methyl:Ioxynil+Bromoxynil fra 0,58 til 19,7 med et gennemsnit på 6,6.



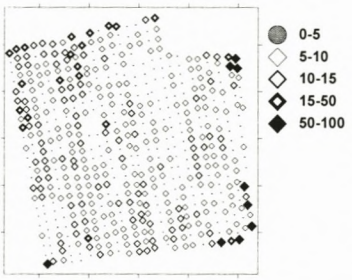
Figur 3. Økonomisk optimal dosering beregnet i DAPS. A. Tribenuron-methyl (tabletter ha^{-1}) og B. Ioxynil+Bromoxynil (liter ha^{-1}). Economical optimal dose calculated by DAPS. A. Tribenuron-methyl (tablets ha^{-1}) and B. Ioxynil+Bromoxynil (litre ha^{-1}).



Figur 4. Histogram for beregnet dosering af A. Tribenuron-methyl og B. Ioxynil+Bromoxynil. Histrogram for calculated dose of A. Tribenuron-methyl and B. Ioxynil+Bromoxynil.

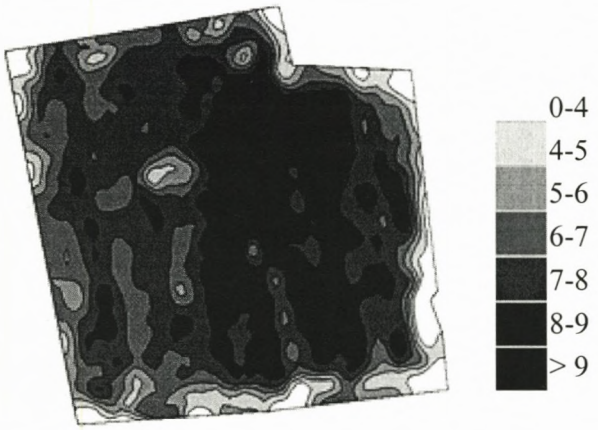
Dækningsgrad før høst og udbytte

I figur 5 ses ukrudtets relative dækningsgrad (DG) før høst. DG varierede fra 0 til 100%, med et gennemsnit på 6,4%. I 77% af punkterne var DG ≤ 10. Generelt var DG højest i randen af marken, samt i områder med høj ukrudtstæthed før bekæmpelse.



Figur 5. Ukrudtets relative dækningsgrad før høst (%). Relative weed coverage before harvest (%).

Udbyttekortet fra marken ses i figur 6. Udbyttet er generelt lavest i randen, de højeste udbytter er blev høstet i højre side af marken.



Figur 6. Udbyttekort – vårbyg (t ha^{-1}) høstet den 18. august 1999. Yieldmap – spring barley (t ha^{-1}) harvested the 18th of August 1999.

Diskussion

Resultaterne viser, at der både er behov for at tilpasse dosering og blandingsforhold til forholdene i de enkelte dele af marken for at opnå en økonomisk optimal ukrudtsbekæmpelse. Dette skyldes, at både ukrudtstæthed og artssammensætning varierer inden for marken. Størstedelen af de punkter, hvori der er registreret en høj dækningsgrad af ukrudt før høst, ligger i randen af marken eller i forpløjningen (figur 5). På udbyttekortet ses det, at udbyttet generelt er lavt i disse områder (figur 6). Dette skyldes dels, at der har været mere ukrudt, og dels at betingelserne for plantevækst er dårligere i disse områder. Dette har betydet, at afgrøden er mindre konkurrencedygtig her end inde i marken. Da DAPS er baseret på konkurrenceforholdet mellem afgrøde og ukrudt, vil det være en forbedring af algoritmen, hvis der tages højde for variationen i afgrødetæthed fremfor at anslå, at afgrøden er ensartet i hele marken.

I dette forsøg har herbicidforbruget været 31,5% mindre, end hvis normaldoseringen (1 tablet Tribenuron-methyl ha^{-1} + 0,5 l Ioxynil+Bromoxynil ha^{-1}) havde været brugt i hele marken. Denne reduktion er mindre end i tidligere forsøg med positionsbestemt ukrudtsbekæmpelse, hvor herbicidforbruget er blevet reduceret fra 54% i vårbyg (Heisel *et al.*, 1999) til 75% i vinterbyg (Heisel *et al.*, 1997b) ved at tilpasse doseringen til de lokale forhold. Men når doseringen tilpasses nøjagtigt til behovet for ukrudtsbekæmpelse i hver enkelt del af marken, bliver doseringen høj de steder i marken hvor ukrudtstrykket er højt, som det er set flere steder i dette forsøg. I følge beregningerne i DAPS ville det potentielle udbyttetab have været 25-40% i en femtedel af marken, hvis ukrudtet ikke var blevet bekæmpet. Hvis der havde været mulighed for at bruge flere end to forskellige herbicider i dette forsøg, ville det sandsynligvis have været muligt at reducere herbicidforbruget yderligere. F.eks. blev doseringen beregnet til henholdsvis 0.62 tab. Tribenuron-methyl ha^{-1} +

0.68 l Ioxynil+Bromoxynil ha^{-1} og 0.56 tab. Tribenuron-methyl ha^{-1} + 0.68 l Ioxynil+Bromoxynil ha^{-1} i de to gridpunkter, hvor der blev fundet Burresnerre. At doseringen er blevet så høj i disse punkter skyldes, at ingen af midlerne er velegnet til at bekæmpe Burresnerre. Havde der derimod været mulighed for at have f.eks. Fluroxypyr i en beholder på sprøjten, kunne man nøjes med en betydelig lavere dosering. På den sprøjte, der blev anvendt i forsøget, er der mulighed for at medbringe 5 forskellige herbicider, da der er 5 beholdere, men på nuværende tidspunkt kan DAPS kun optimere en blanding af 2 herbicider.

Resultaterne viser, at det kun ville være økonomisk optimalt at bruge det anerkendte blandingsforhold af Tribeuron-methyl:Ioxynil+Bromoxynil (blandingsforhold 2) i 2% af punkterne. I de resterende punkter ville det enten være optimalt at benytte ren Tribenuron-methyl eller en blanding af de to herbicider varierende fra 0,58 til 19,7. En sådan variation i blandingsforhold vil kun være mulig at imødekomme ved brug af en injektionssprøjte.

I dette forsøg er kortlægning af ukrudt foretaget ved manuelle optællinger, hvilket er tidskrævende og derfor ikke rentabelt i praksis. At opnå det fulde udbytte af en injektionssprøjte kræver et detaljeret kendskab til artssammensætning og –tæthed i marken. På nuværende tidspunkt må dette ske ved rationelle kortlægningsmetoder (f.eks. Heisel *et al.*, 1998) og i fremtiden med automatiske registreringsmetoder (Christensen *et al.*, 2000).
Injektionssystemer og – sprøjter er under stadig udvikling, og på nuværende tidspunkt er der en række "børnesygdomme", som bør kureres. I det anvendte system er kemikaliebeholderne vanskelige at rengøre. Dette medfører en risiko for både kemikaliespild og kontaminering, hvilket der netop ikke burde være ved en injektionssprøjte. Endvidere er "reaktionsafstanden" ca. 50 m ved 250 l ha^{-1}. Denne afstand er for lang, men systemet er p.t. det hurtigste på markedet. For at opnå det fulde udbytte af en injektionssprøjte er det nødvendigt, at aktivstoffer forefindes i ren form og ikke i færdige blandinger. Endvidere skal aktivstofferne formuleres, så de kan bruges direkte i injektionssprøjten. I dette forsøg var det nødvendigt at opløse Tribenuron-methyl tabletterne på forhånd.

Dette indledende forsøg indikerer, at fremtidens sprøjte til positionsbestemt ukrudtsbekæmpelse er en injektionssprøjte. I de kommende år vil vi lave yderligere forsøg med injektionssprøjter både i vinter- og vårafgrøder.

Sammendrag

Når antallet af ukrudtsplanter og artssammensætning varierer inden for marken, er det ikke optimalt at benytte samme dosering og herbicid eller herbicidblanding i hele marken. Injektionssprøjter med DGPS (Differential Global Positioning System) gør det muligt at tilpasse både herbicid dosering og blanding til behovet for ukrudtsbekæmpelse i de enkelte dele af marken.

Formålet med denne artikel er at analysere behovet for positionsbestemt tilpasning af herbiciddosering og -blanding. På baggrund af ukrudtskort, blev den økonomisk optimale dosering og blanding af to herbicider beregnet ved hjælp af DAPS (Decision Algorithm for Patch Spraying). Sprøjtning blev udført med en Hardi trailer sprøjte forsynet med et injektionssystem fra Raven Industries. Resultaterne viser, at der er behov for at tilpasse både dosering og blandingsforhold i de enkelte dele af marken for at opnå en økonomisk optimal

ukrudtsbekæmpelse. Der blev opnået en tilfredsstillende ukrudtsbekæmpelse ved brug af DAPS og injektionssprøjten fra Hardi International og Raven Industries.

Litteratur

Christensen S., Heisel T. & Walter A.M. 1996. Patch spraying in cereals. Proceedings of the Second International Weed Control Congress. 963-968.

Christensen S. & Jørgensen M.H. 2000. Viden og teknologi til positionsbestemt ukrudtsbekæmpelse.17. Danske Planteværnskonference.

Gerhards R., Hayer R., Sökefeld M., Schulze-Lohne K., Kühbauch W., Buchner W. & Graff M. 1995. Ein Verfahren zur teilschlaggerechten Unkrautkontrolle in Winterweizen. Mittelungen Gesundes Pflanzen Bauwissenschaften. 8. 172-175.

Gerhards R., Sökefeld M., Timmermann C., Reichart S., Kühbauch W. & Willams M.M. II. 1999. Results of a four-year study on site-specific herbicide application. Proceedings of the 2nd European Conference on Precision Agriculture. Vol. II. 689-697.

Heisel T., Christensen S. & Walter A.M. 1997a. Validation of weed patch spraying in spring barley. Proceedings of the first European Conference on Precision Agriculture. Vol. II, 879-886.

Heisel T., Christensen S. & Walter A.M. 1997b. Weed managing model for patch spraying in cereals. Proceedings of the 3rd International Conference on Precision Agriculture. 999-1007.

Heisel T., Christensen S. & Walter A.M. 1998. Ukrudtskort og pletsprøjtning. 15. Danske Planteværnskonference 1998. Sygdomme og skadedyr, DJF-rapport nr. 3, 151-160.

Heisel T., Christensen S. & Walter A.M. 1999. Whole-field experiments with site-specific weed management. Proceedings of the 2nd European Conference on Precision Agriculture. Vol. II. 759-768.

Marshall E.J.P. 1988. Field-scale estimates of grass weed populations. Weed Research, 28, 191-198.

Mortensen D.A., Johnson G.A., Wyse D.Y. & Martin A.R. 1995. Managing spatially variable weed populations. Site-Specific Management for Agricultural Systems. ASA-CSSA-SSSA Publications, 397-415.

Mortensen D.A., Johnson G.A. & Young L.J. 1992. Weed distribution in agricultural fields. Proceedings of soil specific management. ASA-CSSA-SSSA, Madison, Wisconsin, USA, 113-124.

Nordbo E., Christensen S. & Kristensen K. 1995. Teilflachen Unkrautmanagement. Zeitschift für Pflanzenkrankheit und Pflanzenschutz 102, 75-85.

Nuspl S.J., Rudolph W.W. & Guthland R. 1996. Use of injection for site-specific chemical application. Proceedings of the 3rd International Conference on Precision Agriculture. 739-744.

Williams M.M. II, Gerhards R., Reichart S., Mortensen D.A. & Martin A.R. 1998. Weed seedling population responses to a method of site-specific weed management. Proceedings of the Fourth International Congress on Precision Agriculture. 123-133.

Automatisk styring af redskaber til ukrudtsbekæmpelse i rækkeafgrøder - tekniske og biologiske aspekter

Automatic guidance of implements for weed control in row crops - technical and biological aspects

Henning T. Søgaard
Danmarks JordbrugsForskning
Afdeling for Jordbrugsteknik
Postboks 536
DK-8700 Horsens

Bo Melander
Danmarks JordbrugsForskning
Afdeling for Plantebeskyttelse
Forsøgsvej 1
DK-4200 Slagelse

Summary

Systems for automatic guidance of agricultural implements in row crops may help farmers to meet increasing environmental demands. Thus precise and reliable guidance in weed control will improve the weeding effect as well as the working capacity. Moreover, it will relieve the tractor driver and possibly improve the guidance accuracy as compared with manual guidance. Guidance systems that rely on detection of furrows or markers, established in connection with drilling, will enable weed control before the crop has emerged. Detection of crop rows can be made very efficiently by means of remote sensing – e.g. by use of optical sensors combined with digital data processing in a computer. However, the engineering research conducted on this field during recent years has not to any appreciable degree resulted in new machinery for practical farmers. On the other hand, a few companies have now started developing automatic guidance systems based on remote sensing. The systems may be available on the market in the near future.

Indledning

De stigende krav, vedrørende landbrugsproduktionens hensyntagen til den omgivende natur, har medført et øget behov for detailstyring og -registrering i produktionen. Der er således behov for at kunne foretage en individuel behandling af stadig mindre produktionsenheder. En sådan detailstyring lader sig imidlertid kun gennemføre ved anvendelse af højteknologiske løsninger.

Inden for planteavlen går udviklingen mod individualiseret behandling af stadig mindre arealenheder for derved at kunne begrænse og målrette anvendelsen af kemikalier,

plantenæringsstoffer og energi mest muligt. Der kan eksempelvis være tale om identificering og behandling af områder i en mark, hvor der er forekomster af en given ukrudtsart (Thompson *et al.*, 1992; Stafford & Miller, 1993; Stafford & Benlloch, 1997), men der kan også være tale om artsbestemmelse og bekæmpelse af individuelle ukrudtsplanter helt ned på kimbladstadium. (Franz *et al.*, 1991; Shropshire, 1991; Gerhards *et al.*, 1993). Rækker, betragtet som produktionsenheder, ligger størrelsesmæssigt midt imellem disse to eksempler. Det er dog i de fleste tilfælde ikke nødvendigt at bestemme arten af planterne i rækkerne, da det i det store hele er givet på forhånd. Fælles for identificering af ukrudtsområder, afgrøderækker og enkeltplanter er, at det oftest er en fordel at anvende optiske metoder til opgaven, hvad enten man anvender billeder eller en mere specialiseret form for optisk signatur.

Baggrunden for, at det er interessant at kunne detektere og bestemme positionen af planterækker i digitale billeder, er det ønskelige i at kunne styre et redskab automatisk. Formålet med at erstatte manuel styring af en radrenser med automatisk styring er først og fremmest at opnå større arbejdskapacitet gennem øget fremkørselshastighed og arbejdsbredde, eventuelt at spare en ekstra person til styring af radrenseren samt at reducere traktorførens arbejdsbelastning. Hvad angår styrenøjagtigheden af den automatiske styring, er det tilstrækkeligt, at den er på højde med nøjagtigheden ved manuel styring, men en forbedring vil naturligvis være en fordel.

Den type og mængde af optisk information, som kræves indsamlet, er afhængig af, hvilken anvendelse man har for det færdige resultat. Såfremt det drejer sig om genkendelse af ukrudtsplanter, er information om størrelse, form, farve og tekstur vigtig. Når det drejer sig om at finde rækker, og formålet er at styre et redskab i forhold til disse rækker, er de førnævnte faktorer normalt af underordnet interesse. Til dette formål er det i højere grad den overordnede geometri – det vil sige tilstedeværelsen af ækvidistante parallelle linier – i billedet, som er vigtig. Man kan dog udmærket tænke sig en anvendelse, hvor man også er interesseret i planternes tilstand – f.eks. med hensyn til sygdomsangreb, næringstilstand og lignende. I denne situation vil de førstnævnte faktorer kunne være interessante.

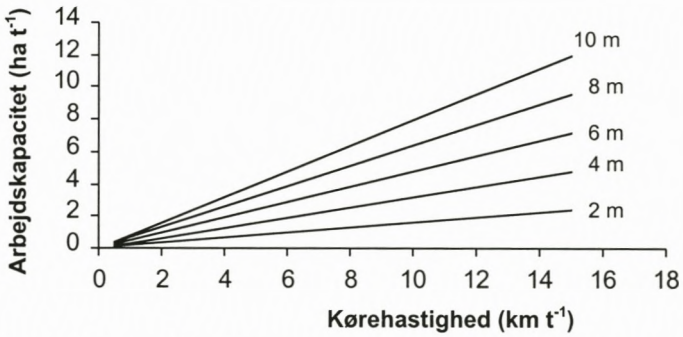
Dette indlæg har hovedvægt på detektering af og styring efter rækker med henblik på bekæmpelse af ukrudt ved hjælp af radrensning med og uden udstyr til båndsprøjtning eller mekanisk bekæmpelse i selve rækken. Hvad angår detektering af rækker, vil kun de direkte metoder blive omtalt (detektering af planter eller markeringer i marken), mens indirekte genfinding af rækker, på grundlag af registreret såposition (f.eks. ved hjælp af satellit- eller laserpositionering), ikke vil blive behandlet. I en oversigtsrapport om automatisk præcisionsstyring har Rasmussen (1996) gennemgået forskellige positioneringsprincipper.

Perspektiver for ukrudtsbekæmpelsen

Arbejdskapacitet

Bortset fra stjernehjulsradrensning (en metode som er nærmere beskrevet i Mattsson *et al.* (1990) er arbejdskapaciteten ved radrensning i rækkeafgrøder generelt lav med de nuværende styresystemer og redskabsprincipper. Grundlæggende bestemmes et redskabs arbejdskapacitet af redskabets arbejdsbredde og fremkørselshastighed (figur 1). En klar forventning/ønske til

automatiseret styring af radrensere og andre rækkekultivatorer er, at arbejdskapaciteten kan øges ved at øge kørehastigheden og redskabets samlede arbejdsbredde, idet hver sektion i sektionsopdelte redskaber sandsynligvis vil kunne styres individuelt. Ifølge Pullen & Cowell (1997) kan der endog forventes en stigende ukrudtseffekt med stigende kørehastighed op til 11 km/t ved radrensning med gåsefodslapper eller vinkelskær. For PTO-drevne redskaber (børsterensning og fræsning) falder ukrudtseffekten imidlertid med stigende kørehastighed.



Figur 1. Arbejdskapaciteten for en radrenser ved forskellige arbejdsbredder og kørehastigheder, når 20% går fra til vendinger og stop. The working capacity of a conventional hoe shown for different working widths and driving speeds when 20% of the capacity is spend on turnings and interruptions.

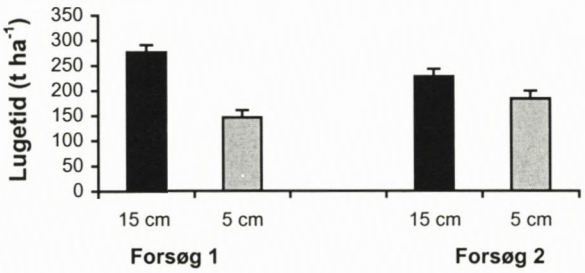
Almindelige radrensere med gåsefodslapper eller v-formede skær forhandles i dag typisk som 4-18 rækkede redskaber, hvilket svarer til 2-9 m arbejdsbredde ved en rækkeafstand på 0,5 m. Radrensning med PTO-drevne renseaggregater, eksempelvis børsterensere og fræsere, foregår med endnu mindre arbejdsbredder, maksimalt 6-rækkede svarende til en bredde på 3 m ved 0,5 m rækkeafstand.

Fremkørselshastigheden ved almindelig radrensning ligger på 3-8 km/t og 2-6 km/t for de PTO-drevne redskaber, hvor de laveste hastigheder er det mest almindelige. Hastigheden ved stjerneradrensning vil ligge omkring 10 km/t (Mattsson *et al.*, 1990; Weber, 1997). Hastigheden er selvfølgelig meget afhængig af, hvor nøjagtig styringen af redskabet skal være i forhold til den konkrete opgave. Hastigheden er især bestemt af: 1) det anvendte styresystems nøjagtighed og pålidelighed, 2) den ønskede renseafstand til rækken, 3) afgrødens udviklingstrin, 4) rækkernes længde og 5) jordens beskaffenhed (Weber, 1997).

Radrensning tættere på rækken

Radrensning tæt på rækken vil formindske bredden på det ubearbejdede bånd omkring afgrødeplanterne, som i dag typisk er 10-20 cm afhængig af kørehastigheden og den anvendte styreteknik's nøjagtighed. (Høje kørehastigheder kræver som regel god afstand ind til rækken for at undgå utilsigtede styreudsving). Desto mindre dette bånd er, desto færre ukrudtsplanter skal der fjernes ved håndlugning i forbindelse med økologisk produktion, hvor der ofte ikke

er andre muligheder for bekæmpelse i selve rækken. Dermed kan tidsforbruget til manuelt arbejde i ellers arbejdstunge afgrøder begrænses noget (figur 2). Ved konventionel dyrkning af rækkeafgrøder er et mindre ubearbejdet bånd omkring rækken også ønskeligt, fordi det begrænser ukrudtsproblemet i rækken. Eksempelvis i vinterraps, hvor en del af arealet efterhånden dyrkes på øget rækkeafstand med henblik på radrensning, og hvor ukrudtet i selve rækken ikke bekæmpes direkte udover konkurrencen fra rapsen.



Figur 2. To forsøg med ukrudtsbekæmpelse i økologiske såporrer som viser tidsforbruget til lugning af ukrudt i porrerækkerne, når radrenseren har efterladt et henholdsvis 15 cm og 5 cm bredt ubearbejdet bånd. Markørerne viser standardfejlene på middelværdierne. Two experiments with weed control in organic leeks showing the time consumption for intra-row hand-weeding when the hoe has left a 15 cm and 5 cm untilled strip, respectively. Vertical bars are standard errors of the means.

I forsøgsmæssig sammenhæng har det været muligt kun at efterlade et 5-6 cm bredt ubearbejdet bånd i gulerødder, såløg og -porrer, uden at afgrøderne har taget skadet. Styringen af redskaberne i undersøgelserne foregik ved hjælp af enten manuel styring (Ascard & Mattsson, 1994) eller et passivt styresystem, baseret på et konisk sporhjul, påmonteret radrenseren, som fulgte en optrukket jordrille (Melander & Hartvig, 1997). Sidstnævnte system fungerer udemærket på parcelniveau under nemme forhold, hvor jorden er flad og ensartet uden nævneværdige forekomster af sten, og hvor regnskyl ikke har udvisket jordrillen. Skal radrensning tæt på rækken derimod udvikles til en almindelig praksis på større arealer og under mere vanskelige forhold, kræves der et automatisk styresystem, som er hurtigt, præcist og ikke mindst pålideligt.

Udstyr til bekæmpelse i rækken

Den almindelige radrenser kan udstyres med forskelligt ekstraudstyr til mekanisk bekæmpelse af ukrudt i afgrøderækken. I nyere svenske forsøg med mekanisk ukrudtsbekæmpelse i sukkerroer har fingerhjul, børster på vertikale rotationsaksler og skrabepinde været afprøvet til bekæmpelse af ukrudt i roerækken (Anon., 1995a, 1996). Undersøgelserne viste, at skrabepindene fremstod som det mest interessante bekæmpelsesprincip til mekanisk ukrudtsbekæmpelse i roerækken. De svenske resultater viste desuden, at det er muligt at erstatte den sidste af to eller tre herbicidsprøjtninger med en radrensning med skrabepinde,

uden at ukrudtseffekten eller roeudbyttet forringes. Roerne skal helst have udviklet 6-8 løvblade for at kunne tåle behandlingen.

Ved Danmarks JordbrugsForskning (DJF) har vi også anvendt skrabepinde i udplantede økologiske sukkerroer med et godt resultat (Melander *et al.*, 1999). Både de svenske og vore erfaringer viser imidlertid, at metoden stiller store krav til styringen. I de fleste tilfælde har det været nødvendigt med en styrmand på selve radrenseren.

Radrensning i radsåede afgrøder

Almindelig radrensning med gåsefodslapper i korn er så småt ved at få større udbredelse på økologiske brug. En væsentlig fordel ved radrensning sammenlignet med ukrudtsharvning er, at behandlingstidspunktet ikke er nær så afgørende. Der kan behandles over en længere periode uden risiko for afgrødeskader, og større frøukrudt kan som regel bekæmpes tilfredsstillende. Radrensningens større sikkerhed i ukrudtsbekæmpelsen kommer især til udtryk i vintersæd, hvor ukrudtsharvning har vist sig at have nogle klare svagheder over for frøukrudtsarter med pælerødder og strækningsvækst som f.eks. lugtløs kamille (*Tripleurospermum inodorum)* og korn-valmue (*Papaver Phoeas)* (Wilson *et al.*, 1993; Rasmussen, 1998). Men også i vårsæd kan radrensningsteknikken være nyttig til at klare mere besværlige ukrudtsproblemer (Irla, 1991; Johansson, 1998). Radrensning menes også at have nogen effekt på rodukrudtsarter som ager-tidsel og alm. kvik, men eventuelle effekter er endnu ikke dokumenterede.

Også i hestebønner, lupiner, ærter og ikke mindst raps er der gode erfaringer med radrensning som en relativ effektiv metode til bekæmpelse af frøukrudt (Irla, 1994, 1995; Kristensen, 1997; Jensen *et al.*, 1999).

Radrensning i radsåede afgrøder er en langsommelig affære og meget belastende for chaufføren med de nuværende styringsmuligheder, primært fordi radsåede afgrøder arealmæssigt er store, og fordi både de mulige kørehastigheder og arbejdsbredder er for små. Det er derfor et ufravigeligt krav, at ny styringsteknik kan klare højere kørehastigheder – gerne op til 10 km/t – og større arbejdsbredder på redskaberne, for at behandlingen af større arealer skal kunne foregå på rationel vis. Derimod er det ikke så afgørende, om der kan radrenses meget tæt på rækken i korn og bælgsæd, da en vis hyppeeffekt ind omkring afgrødeplanterne kan være ønskelig og ikke nødvendigvis kræver, at der køres tæt på rækken.

Båndsprøjtning

Ukrudtsbekæmpelse med en kombination af båndsprøjtning og radrensning er meget lidt udbredt i Danmark. I flere rækkeafgrøder er herbicidomkostningerne til bredsprøjtning ellers så store, at økonomiberegninger viser en væsentlig fordel ved at skifte til båndsprøjtning og radrensning (Rasmussen & Noyé, 1991; Rasmussen, 1995). I Sverige derimod båndsprøjtes ca. 20% af sukkerroearealet, og der arbejdes på at øge andelen. En medvirkende årsag til den større udbredelse i Sverige er brugen af forbedrede automatiske styresystemer, som gør styringen af båndsprøjte og radrenser mere rationel.

Nyere forsøg viser, at båndsprøjtning i rækken og radrensning i rækkemellemrummene, sammenlignet med bredsprøjtning, kan nedsætte herbicidforbruget med 60-70% i afgrøder

som majs, hestebønner og roer (Irla, 1989, 1995; Pleasant *et al.*, 1994). I de refererede undersøgelser har der været anvendt båndbredder på 16-25 cm, men i svenske undersøgelser i roer har det været muligt at reducere båndbredden til 12 cm uden forringelser i ukrudtseffekten – 6 cm båndbredde derimod kunne ikke lade sig gøre (Anon., 1995b). Meget små båndbredder vil stille store krav til både styringsteknikken og selve sprøjteteknikken og synes ikke at være muligt inden for nærmeste fremtid.

Selv om bedre styresystemer kan lette anvendelsen af båndsprøjtning, er der dog stadig uløste problemer. Generelt mangler sprøjteteknikken at blive tilpasset, da der er for mange eksempler på dårlige ukrudtseffekter. Dysevalg og vinkling af disse i forhold til rækken er ikke optimeret. I praksis, hvor man ønsker at radrense og båndsprøjte i samme arbejdsgang for at spare tid, er der observeret problemer med, at støv, hvirvlet op fra radrenseren, kan give betydelige forringelser i herbicideffekten (Mathiassen & Kudsk, 1999).

Styring før fremspiring

Muligheden for præcis og rationel styring, før afgrøden spirer frem, er også en vigtig prioritering i forbindelse med udviklingen af nye og bedre styresystemer. Flammebehandling og båndsprøjtning, selv om båndsprøjtning i dag næppe praktiseres før afgrødens fremspiring, er begge eksempler på metoder, hvor det vil være en fordel at kunne målrette behandlingen til kun at omfatte den del af rækken, hvor ukrudtsbekæmpelsen er tilsigtet og har størst effekt. Herved kan der spares henholdsvis energi og herbicid. Styresystemer, baseret på jordspor, vil sandsynligvis kunne klare denne opgave, men også nye styresystemer, bl.a. AEGIS's system baseret på markører udlagt i forbindelse med såning til senere detektering, er interessante.

Tekniske muligheder – forskning og udvikling

Allerede for flere årtier siden var der tanker fremme om selvstyrende traktorer og redskaber. Således gennemgår Gilmour (1960) forskellige muligheder for automatisk styring af traktoren ved forskelligt markarbejde. De omtalte metoder spænder fra simple spor i jorden til anvendelse af radiofyr af – i princippet – samme slags, som anvendes af luft- og skibstrafik.

Detektering af rækker

Når det gælder styring efter rækker, har forskellige mekaniske styresystemer været forsøgt anvendt. Ved denne type af løsning udstyres radrenseren med en mekanisk anordning, der er i stand til at følge langsgående furer/hulrum i/under jordoverfladen, skabt i forbindelse med såning af afgrøden. Andre mekaniske løsninger har omfattet følere til direkte detektering af afgrøderækkerne. Funktionsdygtigheden af de mekaniske styresystemer er dog stærkt afhængig af jordens og afgrødens beskaffenhed og har ikke fundet større udbredelse i Danmark.

Optisk detektering af planter blev tidligt forsøgt ved at anvende belysning fra en tungstenshalogenlampe og måle forholdet mellem synlig og nær-infrarød refleksion fra planterne (Hooper *et al.*, 1976). Der var således tale om berøringsfri detektering – et princip, der i dag anvendes af de fleste, som arbejder med sensorer til planterækker eller enkelte planter. Dog anvendes der nu mere eller mindre avancerede videokameraer i sammenhæng

med digital billedbehandling. Foruden at sensoren (kameraet) kan anbringes beskyttet i sikker afstand fra jord og planter, indebærer denne løsning andre fordele. Eksempelvis kan samme udstyr anvendes både til detektering af planterækker og rillemønstre i jorden samt til at finde og muligvis bestemme arten af enkeltplanter. Forskellen ligger kun i det program, hvormed computeren behandler billederne.

Som påpeget af Marchant og Brivot (1995), er der en typisk forskel mellem at arbejde med billedanalyse inden for industrien og at arbejde med billeder af levende biologisk materiale. Forskellen består i, at man i det sidste tilfælde er nødt til at tage højde for en – ofte betydelig – naturligt betinget variation. Foruden variation i det biologiske materiale kan der også over tid forekomme betydelige variationer i det indfaldne sollys. Dette betyder, at man må kræve, at de anvendte metoder er meget robuste overfor ganske store variationer i billederne.

Ved optisk detektering af afgrøderækker, ved hjælp af digitale billeder, sker der en automatisk computerbaseret billedbehandling, der typisk består af et segmenteringstrin, hvor plantedækkede områder i billedet identificeres og et liniedetekteringstrin, hvor rækkernes midterlinier bestemmes. I litteraturen er der beskrevet mange varianter af sådanne metoder (f.eks. Brivot & Marchant, 1996; Reid & Searcy, 1988; Gerrish *et al.*, 1997; Billingsley og Schoenfisch, 1997; Olsen, 1995; Gerrish *et al.*, 1985; Marchant & Brivot, 1995; Tillett og Hague, 1999).

Styresystemer

Styringen af et redskab, vinkelret på traktorens køreretning, kan foregå på flere forskellige måder, som hver har sine fordele og ulemper. Som baggrund for det følgende er udgangspunktet, at afgrøderækkerne tilnærmelsesvist følger rette linier, i det mindste set over en begrænset strækning. Styresystemets opgave er således at holde redskabet på plads i rækkerne på trods af de sideværts udsving, traktoren måtte gøre.

Den mekanisme, som flytter redskabet i sideværts retning, kan udformes efter forskellige principper. For et trepunktsophængt redskab kan sideforskydningen foregå ved, at trækstængerne tvinges lidt til siden ved hjælp af en hydraulisk cylinder. Fordelene ved denne metode er, at den ikke tager megen plads, at den er relativ billig, og at redskabet tenderer mod at blive holdt vinkelret på rækkernes retning, selv om traktorens køreretning afviger fra denne indenfor visse grænser.

En anden metode består i at indskyde en todelt ramme mellem traktor og redskab. Rammen er konstrueret, så de to dele kan forskydes i forhold til hinanden. Den ene del, traktordelen, monteres fast på traktoren, mens den anden del, redskabsdelen, er beregnet til påmontering af redskabet. Forskydningen mellem de to dele sker også her ad hydraulisk vej. Fordelen ved rammen er, at der normalt er større mulighed for sideforskydning, ofte ca. ±30 cm, end tilfældet vil være ved at tvinge trækstængerne. Desuden udgør den en selvstændig enhed, som er uafhængig af traktoren. Ulempen ved rammen er bl.a. dens ganske store vægt, at den er dyrere end ovenstående, og at afstanden mellem traktor og redskab øges. Endvidere findes der her, i modsætning til den foregående metode, ingen tendens til at rette redskabet ind

vinkelret på rækkerne, fordi forskydningen sker vinkelret på traktorens længderetning, som ikke altid er helt sammenfaldende med rækkernes.

Endelig er der den mulighed at lade styresignalet dreje redskabets bærehjul eller eventuelt en separat cirkulær styreskive, som trykkes passende ned i jorden. Hvis der er tale om et tungt redskab og en relativt let traktor, eller hvis redskabet er frontmonteret på en traktor med en relativt let forende, kan denne metode være at foretrække. Ved de to foregående omtalte metoder, overføres styrekræfterne til jorden via traktoren, som derfor skal køre ganske retningsstabilt, hvilket kan tænkes at medføre problemer, hvis traktoren er forsynet med lavtryksgummidæk. Ved styring af bærehjul eller styreskive overføres styrekræfterne derimod direkte til jorden, og traktoren påvirkes i princippet ikke af redskabets styring.

En lidt speciel styring, som i en del tilfælde anvendes i forbindelse med radrensning, består i sporfølgning. Dette har intet med aktiv rækkestyring at gøre, men har sin berettigelse, hvor rækkerne er sået i buer, f.eks. på grund af terrænets topografi. For en efterhængt radrenser fungerer systemet således, at en vinkelændring mellem f.eks. topstangen og traktorkroppen overføres passivt til en lille drejning af redskabets styrehjul. Dette styreudslag bevirker, at redskabet bedre holder sig midt for traktorens længdeakse, når denne svinger lidt for at følge buede rækker. Såfremt systemet er præcist indstillet, fungerer det efter sin hensigt.

Forskningsindsatsen, vedrørende styring efter rækker, tager i de fleste tilfælde sigte på automatisk styring af traktoren (eng.: Vehicle guidance). På det styringsmæssige område behandler den tilgængelige, relevante litteratur typisk problemstillinger som stabilitet, robusthed over for støj (f.eks. fra fejl i rækkedetekteringen) og nøjagtighed.

I nedennævnte litteratur er der undersøgt styringssystemer, baseret på detektering af afgrøderækker, ved hjælp af digital billedbehandling af billeder, optaget med et kamera, der er monteret på køretøjet, så det peger skråt nedad mod markoverfladen i køreretningen: Billingsley & Schoenfisch (1997), Fehr & Gerrish (1995), Gerrish *et al.* (1997), Southall *et al.* (1998), Åstrand & Baerveldt (1999). Den tværgående styrenøjagtighed (afstand til en referencebane) lå mellem ±3 og ±11 cm, afhængig af fremkørselshastigheden (1 til 13 km/t).

Aktuel udvikling af kommercielle systemer til automatisk rækkestyring

På trods af at der i en årrække er forsket en del i automatisk rækkestyring, er der endnu ikke kommet systemer på markedet, der har vundet særlig udbredelse. Inden for det seneste år er der imidlertid enkelte virksomheder, der er gået ind i udviklingen af kommercielle systemer. I det følgende nævnes nogle af de kendte tiltag inden for aktive styresystemer, baseret på berøringsfri detektering af planterækker, jordriller eller udlagte markører.

I Danmark er det nydannede selskab ECO-DAN ApS på vej med et styresystem, baseret på optisk genkendelse af en jordrille skabt ved såning. Styringen sker ved hjælp af en egenudviklet redskabsramme, der indskydes mellem traktor og redskab. Systemet har den fordel, at det kan anvendes til radrensning og andre behandlinger, før afgrøden er fremspiret.

Den australske virksomhed AEGIS (Agriculture Guided Implement Systems) udvikler på et styresystem, der baserer sig på detektering af markører i form af tynde metalskiver, udlagt i jorden i forbindelse med såning. Skiverne, der har diameter som en stor mønt,

placeres med en halv til en hel meters mellemrum parallelt med rækkerne i 5-10 cm dybde, med den flade side pegende opad. Ved radrensning detekteres metalskiverne ved hjælp en jordradar, der er monteret på radrenseren. Radardetektoren afgiver derved signaler, der via en hydraulisk aktuator holder radrenseren på plads i rækkerne.

Danisco Sugar i Sverige er i samarbejde med Högskolan i Halmstad nået ganske langt med et system til radrensning i roer. I dette system anvendes et CCD-kamera til optagelse af gråtonebilleder i det nær-infrarøde spektralområde. Radrenseren styres med et tyndt drejeligt styrehjul, der gennemskærer det øverste jordlag. Ved fremkørselshastigheder på op til 6 km/t er styrenøjagtigheden på omkring ±5 cm (Åstrand & Baerveldt, 1999). Denne nøjagtighed er opnået i roer med en størrelse på mindst 10 cm.

Silsoe Research Institute i England, som de seneste år har arbejdet med automatisk styring af radrensere i kornafgrøder, har indledt et samarbejde med det engelske firma Garford Farm Machinery. Der er tale om en styring, baseret på digital billedbehandling, men det er dog uvist, hvor tæt man er på en kommerciel udgave af systemet. Styrenøjagtigheden er på omkring ±3 cm ved fremkørselshastigheder på op til 6 km/t (Tillett & Hague, 1999).

Det australske National Centre for Engineering in Agriculture har, i samarbejde med Case IH, udviklet et system (VGS Guidance System) til automatisk styring af traktorer i rækkekulturer. Der er også her tale om en styring, der benytter sig af digital billedbehandling. Styrenøjagtigheden skulle angiveligt være på ±2,5 cm op til en fremkørselshastighed på 20 km/t, men det er usikkert under hvilke betingelser, dette resultat er fremkommet (se Internetadressen http://www.ncea.org.au/vgspage.htm).

Ovennævnte styrenøjagtigheder kan passende sammenlignes med nøjagtigheden af manuelt styrede systemer til radrensning. Undersøgelser ved Danmarks JordbrugsForskning, (DJF) viser, at der ved manuel styring kan opnås nøjagtigheder på ned til under ±2,5 cm, hvilket er bedre end de kendte automatiske systemer.

Forskning i rækkestyring ved Danmarks JordbrugsForskning

I et igangværende forskningsprojekt om rækkedyrkningssystemer ved DJF arbejdes der med metoder til automatisk detektering af rækker ved brug af digital billedbehandling. Med henblik på at teste metoderne i praksis er der opbygget et forsøgsstyresystem, som inkluderer et kamera og en computer samt en hydraulisk redskabsramme til montering i traktorens trepunktsophæng.

Softwaren, der foretager den digitale billedbehandling, er udviklet ved DJF. Da der i projektet fokuseres på at undersøge nye metoder og principper for den digitale billedbehandling, benyttes der en fremgangsmåde til udvikling af software, der giver fleksibel og forholdsvis let mulighed for at afprøve nye metoder. Dette indebærer ganske vist en vis begrænsning i antal behandlede billeder pr. tidsenhed og dermed den hastighed, hvormed styresystemet kan korrigere for positioneringsfejl i forhold til rækkerne. Systemets reaktionshastighed er dog tilstrækkelig til at resultater fra testkørsler vil kunne give information om, hvilken styrenøjagtighed der kan opnås med et tilsvarende system i en industriel udførelse.

I løbet af 2000 vil der blive gennemført testkørsler med styresystemet med henblik på at fastlægge dets styrenøjagtighed og pålidelighed. Der vil først og fremmest blive tale om radrensningsforsøg i kornafgrøder, men der kan også blive tale om forsøg med andre redskaber (udstyr til placeret gødskning og båndsprøjtning) samt i andre afgrødetyper (f.eks. roer).

Fremtidsperspektiver for styring i forhold til planter

Automatisk præcisionsstyring af redskaber langs afgrøderækker hjælper til øget selektivitet i behandlingen af rækker kontra rækkemellemrum. Det kan f.eks. betyde en effektivisering af den mekaniske ukrudtsbekæmpelse i rækkemellemrummene, idet det kun vil være nødvendigt at efterlade et smalt ubearbejdet bånd omkring afgrøderækkerne. Til gengæld kan ukrudt inde i rækkerne ikke fjernes effektivt selv om eksempelvis skrabepinde eller hypning kan give nogen effekt.

Hvis der skal ske en effektiv mekanisk fjernelse af ukrudt mellem afgrødeplanterne inde i rækkerne eller foretages anden selektiv behandling inde i rækkerne, er det nødvendigt at kunne bestemme de enkelte afgrødeplanters positioner. Der er allerede gennemført en del forskning forskellige steder i verden vedrørende optisk genkendelse af plantemønstre og enkeltplanter, men resultaterne er endnu ikke i noget væsentligt omfang blevet anvendt til automatisk styret ukrudtsbekæmpelse.

Såfremt planterne er sået i et relativt fast mønster (f.eks. i rækker med nogenlunde fast afstand mellem planterne i hver række), vil man ved digital billedbehandling kunne benytte kendskabet til dette mønster til kollektivt at bestemme positionerne af alle planterne i billedfeltet (se f.eks. Southall *et al.*). I dette tilfælde er det altså ikke nødvendigt at kunne skelne mellem afgrøde og ukrudt. Da plantemønsteret ikke kan forventes at være helt præcist, vil mulighederne for at fjerne ukrudt tæt på afgrødeplanterne til gengæld være noget begrænsede, og metoden kan derfor ikke give grundlag for egentlig lugning.

Automatisk lugning forudsætter som minimum, at hver afgrødeplantes position og eventuellt form kan bestemmes. For at kunne fjerne ukrudt helt ind til afgrødeplanterne er det desuden nødvendigt at kunne identificere ukrudtsplanterne enkeltvist. Identifikation af planteart og position kan gennemføres ved analyse af bladformer (Nielsen, 1998) og bladenes overfladestruktur (teksturmæssig signatur) og refleksion af lys (spektral signatur på grundlag af optisk reflektans) (Favier *et al.*, 1998; Hahn & Muir, 1993).

Hvad angår det redskab, der skal styres på enkeltplanteniveau, går idéerne i to retninger. Dels kan man tænke sig et traktormonteret redskab med arbejdsbredde som en radrenser, der kan bekæmpe ukrudt både i og imellem rækkerne, og dels kan man tænke sig en lugerobot, det vil sige et lille ubemandet køretøj, der fjerner ukrudt i få rækker ad gangen. Lugerobotten skal naturligvis være istand til selv at navigere rundt i marken. Som eksempler kan det nævnes, at der på universitetet i Wageningen i Holland (Afdeling for Agro-, Miljø- og Systemteknologi) arbejdes med et traktormonteret redskab til ukrudtsbekæmpelse i rækker (se Internetadressen http://www.aenf.wau.nl/mrs/), mens man på faghøjskolen i Osnabrück i Tyskland arbejder med en enkeltrækket lugemaskine (se Internetadressen http://www.et.fh-osnabrueck.de/fbe/QH/).

Sammendrag og konklusioner

Systemer til automatisk styring af redskaber i rækkeafgrøder kan hjælpe landbruget med at opfylde de stigende miljøkrav. En præcis og pålidelig styring i ukrudtsbekæmpelsen vil således give fordele med hensyn til både bekæmpelseseffekt og arbejdskapacitet. Desuden kan der opnås en aflastning af traktorføreren og eventuelt en forbedring af styrenøjagtigheden i forhold til manuel styring. Såfremt der styres efter jordriller eller markører, der er etableret ved såning, vil der være mulighed for bekæmpelse af ukrudt, før afgrøden er fremspiret. Detektering af planterækker sker mest hensigtsmæssigt med berøringsfrie sensorer – f.eks. ved anvendelse af optiske sensorer i kombination med databehandling i en computer. Men de seneste års forskning i nye tekniske løsninger har ikke, eller har kun i meget begrænset omfang, resulteret i ny teknik til det praktiske landbrug. Dog er der nu fra en del virksomheders side, påbegyndt en udvikling af automatiske rækkestyringssystemer, baseret på berøringsfri sensorteknik, der formentlig kan introduceres på markedet inden for den nærmeste fremtid.

Litteratur

Anonym 1995a. Mekanisk ogräsbekämpning med olika redskap 1995, Forsöksverksamhet i Sockerbetor 1995, 26.1-26.8. SockerNäringens SamarbetsKommitté, Arlöv, Sverige.

Anonym 1995b. Minimala bandbredder. Forsöksverksamhet i Sockerbetor 1995, 31:1-31:3. SockerNäringens SamarbetsKommitté, Arlöv, Sverige.

Anonym 1996. Radrensning med skrappinnar och borstar. Forsöksverksamhet i Sockerbetor 1996, 26:1-26:6. SockerNäringens SamarbetsKommitté, Arlöv, Sverige.

Ascar J. & Mattsson B. 1994. Inter row cultivation in weed-free carrots: the effects on yield of hoeing and brush weeding. Biological Agriculture and Horticulture, 10, 161-173.

Billingsley J. & Schoenfisch M. 1997. The successful development of a vision guidance system for agriculture. Comput. Electron. Agric., 16, 147-163.

Brivot R. & Marchant J.A. 1996. Segmentation of plants and weeds for a precision crop protection robot using infrared images. IEE Proc. Vision Image and Signal Processing, 143, 118-124.

Favier J., Ross D.W., Tsheko R., Kennedy D.D., Muir A.Y., Fleming J., Meyer G.E. & DeShazer J.A. 1998. Discrimination of weeds in brassica crops using optical spectral reflectance and leaf texture analysis. Precision agriculture and biological quality, Boston, Massachusetts. Proceedings-of-SPIE. 3543: 311-318.

Fehr B.W. & Gerrish J.B. 1995. Vision-Guided Row-Crop Follower. Applied Engineering in Agriculture, 11(4), 613-620.

Franz E., Gebhardt M.R. & Unklesbay K.B. 1991. The use of local spectral properties of leaves as an aid for identifying weed seedlings in digital images. Trans ASAE, 34: 682-688.

Gerhards R., Nabout A., Sokefeld M., Kuhbauch W. & Eldin H.A.N. 1993. Automatic Identification of 10 Weed Species in Digital Images Using Fourier Descriptors and Shape Parameters. J. Agron. Crop Sci. 171: 321-328.

Gerrish J.B., Fehr B.W., Ee G.R.v. & Welch D.P. 1997. Self-steering tractor guided by computer-vision. Applied Engineering in Agriculture, 13, 559-563.

Gerrish, J.B, Stockman G.C., Mann L. & Hu G. 1985. Image processing for path-finding in agricultural field operations. ASAE paper, 85-3037, 25.

Gilmour W.D. 1960. An Automatic Control System for Farm Tractors. J. Agric. Engng. Res., 5, 418-432.

Hahn F. & Muir A.Y. 1993. Reflectance spectra of brassica crops and some weeds. Dept. Note -Scottish Centre of Agricultural Engineering, 57, 26.

Hooper A.W., Harries G.O. & Ambler B. 1976. A photoelectric sensor for distinguishing between plant material and soil. J. Agric. Engng. Res., 21,145-155.

Irla E. 1989. Bandspritzung und Hacken in Zuckerrüben und Mais. Verfahrensvergleich der Unkrautbekämpfung. FAT-Berichte, Tänikon, Svejts, 1-11.

Irla E. 1991. Vergleich mechanischer und chemischer Unkrautbekämpfungsverfahren im Getreide. FAT-Berichte, Tänikon, Svejts, 1-11. 25.26.

Irla E. 1994. Vergleich Unkrautbekämpfungsverfahren im Raps. FAT-Berichte Nr. 453, Tänikon, Svejts, 1-6. 25.25.

Irla E. 1995. Anbautechnik und Unkrautregulierung bei Ackerbohnen. FAT-Berichte Nr. 460, Tänikon, Svejts, 1-6.

Jensen R.K., Melander B. & Callesen N.H. 1999. Mekanisk ukrudtsbekæmpelse i lupiner. 16. Danske Planteværnskonference / Plantebeskyttelse i økologisk jordbrug / Sygdomme og skadedyr, 97-106.

Johansson D. 1998. Radhackning med och utan efterredskap i stråsäd. Rapporter från jordbearbetningsavdelingen, Sveriges Lantbruksuniversitet, nr. 94, 55.

Kristensen H. 1997. Erfaringer med mekanisk ukrudtsbekæmpelse i raps. 14. Danske Planteværnskonference/Ukrudt.179-182.

Marchant J.A. & Brivot R. 1995. Real time tracking of plant rows using a Hough transform. Real Time Imaging, 1, 363-371.

Mathiassen S.K. & Kudsk P. 1999. Herbicideffekter på planter med jordstøv på bladene. 16. Danske Planteværnskonference / Ukrudt, 119-126.

Mattsson B., Nylander C. & Ascard J. 1990. Comparison of seven inter-row weeders. Veröffentlichungen der Bundesanstalt für Agrarbiologie, Linz/Donau, 20, 91-107.

Melander B. & Hartvig P. 1997. Yield responses of weed-free seeded onions [*Allium cepa* (L.)] to hoeing close to the row. Crop Protection, 16 (7), 687-691.

Melander B., Korsgaard M. & Willumsen J. 1999. Resultater og erfaringer med ukrudtsbekæmpelse i økologiske frilandsgrønsager. 16. Danske Planteværnskonference / Plantebeskyttelse i økologisk jordbrug / Sygdomme og skadedyr, 85-95.

Nielsen, H.M. 1996. Modelling plant leaf shape for plant recognition. Acta-hortic. Leuven, Belgium : International Society for Horticultural Science, 406, 153-163.

Olsen H.J. 1995. Determination of row position in small-grain crops by analysis of video images. Comput. Electron. Agric., 12, 147-162.

Pleasant J.M., Burt R.F. & Frisch J.C. 1994. Integrating Mechanical and Chemical Weed Management in Corn (Zea mays). Weed Technology, 8, 217-223.

Pullen D.W.M. & Cowell P.A. 1997. An Evaluation of the Performance of Mechanical Weeding Mechanisms for use in High Speed Inter-Row Weeding of Arable Crops. Journal of Agricultural Engineering Research, 67, 27-34.

Rasmussen J. & Noyé G. 1991. Radrensning og båndsprøjtning – et muligt alternativ? Gartner Tidende nr. 107, 260-261.

Rasmussen J. 1995. Penge i at radrense og båndsprøjte. Landsbladet MARK nr. 4/95, 20-23.

Rasmussen J. 1996. Automatisk præcisionsstyring i ukrudtsbekæmpelsen. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen, nr. 80, 42.

Rasmussen J. 1998. Ukrudtsharvning i vinterhvede. 15 Danske Planteværnskonference/ Ukrudt, 179-189.

Reid J.F. & Searcy S.W. 1988. An algorithm for separating guidance information from row crop images. Trans ASAE, 31, 1624-1632.

Shropshire G.J. 1991. Multi-spectral video imaging for plant identification. ASAE paper, 91-3507.

Southall B., Marchant J.A., Hague T. & Buxton B.F. 1998. Model based tracking for navigation and segmentation. In manuscript.

Stafford J.V. & Benlloch J.V. 1997. Machine-assisted detection of weeds and weed patches. In: Precision Agriculture '97, edited by Stafford, J.V. Oxford, UK: BIOS Scientific Publishers, 511-518.

Stafford J.V. & Miller P.C.H. 1993. Spatially selective application of herbicide to cereal crops. Comput. Electron. Agric. 9: 217-229.

Thompson J.F., Stafford J.V. & Miller P.C.H. 1992. Potential for automatic weed detection and selective herbicide application. Crop Protection, 10: 254-259.

Tillett N.D. & Hague T. 1999. Computer-Vision-based Hoe Guidance for Cereals - an Initial Trial. J. Agric. Engng. Res., 74, 225-236.

Weber H. 1997. Geräte- und verfahrentechnische Optimierung der mechanischen Unkrautregulierung in Beetkulturen. Dissertation, Institut für Landtechnik der Technischen Universität München, 201.

Wilson B.J., Wright K.J. & Butler R.C. 1993. The effect of different frequencies of harrowing in the autumn or spring on winter wheat, and on the control of *Stellaria media* (L.) vill., *Galium aparine* L. and *Brassica napus* L. Weed Research, 33, 501-506.

Åstrand B. & Baerveldt A.J. 1999. Robust tracking of plant rows using machine vision. The Sixth International Conference on Mechatronics and Machine Vision in Practice, Ankara, Turkey.

Justering af PC-Planteværns sygdomsmodeller og doseringer baseret på forsøg

Adjusting PC-Plant Protection's disease models and dosages based on trial results

Karen Eberhardt Henriksen, Lise Nistrup Jørgensen & Karen Frænde Jensen
Afdeling for Plantebeskyttelse
Danmarks JordbrugsForskning
Forskningscenter Flakkebjerg
DK-4200 Slagelse

Ghita Cordsen Nielsen
Landbrugets Rådgivningscenter
Landskontoret for Planteavl
Udkærsvej 15, Skejby
DK-8200 Århus N

Summary

1998 was the first year that strobilurins were available for the Danish farmers. As PC-Plant Protection (PC-P) was developed based on the triazoles, it was necessary to adjust the models for the splash born diseases. After four years trials with a test version of PC-P the septoria threshold have shown, that the threshold value should be reduced from 8 to 4 days with precipitation. The model recommend Amistar alone or a mixture of Amistar + a triazole. Results in different varieties have shown a need for a further differentiation of the septoria thresholds. The varieties are now divided into three groups and each group is treated differently, either according to threshold or fungicide dosage. For septoria it will now only be recommended to treat after growth stage 39, if the variety has a very low susceptibility. Only one treatment is possible in these varieties. In other varieties the model starts at GS 33 and the dosages are kept at the level used before (0,33-0,45). All in all, the total dose for mixtures will also be reduced slightly. In very susceptible varieties the dose is, however, increased slightly. For mildew (*Erysiphe graminis*) in winter wheat the thresholds have been settled a little higher and the dosages reduced, as the experiences have been that PC-P has recommended too high input for control of this disease. The threshold model for yellow rust (*Puccinia striiformis*) has only been modified slightly for the varieties which have a good field resistance. Also here the dosages have been reduced slightly.

The model for eyespot (*Pseudocercosporella herpotrichoides)* has previously been based on a calculation of points according to previous crop, sowing date and weather.

Treatments will in future only be recommended, when more than 35% of the plants in the field are infected by eyespot. Varieties regarded to have some resistance will not be treated at all.

In barley the models for *Dreschslera teres* and *Rhynchosporium secalis* have been adjusted so that the different groups (according to resistance) are treated individually. Yield results from trials have shown that the dosages should be reduced in barley and that the threshold for mildew could be increased slightly. As both spring and winter barley give less profit from fungicide treatments compared to winter wheat, it has particularly in these crops been important to adjust the models in order to be in line with the overall political target of reducing pesticide input.

Indledning

I 1998 blev det muligt for de danske landmænd at anvende strobiluriner til bekæmpelse af visse svampesygdomme i korn. De højere merudbytter efter brug af strobiluriner samt midlernes gode præventive effekt kombineret med god langtidsvirkning betød, at det var nødvendigt at justere septoriamodellen i PC-Planteværn (PC-P). De første ændringer blev introduceret i 1998 samtidig med strobilurinerne. Efter to års testforsøg ved Danmarks JordbrugsForskning (DJF) og ved Landsforsøgene har det vist sig, at der var behov for endnu en justering af modeller og doseringer. Denne justering falder sammen med de øgede krav om nedsættelse af behandlingsindekset (BI), ligesom de faldende kornpriser også er med til at berettige disse ændringer. Samtidig har det været ønskeligt at få en større dosis-differentiering på baggrund af sorternes forskellige resistens.

Godkendelse af adskillige nye fungicider i 1998 og 1999 har åbnet op for væsentligt flere kombinationer til fungicidbekæmpelse sammenlignet med de gamle "Tilt top dage". Dette er baggrunden for, at der i PC-P ligeledes introduceres flere muligheder for at anvende blandinger.

I det følgende vil ændring i doseringsberegning, opdeling i resistensgrupper og data fra de seneste års forsøg med PC-Planteværn blive præsenteret. Vurdering og tolkning af disse resultater er af stor betydning for de ændringer, der er udført i programmet. Afslutningsvis vil der blive trukket paralleller til andre beslutningsstøttesystemer.

Doseringer og blandinger

Udfra forsøgsresultaterne kan det generelt ses, at der er basis for reduktion af de anvendte doseringer på en lang række områder. Denne reduktion vil blive gennemført ved:

- Sænkning af grunddoseringerne, som danner udgangspunkt for dosisberegningerne. Dette gælder for alle sygdomme undtaget bladplet sygdommene i vinterbyg og septoria i vinterhvede, hvor skadetærsklerne i stedet er blevet hævet.
- Justering af dosis ved hjælp af en resistensfaktor, der sænker dosis i de mest resistente sorter.
- Nedjustering af doseringerne for tankblandinger.

Anvendelsen af fungicidblandinger i praksis forventes at få større udbredelse i takt med, at antallet af godkendte midler er steget. Derfor er der i den nye version af PC-P medtaget flere blandingsforslag. Flere af disse er ikke anerkendte. Kriteriet, for at disse blandinger er medtaget, er, at enkelte midler er anerkendte og at de har indgået i forsøg enten ved DJF eller ved Landsforsøgene. Blandingen er vurderet at være relevant, og effekten på specifikke skadegørere er kendt. For hver blanding er bestemt en blandingsfaktor, som bestemmer i hvilket forhold, de to komponenter skal bidrage til den dosis, som PC-P anbefaler. I det følgende er givet en nærmere redegørelse for dosisberegning i PC-P.

Dosisberegningen kan være baseret på følgende 5 faktorer

* Hvilken sygdom, der skal behandles
* Angrebsgraden eller risikofaktorens størrelse
* Afgrødens vækststadium
* Effekten af det valgte middel
* Sortens resistenskarakter
* Om der skal behandles mod knækkefodsyge

Princippet i beregningen

1. Udfra angrebsgraden fastlægges grunddosis ($\mathbf{D_0}$). Grunddosis tager udgangspunkt i det gamle standardmiddel Tilt top.
2. Korrektionsfaktoren ($\mathbf{K_e}$) fastlægges i forhold til midlets effekt bestemt ved fuld dosering i afprøvningsforsøg. Midlerne er rangordnet i forhold til Tilt top, der i alle tilfælde har K_e værdien 1. Korrektionsfaktoren sænker eller øger doseringen i forhold til midlernes bedre eller dårligere effekt. Hvis et middel er mere effektivt end Tilt top, får det en lavere K_e værdi, og hvis det har en svagere effekt, tildeles det en højere K_e værdi.
3. Fastlæggelse af en reduktionsfaktor ($\mathbf{R_v}$) i forhold til afgrødens vækststadium. Grunddoseringen ganges med en faktor, der er <1 før vs. 41 og efter vs. 51 (septoria vs. 55).
4. Reduktionsfaktoren ($\mathbf{R_r}$) bestemmes i forhold til sortens resistenskarakter for den aktuelle sygdom. Reduktionsfaktoren benyttes i de tilfælde, hvor to resistensgrupper behandles efter samme skadetærskel. $\mathbf{R_r}$ vil i disse tilfælde sænke dosis for sorterne i den resistensgruppe med bedst resistens.
5. Hvis afgrøden skal behandles mod knækkefodsyge fastlægges en korrektionsfaktor ($\mathbf{K_f}$) i forhold til doseringen af Sportak eller Stereo. Korrektionsfaktoren sænker doseringen på grund af en additiv effekt ved tildeling af Sportak/Stereo.
6. Grunddoseringen $\mathbf{D_0}$ korrigeret for midlets effekt $\mathbf{K_e}$, reduceret med en faktor for vækststadium $\mathbf{R_v}$ samt med en faktor for resistens $\mathbf{R_r}$, og endelig korrigeret for additiv effekt ved fodsygebehandling $\mathbf{K_f}$ er lig med doseringsfaktoren (D_a): $\mathbf{D_a = D_0 * K_e * R_v * R_r * K_f}$. Det er de færreste situationer, hvor alle 5 faktorer indgår i beregningen med en værdi forskellig fra 1.

7. PC-P's dosis anbefaling = $\mathbf{D_a}$ * anerkendt dosis.
8. I blandinger fastsættes en blandingsfaktor ($\mathbf{B_e}$) for hvert produkt, som indgår i blandingen. Der fastsættes B_e værdier for hver enkelt sygdom. B_e ganges med den dosis PC-P anbefaler for stobilurin komponenten (som udregnet under punkt 7).

Brug af sorternes resistens i PC-Planteværn

Sorternes resistensegenskaber var ikke udnyttet tilstrækkeligt i de tidligere versioner af PC-P. DJF og Landbrugets Rådgivningscenter (LR) har derfor foretaget en grundig gennemgang af de seneste års data fra observationsparceller, sortsforsøg, værdiafprøvning og virulensundersøgelser for at skabe baggrund for en større differentiering af sorterne i relation til deres resistenskarakterer.

Sorternes inddeling i resistensgrupper foretages udfra data fra sortsforsøgene (www.planteinfo.dk), som udføres i et samarbejde mellem DJF, LR samt danske planteforædlere og sortsrepræsentanter. Der er tale om data fra observationsparceller, sortsforsøg, værdiafprøvning og virulensundersøgelser. De resistensgrupper, som anvendes i PC-P, fremgår af tabel 1.

Tabel 1. PC-P's inddeling i resistensgrupper og betydningen af disse. Translation of the resistance group numbers used in PC-P.

Resistensgruppe	Karakterens betydning
-1	Ingen risiko for angreb (f.eks. Mlo resistens)
0	Ingen eller meget lav modtagelighed
1	Delvis modtagelig
2	Modtagelig
3	Meget modtagelig (I næsten alle tilfælde behandles denne gruppe på samme vis som gruppe 2)

Det er kun muligt at foretage en vurdering for de sygdomme, hvor der har været et markant smittetryk i de seneste år. I de tilfælde, hvor der har været foretaget virulensforsøg ved DJF, det gælder specielt for gulrust *(Puccinia striiformis)*, vil resultaterne fra disse forsøg blive inddraget i vurderingen. Resultater fra engelske forsøg (Stigwood, 1999) indgår også i den endelige vurdering. Dette er f.eks. årsagen til, at vinterhvede sorten Stakado i den nuværende version af PC-Planteværn er placeret i gruppen 'delvis modtagelig' for gulrust. Her i landet har sorten ikke vist modtagelighed for gulrust, men i engelske forsøg har man set angreb i sorten. Om der er tale om en smitterace, som findes her i landet vides ikke med sikkerhed, men da gulrust er en meget tabsvoldende sygdom, blev Stakado placeret i gruppen 'delvis modtagelig' (tabel 2).

Tabel 2. Eksempler på sorternes indplacering i resistensgrupper. Examples showing which resistance groups different varieties belong to.

Sygdom Disease	**Afgrøde** Crop	**Resistensgruppe (se tabel 1)/** Resistance group	**Eksempler på sorter** Examples of varieties
Meldug	Vinterhvede	0	Cortez, Kris, Stakado
		1	Bill, Classic, Lynx, Pentium, Terra
		2+3	Hereward, Flair, Ritmo, Trintella,
Gulrust		0	Cortez, Hereward, Terra
		1	Bill, Classic, Lynx, Pentium, Ritmo, Stakado, Trintella
		2+3	Flair, Kris
Septoria		0	
		1	Stakado, Terra
		2+3	Bill, Classic, Cortez, Flair, Hereward, Kris, Lynx, Pentium, Ritmo, Trintella, Hussar, Brigadier
Meldug	Vinterbyg	0	
		1	Ludo
		2+3	Antonia, Hamu, Hanna, Jolante, Paula, Regina
Bygrust		0	
		1	Antonia, Hanna, Paula, Regina
		2+3	Hamu, Jolante, Ludo
Skoldplet		0	Paula
		1	Hanna, Ludo, Regina
		2+3	Antonia, Hamu, Jolante
Bygbladplet		0	Jolante, Ludo
		1	Antonia, Hanna, Paula, Regina
		2+3	Hamu
Meldug	Vårbyg	-1 (Mlo)	Alexis, Barke, Bartok
		0	Punto
		1	Jacinta, Meltan, Otira
		2+3	Henni, Linus, Optic, Scarlett
Bygrust		0	Jacinta, Meltan, Optic
		1	Barke, Bartok, Linus, Otira
		2+3	Alexis, Scarlett
Skoldplet		0	
		1	Meltan, Scarlett
		2+3	Alexis, Barke, Bartok, Jacinta, Linus, Optic, Otira
Bygbladplet		0	Linus
		1	Alexis, Barke, Bartok, Jacinta, Meltan, Optic, Otira, Scarlett
		2+3	Cork, Lamba

På samme måde udvises der forsigtighed i de tilfælde, hvor nye sorter kun har været udsat for et meget lavt smittetryk. Sorter, som ikke har været udsat for betydende angreb i de år, hvor de har været med i afprøvningen, vil i første omgang blive placeret i gruppen 'modtagelig'. En anden forbedring i PC-P vedrørende sorternes resistens er, at PC-P nu kan tage højde for, hvilke sorter der indgår i sortsblandingen.

Den sidste ændring, som skal nævnes her, er, at det er blevet muligt, at tilgodese maltbyg. Derfor skal brugeren nu angive, om vårbyg dyrkes til malt. Hvis en delvis modtagelig sort dyrkes til malt, vil sorten blive behandlet ved en lavere skadetærskel, end hvis samme sort dyrkes til foderbyg. Baggrunden for dette er de højere kvalitetskrav til maltbyg. Endelig vil der blive taget højde for sorternes udbytterespons for behandling med strobiluriner (Jensen & Jørgensen, 1999), således at en sort med høj udbytterespons vil blive tildelt en højere dosis strobilurin end en sort med lav udbytterespons og samme resistens.

Det har vist sig, at de foreliggende data ikke i alle tilfælde gør det muligt at differentiere skadetærsklerne for de forskellige sygdomme i forhold til resistensgrupperne (tabel 1). Der er ikke desto mindre blevet differentieret bedre, således at sorternes resistens i højere grad bliver udnyttet i programmet. Det kommer til udtryk ved, at resistensgrupperne behandles enten ved forskellige skadetærskler eller, hvis de har fælles skadetærskel, med forskellige fungicid doseringer. For hver afgrøde/sygdom vil der i det følgende blive gjort rede for, på hvilken måde resistenskarakterne bliver anvendt.

Vinterhvede

Der har været udført en række forsøg med afprøvning af PC-Planteværns anbefalinger med strobiluriner. Der har i alt været udført 22 forsøg i 1998 og 1999 med almindelig sammenligning med en standardbehandling (tabel 3 og 4). Forsøgene har været domineret af septoria. I forsøgene fra LR ligger gennemsnittet af BI på 0,73, hvilket er tæt på det måltal på 0,7, der er opstillet for svampebekæmpelse i hvede i år 2002. I forsøgene er der desuden afprøvet 75% og 50% af doseringerne anbefalet med PC-Planteværn.

Tabel 3. Resultater fra 14 forsøg i de landøkonomiske forsøg med afprøvning af 75% og 50% af den dosis, som er anbefalet med PC-Planteværn. Results from 14 trials, where the full dose recommended by PC-P is tested against 75% and 50% of the full dose.

Behandling/ Treatment	**BI (gammel metode)** BI (old method)		**% *septoria*** % *septoria*		**Udbytte og netto-udbytte hkg/ha/** Yield and net yield		
	1998	1999	1998	1999	1998	1999	Gns.
Ubehandlet	-	-	*28*	*33*	*71,1*	*62,6*	
0,33 Tilt top/ 0,33 Amistar	0,33+0,33	0,33+0,33	15	17	4,7	5,8	5,2
0,33 l Amistar (vs 45-55)	0,33	0,33	18	18	6,7	7,3	7,0
PC-Planteværn 100%	0,66	0,79	15	12	6,9	12,3	9,2
PC-Planteværn 75%	0,53	0,59	20	14	5,8	9,7	7,5
PC-Planteværn 50%	0,36	0,39	20	16	5,3	9,7	7,2
Markens Planteværn	0,66	0,78	18	14	4,5	14,2	8,7
Planteværnsgruppe	0,49	0,70	18	14	5,7	10,8	7,9
LSD_{95}					*2,8*	*5,8*	
Antal forsøg	8	6	8	6	8	6	14

Sammenlignet til den fulde PC-P dosis er der i gennemsnit af de 14 forsøg høstet 1,7- 2,0 hkg/ha mindre i nettoudbytte ved disse reducerede doseringer (tabel 3). Dette tyder på, at der

ikke skal ske de store justeringer i PC-Planteværns septoria-anbefalinger. I 8 forsøg fra DJF (tabel 4) er der generelt målt højere merudbytter for behandling, hvilket skyldes, at forsøgene er udført i mere modtagelige sorter. Dette er samtidig årsagen til, at behandlingsindekset er højere (0,9-1,4). I DJF-forsøgene er testet 2 versioner af PC-P's septoriamodel, der bruger henholdsvis 4 og 8 dage som tærskelværdi.

Tabel 4. Udbytter, merudbytter og BI fra forsøg ved DJF afprøvning af PC-P med 2 versioner af modellen. Yields, yield increases and treatment frequency index from trials testing PC-P. DJF 1998 & 1999.

DJF 1998 4 forsøg*	Udbytte/merudbytte hkg/ha		BI	DJF 1999 4 forsøg**	Udbytte/merudbytte hkg/ha		BI
	Brutto	Netto			Brutto	Netto	
Ubehandlet	65.9			Ubehandlet	84.9		
Amistar+Corbel (2x 1.0+0.5)	28.7	7.8	3	Amistar (2 x 0.33 l/ha)	21.5	14.8	0.66
PC-P (4 døgn)	26.4	14.9	1.39	PC-P (4 døgn)	21.3	14.5	0.90
PC-P (8 døgn)	26.9	15.0	1.47	PC-P (8 døgn)	16.6	10.9	0.64

* PC-P anbefalede: Amistar/Amistar + Corbel

** PC-P anbefalede: Amistar, Mentor, Folicur eller Corbel afhængig af sygdom

Septoria *(Septoria tritici, Stagonospora nodorum)*

Der er siden 1996 udført 27 forsøg fordelt på 4 år, for at justere og tilpasse den tidligere skadetærskel på 8 nedbørsdage (Hansen et *al.*, 1994 & Jørgensen et *al.*, 1999a). Forsøgene er udført ved DJF og LR (Jørgensen et *al.* 1996, 98, 99; Nielsen & Jørgensen, 1997; Pedersen, 1998 & 1999). Der er forsøgt med 2, 4 og 8 nedbørsdage med >1mm nedbør, som den udløsende faktor for en septoriasprøjtning med Amistar i 2 års forsøg, mens der de sidste 2 år alene er testet 4 og 8 nedbørsdage. Efter 2 og 4 døgn er der ofte behandlet 2 gange, mens der efter 8 dage som tærskelværdi kun er sprøjtet 1 gang i de fleste forsøg. Forsøgene er sprøjtet med 0,3 l Fortress forud for septoria behandlingerne. I nogle af forsøgene har det ikke været muligt at overholde de 8 nedbørsdage, hvilket har vanskeliggjort sammenligningerne.

Resultaterne ses i tabel 5. Sammenfattende kan det siges, at i visse år (1998 og 1997) har 4 og 8 nedbørsdøgn givet ligeværdige nettoudbytter, mens der i 1996 og 1999 er opnået det bedste resultat efter 4 nedbørsdøgn. Forskellene mellem 4 og 8 nedbørsdøgn har oftest ikke været store, men det vurderes, at det er rimeligt at indlægge 4 nedbørsdøgn ikke mindst set i lyset af, at der anbefales relativt lave doseringer.

Som det fremgår af de refererede forsøg, er der ofte blevet anvendt blandinger med strobiluriner. F.eks. er der i forsøgene refereret i tabel 5 sammenlignet såvel en ren Amistarløsning som en løsning med blandingen Amistar + Folicur. I mange af forsøgene har der ikke været forskel på nettoudbyttet, om det er den ene eller den anden løsning, der er brugt. I næsten alle forsøg er der opnået en lidt bedre bekæmpelse med blandingen, ligesom der især i forsøgene fra 1999 har været det bedste brutto- og nettoudbytte. Om det bedre resultat skyldes, at blandingen er bedre eller det forhold, at der er brugt lidt højere

fungicidindsats, kan ikke afgøres. Ved at sammenligne løsningerne efter 8 nedbørsdage har der været tendens til et bedre resultat efter blandingen, hvilket muligvis skyldes, at løsningens kurative effekt er bedre end for den rene Amistar løsning.

Andre forsøgsserier med varierende doseringer ved DJF og Landsforsøgene har vist, at det optimale BI for septoriabekæmpelse varierer mellem 0,25-0,75 Amistar pr. ha afhængig af sort og år. De opnåede BI i forsøgene svinger for 4 nedbørsdage med behandling med Amistar mellem 0,4-0,7, hvilket indikerer, at niveauet er rigtigt. For blandingen Amistar + Folicur ligger BI-niveauet derimod på 0,5-1,0. Dette niveau vurderes til at være for højt og har givet anledning til reduktioner i blandingsforholdet.

Tabel 5. Udbytter, merudbytter og BI fra forsøg i hvede med forskellige tærskler til bekæmpelse af septoria. Yields, yield increases and treatment frequency index in winter wheat with different threshold values for septoria. The trials have been sprayed with 0.3 l Fortress before the treatment against septoria.

Forsøg fra 1996 og 1997	Udbytte og merudbytte hkg/ha			Udbytte og merudbytte hkg/ha		
	Brutto	Netto	BI	Brutto	Netto	BI
Ubehandlet	69,9	-	-	61,8		0
Amistar 1,0 l vs. 45-55	-	-	-	15,9	8,6	1
Amistar 2 x 1.0 l vs 31 & 55	14,7	-2,4	2,0	-	-	-
PC-P 8 dage Amistar	6,1	2,5	0,36	14,0	10,2	0,39
PC-P 4 dage Amistar	10,6	6,3	0,45	14,5	8,6	0,61
PC-P 2 dage Amistar	7,1	3,0	0,42	18,4	10,7	0,84
LSD 95	3,4			4,4		
	2 forsøg fra DJF 1996			2 forsøg fra DJF 1997		
Forsøg fra 1998	Udbytte og merudbytte hkg/ha			Udbytte og merudbytte hkg/ha		
	Brutto	Netto	BI	Brutto	Netto	BI
Ubehandlet	66,7	-	-	74,0	-	-
Amistar 1,0 l vs. 45-55	16,7	8,1	1	2,0	11,4	1,0
PC-P 8 dage Amistar	12,0	8,5	0,36	17,0	13,9	0,41
PC-P 4 dage Amistar	11,9	7,5	0,43	18,9	14,6	0,42
PC-P 8 dage Amistar+Folicur	12,6	9,0	0,44	18,8	14,7	0,5
PC-P 4 dage Amistar+Folicur	11,8	7,4	0,52	19,1	14,5	0,5
	3,5			5,3		
	9 forsøg fra LR			3 forsøg fra DJF		
Forsøg fra 1999	Udbytte og merudbytte hkg/ha			Udbytte og merudbytte hkg/ha		
	Brutto	Netto	BI	Brutto	Netto	BI
Ubehandlet	64,6	-		64,4 j	-	-
Amistar 0,75/1,0 l vs. 45-55*	17,7	9,1	1,0	16,7 b	10,1	0,75
PC-P 8 dage Amistar	12,6	8,2	0,46	13,2 de	8,0	0,54
PC-P 4 dage Amistar	20,6	13,5	0,69	16,4 bc	9,4	0,69
PC-P 8 dage Amistar+Folicur**	16,0	11,1	0,62	14,6 cd	9,6	0,63
PC-P 4 dage Amistar+Folicur	23,0	14,5	1,04	19,2 a	11,2	1,0
	7 forsøg fra LR			4 forsøg fra DJF		

* I DJF forsøgene er anvendt 0,75 l.

** I LR forsøgene er der på grund af vejrforholdene først behandlet efter 11-14 nedbørsdage gennemsnitligt.

Udløsning af en septoriasprøjtning vil ske i næsten alle år på alle lokaliteter. Der er således baseret på et studie af vejrdata fra de sidste 15 år mindre en 10% chance for, at der ikke vil udløses mindst én sprøjtning. Afhængig af året vil der blive udløst 1 eller 2 sprøjtninger. I 1999 blev der udløst 2 sprøjtninger på næsten alle lokaliteter, mens der kun var 1 sprøjtning i en række tilfælde i 1998.

Tabel 6. Antal nedbørsdøgn som udløser behandling mod septoria i vinterhvede afhængig af sorternes resistenskarakterer, samt tidspunkterne for modelstart. Number of days with precipitation, which cause a treatment against septoria depending on the varieties resistance and the growth stage at which the model starts.

Resistensgruppe (se tabel 1)	Vækststadium for modelstart	Antal registrerede nedbørsdøgn inden for optællingsperioden, som er max. 30 dage.
Vinterhvede: Gruppe 0 Eks. på sorter: Ingen p.t.	37	5 (Ingen behandling før vækststadie 39)
Vinterhvede: Gruppe 1 Eks. på sorter: Stakado, Terra	37	5 (Ingen behandling før vækststadie 39)
Vinterhvede: Gruppe 2 Eks. på sorter: Lynx, Ritmo	33	4
Vinterhvede: Gruppe 3 Eks. på sorter: Hussar, Brigadier	33	4 (Dosis hæves i forhold til gruppe 2)

For at tilgodese sorter, som er delvis modtagelige for septoria, er der fortaget følgende differentiering i PC-P's septoriamodel:

- I resistente sorter som f.eks. Stakado og Terra (tabel 2) ændres modelstarten fra vækststadium 32 til vækststadium 37. For disse sorter gælder det, at de ikke vil kunne udløse en behandling før vækststadium 39. Der vil blive udløst behandling efter 5 nedbørsdøgn (tabel 6), eller hvis der findes >10% planter med angreb på 3. øverste blad i perioden fra vækststadie 45 til og med vækststadie 59. Der vil kun kunne blive udløst én behandling i disse to resistensgrupper. P.t. findes der ingen sorter med ingen eller meget lav modtagelighed.
- For modtagelige sorter ændres modelstarten fra vækststadium 32 til vækststadium 33 (når 2. øverste blad er på vej frem). Her vil der blive udløst en behandling efter 4 nedbørsdøgn (tabel 6), eller hvis der findes >10% planter med angreb på 3. øverste blad i perioden fra vækststadium 45 til og med vækststadium 59.
- For gruppen af meget modtagelige sorter (f.eks. Hussar og Brigadier) hæves doseringerne i forhold til de øvrige grupper.

Knækkefodsyge *(Pseudocercosporella herpotrichoides)*

Tidligere kunne risikoen for angreb vurderes enten udfra visuelle angreb i marken eller et pointskema. Da der i de seneste års resultater fra Landsforsøgene og DJF ikke har været rentable merudbytter for bekæmpelse mod knækkefodsyge, ønskes bekæmpelsesindsatsen

reduceret mest muligt. Som en konsekvens af dette er det tidligere anvendte pointskemaet blevet slettet i PC-P. I fremtiden vil en sprøjtning alene blive anbefalet, hvis mere end 35% af planterne i marken er angrebet inden vækststadie 33. Det vil sige at skadetærsklen nu udelukkende bygger på % angrebne planter. Angrebne planter tæller først med, når angrebet er vokset igennem fra den yderste bladskede til den næst yderste. Ved udelukkende at benytte denne skadetærskel uden at inddrage pointsystemet, vil PC-P udløse færre sprøjtninger mod knækkefodsyge end tidligere.

Hvedesorterne vil blive tildelt resistenskarakterer for knækkefodsyge på samme vis som for de øvrige sygdomme. Lynx er p.t. den eneste sort, som skiller sig ud ved at være delvis modtagelig for knækkefodsyge. Alle andre sorter er modtagelige. Kun modtagelige sorter kræver behandling, derfor vil det ikke være muligt at indtaste angreb, medmindre sorten er modtagelig.

Gulrust *(Puccinia striiformis)*

Der har kun været lettere angreb af gulrust i de senere år. Forsøg ved DJF og LR viser, at selv om der opstår mindre angreb, vil flere af de anvendte sorter udvise en høj grad af markresistens. Grundholdningen til håndtering af gulrust i modellerne er ikke ændret, men tidspunktet for modelstart er ændret fra vækststadium 26 til 29, ligesom skadetærsklerne er blevet hævet en smule i sorter med god markresistens. Dosisberegningerne er blevet ændret således, at der nu indgår en resistenskorrektionsfaktor i beregningerne (se afsnittet om dosisberegning). Dette medfører, at resistensgrupperne (tabel 1) kan blive behandlet enten med forskellige doseringer eller ved forskellige skadetærskler.

Meldug *(Erysiphe graminis)*, alle modelafgrøder

For samtlige modelafgrøder, vinterhvede, vår- og vinterbyg samt havre er skadetærsklerne for meldug blevet hævet. Det betyder, at der skal et højere angreb til at udløse en behandling. Samtidig er dosisberegningerne blevet justeret. Grunddoseringen er reduceret, og der justeres endvidere med en resistenskorrektionsfaktor i beregningerne (se afsnittet om dosisberegning). Dette medfører, at resistensgrupperne bliver behandlet enten med forskellige doseringer eller ved forskellige skadetærskler. Disse ændringer er blandt andet foretaget i erkendelse af, at meldug sjældent giver anledning til store udbyttetab. Derfor vurderes det, at der især over for denne sygdom er mulighed for at få nedbragt behandlingsindekset.

Respons i forskellige sorter af hvede

I 1998 blev der udført 2 forsøg med 10 hvedesorter (tabel 7). PC-P blev sammenlignet med et led med 2 fulde doseringer, hvilket medførte en meget høj behandlingshyppighed. PC-P gav i næsten alle sorter et nettoudbytte på niveau med sammenligningsleddet. I alle sorter med nogen resistens gav PC-P det bedste nettoudbytte. Generelt har der været meget lille forskel i de anbefalinger, som blev givet af PC-P i de forskellige sorter, hvilket skyldes, at der næsten alene blev udløst behandling på grund af septoria. Forsøgene fra 1998 viser blandt andet, at

indsatsen i Terra kan reduceres i forhold til andre mere modtagelige sorter. Forsøgene med 10 sorter og PC-P anbefalinger fra 1999 viste ligeledes tilfredsstillende nettoudbytter sammenlignet med standardled med nedsat indsats (tabel 7). PC-P udløste 2 sprøjtninger i næsten alle sorter, og nettoudbyttet afveg ikke meget strategierne imellem. Resultaterne indikerede også her, at der i de mest resistente sorter er mulighed for en reduktion i indsatsen i PC-P. I sorter med god resistens (Stakado) er det ikke nødvendigt med 2 sprøjtninger mod septoria. Hvorimod det i de mest modtagelige sorter, blandt andet Hussar, har været rigtigt med 2 sprøjtninger.

Tabel 7. Udbytter, merudbytter og BI fra sortsforsøg med afprøvning af PC-P. DJF, 1998 og 1999. Yields, yield increases and treatment frequency index from trials with different varieties treated according to PC-P. DJF 1998 and 1999.

2 forsøg **1998** Sortsnavn	Ube-handlet Udbytte hkg/ha	Amistar Pro 2.0 l/ha/Amistar 1.0 l/ha Vs 31 & 45-55			PC-P (Amistar)		
		Merudbytte hkg/ha			Merudbytte hkg/ha		
		Brutto	Netto	BI	Brutto	Netto	BI
Versailles	76.8	28.8	10.4	2	12.5	7.6	0.48
Hunter	70.0	26.3	7.9	2	15.9	10.9	0.49
Ritmo	76.0	29.4	11.0	2	16.7	11.8	0.48
Lynx	77.0	24.7	6.3	2	14.6	9.6	0.49
Cortez	82.7	25.2	6.8	2	15.6	10.6	0.49
Hussar	69.7	31.8	13.4	2	19.1	14.2	0.48
Brigadier	69.8	34.3	15.9	2	12.4	12.9	0.48
Terra	83.5	14.4	-4.0	2	17.7	2.8	0.49
Pentium	77.2	21.8	3.4	2	12.3	9.1	0.49
Trintella	70.8	32.7	14.3	2	19.0	12.3	0.49
Gns	75,3	26,9	8,5		15,1	10,2	

2 forsøg **1999** Sortsnavn	Ube-handlet Udbytte hkg/ha	Amistar 0.5 l/ha Vs 51			Amistar 0,25+Tern 0,2 vs31 /Amistar 0,5 vs 51			PC-P (Amistar)		
		Merudbytte hkg/ha			Merudbytte hkg/ha			Merudbytte hkg/ha		
		Brutto	Netto	BI	Brutto	Netto	BI	Brutto	Netto	BI
Blanding	73.8	11.7	7.0	0.5	16.6	8.2	0.95	12.3	5.5	0.67
Kris	72.8	12.3	7.6	0.5	16.5	8.1	0.95	13.2	6.4	0.67
Ritmo	74.3	11.3	6.6	0.5	13.3	4.9	0.95	16.6	9.8	0.74
Pentium	73.6	12.4	7.7	0.5	15.5	7.1	0.95	11.9	5.1	0.67
Cortez	70.6	13.9	9.2	0.5	15.1	6.7	0.95	12.2	5.4	0.67
Hussar	66.4	10.7	6.0	0.5	19.9	11.5	0.95	17.3	10.6	0.67
Flair	76.2	9.9	5.2	0.5	12.4	4.0	0.95	12.9	4.6	0.95
Windsor	72.1	13.8	9.2	0.5	17.7	9.3	0.95	15.9	9.1	0.67
Stakado	80.9	11.0	6.4	0.5	12.3	3.9	0.95	13.7	6.9	0.67
Trintella	72.0	12.7	8.0	0.5	19.0	10.6	0.95	15.1	8.3	0.67
Gns.	73,3	12,0	7,3		15,8	7,4		14,1	7,1	

Vinterbyg

Bygbladplet *(Dreschslera teres)* og skoldplet *(Rhynchosporium secalis)*

Resultater fra forsøg med PC-Planteværn har vist, at der i gennemsnit kun har været et lille nettomerudbytte for bekæmpelse i vinterbyg (tabel 8). Resultaterne peger på, at der er behov for at hæve skadetærsklerne og justere på doseringerne. Dette er i overensstemmelse med andre forsøg, der har vist, at der i vinterbyg ofte er den bedste økonomi i en enkelt sprøjtning på vs. 37-45. Dette har medført, at skadetærsklerne for bygbladplet og skoldplet i PC-P er ændret, således at der i sorter med ingen eller meget lav modtagelighed samt i delvis modtagelige sorter ikke startes på tælling af nedbørsdøgn før vs. 32.

Tabel 8. Merudbytter, nettomerudbytter og BI i vinterbyg forsøg med PC-P ved DJF og LR 1998 & 1999. Yield increase, net yield and TFI in winter barley trials with PC-P. DJF and LR 1998 & 1999.

DJF 1998 4 forsøg	Udbytte og merudbytte hkg/ha		BI	LR 1998 3 forsøg	Udbytte og merudbytte hkg/ha		BI
	Brutto	Netto			Brutto	Netto	
Ubehandlet	67.2				58.8		
Amistar 0.50 l vs 37-39	8.2	3.5	0.5		8.4	3.7	0.5
Amistar 0.25 l vs 37-39					6.8	4.1	0.25
Tilt top 2x0.5 l vs 31&39	5.2	0.6	0.8				
PC-P (Amistar+Corbel)	6.2	1.1	0.6		4.7	1.7	0.28
PC-P (Tilt top)	4.0	1.1	0.4				
DJF 1999 4 forsøg				LR 1999 2 forsøg			
Ubehandlet	68.4				58.8		
Amistar 0.50 l vs 37-39	3.5	-1.2	0.5		7.3	2.6	0.5
Amistar 0.25 l vs 37-39					6.9	4.2	0.25
PC-P (Amistar+Corbel)	4.8	0.9	0.5		5.5	2.5	0.28

I PC-P skal der indtastes % angrebne planter for både skoldplet og bygbladplet. De to registreringer lægges sammen, når det samlede angreb er >10%, vil det udløse en behandling, hvis tærsklen for nedbørsdøgn samtidig er overskredet (tabel 9). Når der er fundet angreb af begge sygdomme i marken, skal der i lighed med tidligere praksis vælges midler, som er anerkendt mod begge sygdomme. Som det fremgår af tabel 9, ændres dosisberegningerne således, at resistensgrupperne bliver behandlet enten med forskellige doseringer eller ved forskellige skadetærskler.

Bygrust (*Puccinia hordei*)

Bygrust vurderes generelt som den mest tabsgivende sygdom i vinterbyg. Skadetærkslen er derfor forholdsvis høj, og der er ikke fundet forsøgsmæssig baggrund til justering af den tidligere model, men grunddosis er justeret ned.

Tabel 9. Antal nedbørsdøgn som udløser behandling mod skoldplet *(Rhynchosporium secalis)* og bygbladplet *(Dreschslera teres)* i vinterbyg afhængig af sorternes resistenskarakterer (sorts eksempler gælder skoldplet), samt tidspunkterne for modelstart. Number of days with precipitation, which causes a treatment against *Rhynchosporium secalis* and *Dreschslera teres* in winter barley depending on the varieties resistance (examples of varieties concerning *Rhynchosporium*) and the growth stage at which the model starts.

Resistensgruppe (se tabel 1)	Vækststadium for modelstart	Antal registrerede nedbørsdøgn inden for optællingsperioden. + Antal forventede nedbørsdøgn i femdøgnsprognosen.
Vinterbyg: Gruppe 0 Eks på sorter: Paula	32	6 (Dosis reduceres i forhold til sorter tilhørende gruppe 1)
Vinterbyg: Gruppe 1 Eks. på sorter: Hanna, Regina	32	6
Vinterbyg: Gruppe 2+3 Eks. på sorter: Hamu	30	5
Vinterbyg: Sorter fra gruppe 1 sået efter byg.	30	5

Vårbyg

Bygbladplet *(Dreschslera teres)* og skoldplet *(Rhynchosporium secalis)*

I gennemsnit af i alt 13 forsøg fra 1998 og 1999 er der brugt et behandlingsindeks i vårbyg efter PC-P, der ligger mellem 0,43 og 0,57 (tabel 11). Indsatsen har været ret høj, da der har været tale om nedbørsrige år. Som det fremgår af forsøgsresultaterne, opnås der i vårbyg ofte kun begrænsede merudbytter for sprøjtning, og det har været muligt at nedsætte PC-P doseringerne med op til 50%. Resultaterne i vårbyg giver anledning til nedsættelse af doseringerne, dette sker for både meldug, bygrust og skoldplet/bygbladplet. Derudover er skadetærsklen for meldug hævet, mens modellerne for skoldplet og bygbladplet er uændret i forhold til tidligere (tabel 10).

Indsatsen af fungicider i PC-P forsøgene ligget relativt højt og også betydeligt over det vejledende måltal for vårbyg på 0,3. De hævede skadetærskler og reducerede doseringer skal bidrage til en nedjusteret indsats.

Tabel 10. Antal nedbørsdøgn som udløser behandling mod skoldplet *(Rhynchosporium secalis)* og bygbladplet *(Dreschslera teres)* i vårbyg afhængig af sorternes resistenskarakterer (sorts eksempler gælder skoldplet) samt tidspunkterne for modelstart. Number of days with precipitation, which causes a treatment against *Rhynchosporium secalis* and *Dreschslera teres* in spring barley depending on the varieties resistance (examples of varieties concerning *Rhynchosporium*) and the growth stage at which the model starts.

Resistensgruppe (se tabel 1)	Vækststadium For modelstart	Antal registrerede nedbørsdøgn inden for optællingsperioden. + Antal forventede nedbørsdøgn i femdøgnsprognosen
Vårbyg: Gruppe 0 Eks. på sorter: Ingen p.t.	31	7 (Dosis reduceres i forhold til sorter tilhørende gruppe 1)
Vårbyg: Gruppe 1 Eks. på sorter: Meltan, Scarlett	31	7
Vårbyg: Gruppe 2+3 Eks. på sorter: Alexis, Optic	31	5
Vårbyg: Sorter fra gruppe 1 sået efter byg	31	6

Tabel 11. Udbytter, merudbytter og BI i vårbyg forsøg med PC-P ved LR 1998 & 1999. Yield increase, net yield and TFI in spring barley trials with PC-P. LR 1998 & 1999.

LR 1998 6 forsøg	Udbytte og merudbytte hkg/ha		BI	LR 1999 7 forsøg	Udbytte og merudbytte hkg/ha		BI
	Brutto	Netto			Brutto	Netto	
Ubehandlet	60.3				45.5		
0.125 l Amistar + 0,125 l Corbel	5.7	3.5	0.25		2.6	0.4	0.25
0,25 Tilt mega/(0,13 Amistar + 0,13 Corbel)	7.1	2.9	0.50		4.5	0.3	0.50
2 x 0.25 l Tilt Megaturbo	5.6	1.6	0.50		3.5	-0.5	0.50
PC-P (Amistar+Corbel) 100%	6.0	1.8	0.57		1.9	-1.1	0.43
PC-P (Amistar+Corbel) 75%	5.3	2.1	0.43		2.0	-0.5	0.32
PC-P (Amistar+Corbel) 50%	5.4	3.3	0.29		2.2	0.3	0.22
Planteværnsgrupper	3.2	0.3	0.41		3.5	0.5	0.36

Respons i forskellige sorter af vårbyg

I 1997 og 98 blev der ved DJF udført forsøg med 8 vårbygsorter, hvor anbefalingerne med PC-P har været med Tilt top og Mentor. Fem af disse sorter er udvalgt i tabel 12 og viser resultaterne fra Tilt-løsningerne. I de 2 år, hvor Mentor-løsninger har været sammenlignet med Tilt top-løsninger, har der ikke været klare forskelle i de 2 løsningsmodeller. I 1999 blev der udført forsøg i 8 sorter, hvor Amistar + Corbel blev brugt som løsning (tabel 13). Generelt viser resultaterne, at der er store forskelle i de opnåede merudbytter i forskellige sorter men også forskelle årene imellem. Samlet kan det siges, at PC-P har givet god bekæmpelse og merudbytte i meldugmodtagelige sorter, dog vurderes det, at doseringerne kunne være lavere, og at skadetærsklerne godt kunne være lidt højere. I år med meget fugtighed, hvilket har været

tilfældet i både 97, 98 og 99, er der sprøjtet mod bygbladplet/skoldplet. Også her vurderes doseringerne at have været i overkanten (0,4-0,5). I to sorter (Linus + Bartok) er der ikke sprøjtet på den ene lokalitet i 1999, da der ikke blev fundet synlige angreb af hverken bygbladplet eller skoldplet. Nettoudbytterne i de sprøjtede led har været yderst begrænsede i dette forsøg, hvilket indikerer, at det var rigtigt at indlægge en visuel vurdering af bygbladplet og skoldplet sammen med nedbørsregistreringen.

Tabel 12. Udbytter, merudbytter og BI fra sortsforsøg med afprøvning af PC-P, hvor der er brugt Tilt top løsninger sammenlignet med 2 x 0,3 Tilt top (2xT). DJF, 1997 og 1998. Results of trials with different varieties treated according to PC-P. DJF 1997 and 1998.

	2 forsøg 1997 forsøg						2 forsøg i 1998					
	Udbytter og merudbytter hkg/ha						Udbytter og merudbytter hkg/ha					
	Ubeh	Brutto		Netto		BI	Ubeh	Brutto		Netto		BI
Sortsnavn		2xT	PC-P	2xT	PC-P	PC-P		2xT	PC-P	2xT	PC-P	PC-P
Alexis	65,3	2,3	2,1	-2,3	-0,8	0,4	61,9	13,5	9,0	8,9	5,2	0,50
Meltan	63,7	2,5	0,9	-2,1	-2	0,4	62,1	4,6	4,4	0	0,5	0,53
Optic	62,4	4,7	4,2	0,1	1,3	0,4	60,1	9,7	9,1	5,1	4,8	0,60
Maud	57,6	4,4	9,0	-0,2	4,3	0,6	50,8	13,7	12,0	9,1	7,8	0,59
Sortsblanding	65,5	1,5	1,0	-3,1	-1,9	0,4	61,9	7,9	6,4	3,3	3,0	0,43
gns.		3,1	3,4	-1,5	0			9,9	8,2	5,3	4,3	

Tabel 13. Udbytter, merudbytter og BI i 8 forskellige vårbyg sorter behandlet efter 4 forskellige strategier. 1xAm= 1,0 l Amistar Pro (vs 32-37); 2xT =2 x 0,3 l Tilt Megaturbo (vs 29 & 37-39); 2x Am= 0,5 l Amistar Pro (vs 29) & 0,25 l Amistar (vs 37-39); PC-P = PC-Planteværn. DJF 1999. Yield respons in 8 spring barley varieties with different fungicide strategies. DJF 1999.

	Udbytte/merudbytte hkg/ha					Nettoudbytte hkg/ha				BI
Sort	Ube.	1xAm	2xT	2xAm	PC-P	1xAm	2xT	2xAm	PC-P	PC-P
1. Blanding *	67.1	6.5	7.4	9.7	9.2	1,2	3,0	3,9	4,5	0,5
2. Alexis	58.2	9.0	10.2	11.8	12.0	3,7	5,8	6,0	6,7	0,6
3. Lamba	63.0	8.5	7.1	10.1	8.8	3,2	2,7	4,3	3,5	0,6
4. Optic	62.0	6.8	7.5	10.2	10.1	1,5	3,1	4,4	4,6	0,7
5. Scarlet	64.8	5.9	5.0	10.9	8.4	0,6	0,6	5,1	3,2	0,5
6. Henni	64.0	11.3	11.6	14.1	15.4	6,0	7,2	8,3	8,7	0,8
7. Bartok	67.2	7.0	7.7	6.7	4.6	1,7	3,3	0,9	3,7	0,2
8. Linus	63.5	7.1	7.5	9.6	0.9	1,8	3,1	3,8	-0,1	0,2
Gennemsnit	63.7	7.8	8.0	10.4	8.7	2,5	3,6	4,6	4,3	

* Blandingen består af sorterne: Otira, Linus, Alexis og Henni.

Andre europæiske beslutningsstøttesystemer

DJF har i 1999 deltaget i afprøvningen af den engelske vinterhvedemodel DESSAC. Denne model bygger på en fysiologisk vækstmodel, som optimerer behandlingstidspunktet i forhold til planternes udvikling (Brooks, 1998). Softwaredelen til DESSAC er endnu ikke færdigudviklet, hvilket medførte en del problemer i forbindelse med testforsøgene i 1999. Derfor er det svært at vurdere modellen på baggrund af disse forsøg. DJF har planer om at afprøve og sammenligne DESSAC, PRO_PLANT og PC-P i vinterhvede i vækstsæsonen 2000. PRO_PLANT er et tysk beslutningsstøttesystem, som i høj grad er baseret på klimadata (Hindorf et *al.*, 1998). Ved hjælp af vejrdata forudsiger modellerne den præcise behandlingsdato samt hvilket middel, det vil være optimalt at anvende i den givne situation. Disse testforsøg vil forhåbentlig kunne give inspiration til den videre udvikling af PC-P.

I 1999 blev der ved DJF og LR afprøvet en Septoria Timer, som er udviklet af Thies Clima, (www.thiesclima.com/septoria.htm). Septoria Timeren består af en bladfugtighedsmåler og en datalogger. Fugtighedsmåleren placeres i afgrøden i højde med 3. øverste blad. Hvis der er høj luftfugtighed (>98%) over en periode på 48 t og dermed gode forhold for *Septoria tritici*, registrerer dataloggeren dette som en infektionsperiode, hvilket betyder, at der er behov for bekæmpelse. Bekæmpelsen bør udføres senest 7 dage efter, at infektionsperioden er sluttet. I forsøgene ved LR har de led, der er blevet behandlet efter Septoria Timeren ikke givet bedre merudbytter end de led, der er behandlet efter 4 nedbørsdøgn (tabel 14). Det samme gør sig gældende for forsøget udført ved DJF.

Tabel 14. Udbytter, merudbytter og BI i forsøg hvor Septoria Timeren er afprøvet sammen med PC-P. 5 forsøg LR 1999. The Septoria Timer tested together with PC-P. 5 trials LR 1999.

Behandling (alle led er behandlet med Fortress)	Nedbørsdøgn	Udbytter og merudbytter hkg/ha		BI
		Brutto	Netto	
Fortress		65.6		
Septoria Timer (Amistar + Folicur)		21.7	14.6	0.88
1x1.0 l Amistar vs 45-55		19.8	11.2	1.00
PC-P (Tilt top)	4	16.9	10.0	1.02
PC-P (Amistar)	4	23.3	15.9	0.72
PC-P (Amistar + Folicur)	4	25.8	16.9	1.09

Diskussion og konklusion

I år 2000 versionen af PC-Planteværn er der foretaget væsentlige ændringer i programmets sygdomsmodeller. Disse ændringer er hovedsageligt baseret på forsøgsresultater med strobiluriner, ligesom det er tilstræbt at imødegå kravene om at nedsætte fungicidforbruget. De gennemgåede resultater viser, at PC-P overordnet set har klaret sig rimeligt godt i forsøgene. Det høstede merudbytte er ofte lidt lavere, mens nettoudbyttet ligger på niveau med andre lavdosisstrategier. Tabel 3 og 11 viser, at en reduktion af PC-P anbefalingerne med

op til 50% ikke fik væsentlige konsekvenser for merudbyttet. I hvede viste de fleste resultater dog en svag nedgang i nettoudbyttet, dog ikke i Stakado, der godt kunne tåle en reduktion i dosis på 50%. I vårbyg var der generelt et forbedret nettoudbytte. Graden af nedsættelse skal dog ses i lyset af, at man i et beslutningsstøttesystem bør indarbejde en vis forsigtighed, således at programmets anbefalinger heller ikke medfører udbyttetab i den værst tænkelige situation.

Sorternes resistens

Gode resistensegenskaber vil selvsagt have væsentlig betydning for behandlingsindekset. Som det fremgår af tabel 2, er det ikke muligt for alle sygdomme at inddele sorterne i de ønskede resistensgrupper. I en del tilfælde er der ingen sorter, som har tilstrækkelige gode resistensegenskaber til at kunne få betegnelsen 'ingen eller meget lav modtagelighed'. Især for sygdomme, der kan medføre meget store tab, som f.eks. septoria, vil det være ønskeligt at have flere sorter med bedre resistens. Samtidig er det selvfølgelig vigtigt at have adgang til flest mulige oplysninger vedrørende sorternes resistensegenskaber, hvis disse egenskaber skal kunne udnyttes optimalt i PC-P.

Skadetærskler

For septoria sygdommene har det været nødvendigt at udføre en række forsøg for at få fastlagt hvilken skadetærskel, der er optimal i forbindelse med anvendelsen af strobiluriner. Som det fremgår af tabel 5, har der været foretaget forsøg med behandling mod septoria efter henholdsvis 4 og 8 nedbørsdøgn. Resultaterne viser, at forskellene mellem 4 og 8 døgn med nedbør ikke i alle tilfælde har været store, og det vil selvfølgelig være ønskeligt at få foretaget flere forsøg med en større differentiering af antal nedbørsdøgn for at få fastlagt den optimale skadetærskel. Det samme gør sig gældende for bygbladplet og skoldplet. For disse to sygdomme vil det også være ønskeligt at få fastlagt en mere præcis skadetærskel for, hvor stort et angreb i marken, der kan tolereres, før antal nedbørsdøgn skal afgøre, om en behandling er nødvendig. På baggrund af historiske datasæt af klima, angreb og udbytte vil der blive arbejdet videre med udviklingen af mere klimabaserede skadetærskler.

Påvirkning af fungicidforbruget

Den generelle anvendelse af lavdosisstrategier med fungicider i Danmark har bidraget til, at BI allerede er reduceret med mere end 50% i forhold til referenceperioden 1981-85. En yderligere nedsættelse af forbruget vurderes mulig, som dokumenteret i blandt andet vårbyg. Større anvendelse af resistente sorter samt den generelle sænkning af dosis i den nye version af PC-P vil blandt andet bidrage til denne udvikling.

Fremtidens PC-Planteværn

De udenlandske beslutningsstøttesystemer, som er blevet testet i Danmark, er med til at give input til den videre udvikling af PC-P. Som tidligere nævnt, vil brugen af klimadata komme til at indgå som en væsentlig faktor, når sygdomsmodellerne skal optimeres yderligere.

Brugen af Internettet vil komme til at spille en væsentlig rolle, når der skal udvikles modeller, som i højere grad baserer sig på klimadata. Ved at udnytte Internettet vil det også være muligt at foretage en løbende opdatering af programmet. Testforsøgene med de forskellige systemer har dog understreget, at det er vigtigt at holde fast i, at beslutningsstøttesystemer skal være nemme at benytte. For at brugeren kan have tillid til systemet, er det samtidig af væsentlig betydning, at man har mulighed for at sætte sig ind i de principper, der ligger til grund for systemets modeller.

Litteratur

Brooks D.H. 1998. Decision Support System for Arable Crops (DESSAC): an integrated approach to decision support. The 1998 Brighton Conference, Pest & Diseases. British Crop Protection Council. 239-246.

Hansen J.G.H., Secher B.J.M., Jørgensen L.N. & Welling B. 1994. Thresholds for control of *Septoria spp.* In winter wheat. Plant Pathology 43. 183-189.

Hindorf H., Kraska T., Johnen A., Thieron M. 1998. Disease forecast systems optimizing fungicide application in Germany with special reference to PRO_PLANT. Proceedings of the 12th International Symposium on Systemic Fungicides and Antifungal Compounds, Castle of Reinhardsbrunn (Thuringia), May 24.-29.1998.61-67.

Jensen K.F. & Jørgensen L.N. 1999. Forskellige hvedesorters respons på behandling med strobiluriner. 16. Danske Planteværnskonference. DJF rapport 10. 161-175.

Jørgensen L.N. & Nielsen B.J 1996. Results from field trials 1996. Control of diseases in cereals. Statens Planteavlsforsøg, Lyngby.

Jørgensen L.N., Nielsen B.J., Jensen K.F., Hansen L.M. & Paaske K. 1998. Diseases and insects in arable crops and vegetables. Results from testing of fungicides, insecticides and seed-treatments. Research Centre Flakkebjerg.

Jørgensen L.N., Nielsen B.J., Jensen K.F. & Paaske K. 1999. Diseases and insects in arable crops and vegetables. Results from testing of fungicides, insecticides and seed-treatments. Research Centre Flakkebjerg.

Jørgensen L.N., Secher B.J. & Hossy H. 1999a. Decision Support Systems Featuring Septoria Management *in* Septoria on Cereals: a Study of Pathosystems. Edited by Lucas, J.A.; Bowyer, P. & Anderson, H.M. CABI Publishing. 251-262.

Nielsen B.J & Jørgensen L.N. 1997. Results from field trials 1997. Control of diseases in cereals.Research Centre Flakkebjerg.

Pedersen C.Å. 1998 Oversigt over Landsforsøgene 1998. Landsudvalget for Planteavl. Landbrugets Rådgivningscenter.

Pedersen C.Å. 1999 Oversigt over Landsforsøgene 1999. Landsudvalget for Planteavl. Landbrugets Rådgivningscenter.

Stigwood P. 1999. COST 817 – European Yellow Wheat Rust. Unpublished.

URL: www.planteinfo.dk/sortinfo

URL: www.thiesclima.com/septoria.htm

PC-Planteværn - faktorer i ukrudtsbekæmpelsen, som påvirker behandlingsindeks

PC-Plant Protection - factors in weed control that affect the treatment intensity index

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

Summary

The initial release of the weed model in the Danish decision support system named PC Plant Protection (PCP) was made in 1991. Since then the program has been adjusted several times continuously aiming for a reduction of pesticide use in an increasing number of crops. In the development process an iterative method is used. With a set-off in ideas of new potentials, decision algorithms are developed in prototypes. These are subjected to testing and adjustments, until a political acceptable balance between robustness and potential is achieved.

The weed module is most advanced in cereal crops, in which the present version of the program can simulate dose/response relations in about 540,000 different combinations of: crop name, season, weed name, weed size and climatic regimes. Following these calculations the Additive Dose Model (ADM) has been integrated. This model allows for the optimisation of herbicide tank-mixtures according to herbicide cost or the Treatment Intensity Index (TII), which is an index summarising the number of full rates of pesticides used within a growing season. This feature meets new political restrictions on pesticide use, which comprice new taxes and a maximum level of the TII of 0,7 in spring cereals and 0,8-1,2 in winter cereals.

618 field tests in cereals show that this programme is very robust and that the present version can provide satisfactory regulation of weeds with very low TII. In a full growing season scenario, where monocot weeds, dicot weeds, perennial weeds and wild oat are included according to the relative representation, respectively, TII-values of 0,59 in winter wheat and 0,43 in spring barley are released. These calculations indicate a very substantial potential to operate safely within the new political maximum levels of TII.

Indledning

Den første version af PC-Planteværn (PCP) blev frigivet i foråret 1991. Siden da er der løbende gennemført opdateringer og udvikling af programmets faciliteter. En oversigt over det historiske forløb i udviklingsarbejdet vises i tabel 1. Den grundlæggende målsætning for programmet er fortsat at bidrage til en udvikling imod et lavere forbrug af pesticider. De

seneste forbrugstal viser 1,4 i behandlingshyppighed (BH) for anvendelsen af herbicider i korn (Miljøstyrelsen, 1997). I denne artikel vil programmets muligheder for at bidrage til reduktion af BH for herbicidanvendelserne i korn blive vurderet. Bidrag til BH, som måles på bedrifts- eller markniveau, omtales her som behandlingsindeks (BI).

Tabel 1. Historisk oversigt over større ændringer af ukrudtsmodeller i PCP. Historical overwiev of major changes of weed models in PCP.

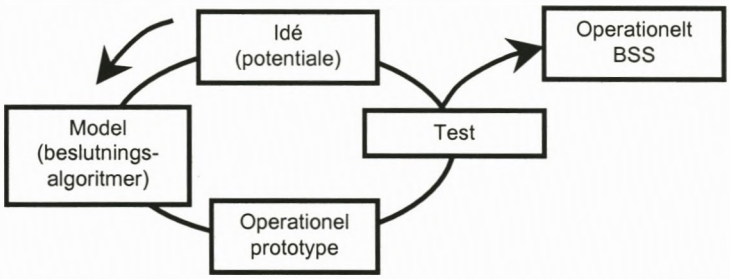
År Year	**Udvikling af program faciliteter** Development of programme facilities
1991	• Frigivelse af model i vårbyg og vintersæd, som kan fastlægge behov for bekæmpelse, vælge herbicider og beregne doser under hensyntagen til forskelle mellem arter og størrelser af ukrudt i følsomheden over for herbicider • Samme basale funktionalitet i ærter og raps, men kun normale doser præsenteres som løsninger
1994	• Ændring af effektkrav i kornafgrøder fra '90%-version' til '70%-version • Indbygning af beregningsmodel i flere afgrøder: vårhvede, havre, byg med græsudlæg og byg med kløverudlæg
1996	• Indlæggelse af modelberegning for kvik, spildkorn og flyvehavre • I kornmodeller: indbygning af faktorkorrektion for temperaturer og RH samt tørkestress • I vårbyg og vinterhvede: Indbygning af korrektion af doseringsberegninger for forskelle i konkurrenceevne mellem sorter
1998	• Omlægning fra DOS til Windows 95
1999	• I kornmodeller: indbygning af den Additive Doseringsmodel (ADM). Bruger vælger optimering af herbicidblandinger efter pris eller behandlingsindeks (BI) • Indlæggelse af modul med billeder, tekst og grafik af ukrudtsplanter på forskellige udviklingstrin til hjælp for identifikationsopgaver • Ændring af fastlæggelse af behov for bekæmpelse, således at stigende ukrudtstætheder udløser stigende effektkrav

Metoder

Programmet er udviklet i samarbejde mellem Danmarks JordbrugsForskning og Landbrugets Rådgivningscenter. De oprindelige programstrukturer udsprang af 1) et politisk ønske om hurtigt at opnå en markant reduktion af herbicidforbruget og 2) et forventet potentiale i at operationalisere resultater for herbicidernes effektivitet på markniveau.

Tidligt i udviklingsprocessen blev det imidlertid erkendt, at der er en betydelig afstand mellem 1) den operationelle værdi af de bidrag, som forskningen leverer og 2) dynamikken i de løsningsforslag, som et operationel BSS til brug i plantebeskyttelse skal indeholde.

Arbejdsmetoden i opbygningen af et BSS blev tilpasset denne erkendelse. Traditionelle, reduktionistiske bidrag fra forskningen blev således inddraget som værdifulde byggeelementer, men det blev hurtigt erkendt, at sådanne resultater aldrig vil blive tilstrækkelige alene til at etablere et BSS, som er operationelt i stor skala. Et tilbagevendende problem er, at resultater fra forskningsarbejde ofte er for sporadiske, for statiske og for specifikke til at kunne simulere den bredde og dynamik, som er nødvendig i et operationelt BSS. Et bærende princip i udviklingsarbejdet for programmet har derfor været evolution snarere end reduktion. Den oprindelige, iterative arbejdsmetode, som fortsat anvendes i PCP, er illustreret i figur 1. Erkendelsen af forskningens begrænsninger på dette område understreger endvidere det politiske behov for at prioritere den strategiske indsats i forskningsarbejdet, således at altid sparsomme ressourcer til forskning prioriteres under hensyntagen til de politiske potentialer, som forskningen forventes at bidrage med. De traditionelle forskningsmæssige kriterier for at evaluere den udførte forskning tilgodeser imidlertid ikke en sådan prioritering (Rydahl, 1996).



Figur 1. Den iterative arbejdsmetode, som anvendes ved udvikling af ukrudtsmodeller til PCP. The iterative working process that is used in the development process of weed models for PCP.

Med udgangspunkt i en idé, som forventes at rumme et potentiale for reduktion af herbicidforbruget, fastlægger et ekspertpanel beslutningsalgoritmer, som indbygges i et operationelt prototype program. Dette udsættes for relativt omfattende afprøvning under praktiske forhold, og programmet justeres og genafprøves, indtil der foreligger en politisk acceptabel balance mellem programmets robusthed og potentiale.

Programmets basale men fortsat aktuelle beslutningsalgoritmer er beskrevet detaljeret tidligere. Med udgangspunkt i ekspertfastsatte krav til relativ effekt på biomasse 4-6 uger efter en herbicidbehandling for hver af de ukrudtsarter, som indberettes til modellen, anvendes formel (1) til beregning af nødvendige doser af de herbicider, som aktuelt er anerkendte og markedsførte (Baandrup, 1989; Rydahl, 1995a). Disse beregnede doser af enkeltherbicider anvendes herefter som input til den Additive Doseringsmodel (ADM), som kan beregne optimerede tankblandinger (Kudsk & Mathiassen, 1997). Brugeren vælger, om

løsningsforslagene, som kan indeholde 1-3 herbicider i sprøjteblandingen, skal optimeres efter pris eller behandlingshyppighed.

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

hvor:

E_n er den relative effekt på ukrudtsart n

S_i konkurrenceevne af kortsort i (Christensen, 1994)

a_n horisontale forskydning af dosis/respons kurven for en kombination af afgrøde, sæson og ukrudtsart n. Estimater baseres hovedsagelig på resultater fra officiel afprøvning

b_h stejlhed af dosis/respons kurve ved ED_{50} for herbicid h (ikke publiceret)

d aktuel dosering

r_s korrektionsfaktor for betydningen af ukrudtets størrelse (ikke publiceret)

r_t korrektionsfaktor for betydningen af temperatur og Rh på sprøjtedagen (Kudsk & Kristensen, 1992)

r_v korrektionsfaktor for betydning af tørke (ikke publiceret)

Programmet indeholder for tiden ca. 5000 estimater for a_n, 4 niveauer for r_s, 9 niveauer for r_t og 3 niveauer for r_v, hvilket giver modellen: 5000 x 4 x 9 x 3 = 540.000 scenarier at vælge imellem ved en konsultation. Det samlede antal teoretisk mulige løsningsforslag, når også mulighederne i ADM-modellen medregnes, er ikke beregnet, men der er tale om et meget stort antal løsningsmuligheder.

Resultater

Som beskrevet ovenfor, anvender ukrudtsmodellerne i PCP beregningsparametre, som er forskelligt dokumenteret. Helt afgørende for en vurdering af programmets robusthed og potentiale i praksis er derfor de landsforsøg, som er gennemført til validering af forskellige versioner af programmet. En fuldstændig dækkende afprøvning af alle kombinationsmulighederne i programmet er imidlertid ikke praktisk mulig at gennemføre.

Et sammendrag af det historiske forløb af modelafprøvningerne vises i tabel 2 (Rydahl, 1995b; Rydahl, 1999). Oversigten medtager i alt 618 valideringsforsøg, som er gennemført i løbet af 9 vækstsæsoner. Det bemærkes hertil, at antallet af lokaliteter er noget mindre end antallet af afprøvninger, idet nogle programversioner er afprøvet i samme forsøg. Resultater for udbytte vises ikke her, men der har ikke været tilfælde, hvor udbyttet efter modelbehandlinger har været signifikant forskelligt fra referencebehandlinger. Betegnelsen 'klima2' refererer til version 2 af integration af betydningen af tørkestress, som her baseres på subjektive klassificeringer af planternes stresstilstand. I en tidligere version med betegnelsen 'klima1' blev der korrigeret for subjektive klassificeringer af jordens tørhed, hvilket udløste urimeligt mange og urimeligt høje doseringer.

Ud over afprøvningerne af modellernes robusthed og potentiale er der gennemført i alt 9 skriftlige evalueringer af programmet blandt brugere. I perioden 1988-95 var det udelukkende planteavlskonsulenter, som blev spurgt. Efter det første større ryk i salget til landmænd i 1996, blev første undersøgelse blandt landmandsbrugere gennemført. Indtrykkene fra

evalueringerne har gået i mange retninger og givet værdifulde tilbagemeldinger om fejl og mangler i samt nye ønsker til programmet. Nogle gennemgående synspunkter er opsummeret i tabel 3.

Tabel 2. PC-Planteværns robusthed og potentiale som demonstreret i 618 valideringsforsøg. Robustness and potential of PC Plant Protection as demonstrated in 618 experiments for model validation.

Afgrøde og årstid Crop and season	**Modelversion** [1] Model version[1]	**Test-periode** Test period	**Antal forsøg** No. of trials	**Dækning af ukrudt ved høst** Weed cover at harvest	**BI-bidrag** TII-value
Vinterhvede efterår Winter wheat autumn	90%	89-92	37	8%	0,69
	70%	89-94	80	9%	0,50
	70% + klima2	94	17	3%	0,55
	70% + klima2 + ADM, BI-optimering [2]	97-98	16	10-12%	0,44
Vinterhvede forår Winter wheat spring	90%	89-93	48	7%	1,20
	90%+ klima2	94	15	14%	1,53
	70%	89-94	40	4%	0,76
	70%+ klima2	94	17	5%	0,96
	70%+ klima2 + sort [2]	94	17	6%	0,97
Vårbyg Spring barley	90%	87-91	86	6%	0,75
	70%	88-94	97	8%	0,49
	70% + klima2	93-94	12	4%	0,55
	70% + klima2 + sort	92-94	21	4%	0,59
	70% + klima2 + sort + ADM, BI-optimering [2]	96-97	12	4-6%	0,35
	50%	89-94	70	6%	0,34
	50% + klima2	93-94	12	5%	0,37
	50% + sort	92-94	21	6%	0,39
Sum Sum			618		

[1] **Følgende forkortelser er anvendt:** Abbrevations used:

1. **90%, 70% og 50% refererer til det gennemsnitlige tilstræbte effektniveau.** 90%, 70% and 50% refer to the average aimed efficacy level.
2. **klima2: inklusive faktorkorrektion for betydning af temperatur, Rh og tørke.** klima2: Correction factors quantifying influence of temperature, Rh and water stress included.
3. **sort: inklusive korrektion for forskelle i konkurrence evne af forskellige sorter.** Corrections quantifying differences in competitive abilities of different cultivars included.
4. **ADM, BI-optimering: inklusive optimering af herbicidblandinger efter behandlingsindeks.** Optimisation of herbicide mixtures for TII included.

[2] **Modelversion i verserende program.** Model version in present version of program.

Diskussion

Af tabel 2 fremgår, at det samlede afprøvningsarbejde med forskellige versioner af PCPs ukrudtsprogram har været meget omfattende. Enkelte forsøg er imidlertid kasseret på grund af generel misvækst og lignende. Det ses også, at de verserende modeller er resultatet af 4-6 iterationer, hvor der har været en tendens til faldende BH i de fremadskridende afprøvninger. Der har i disse forsøg ikke været tilfælde af mangelfuld ukrudtsbekæmpelse, som med rimelighed har kunnet tilskrives programmets anvisninger. Den verserende udgave af programmet er afprøvet i 28 forsøg med meget ukrudt, hvilket udløste 0,35 BH i vårbyg og 0,44 BH i vinterhvede (Rydahl, 1999).

Tabel 3. Gennemgående synspunkter blandt planteavlskonsulenter, agrokemiske firmaer og landmænd fra 9 spørgeskema undersøgelser. Common views as stated in 9 surveys among farmer's consultants, agrochemical reps and farmers.

8 undersøgelser blandt planteavlskonsulenter og agrokemiske firmaer i 1991-1995 8 surveys with farmers consultants, agrochemical reps in 1991-1995	**1 undersøgelse blandt landmænd i 1996 (Murali *et al.*, 1999)** 1 survey among farmers in 1996 (Murali *et al.*, 1999)

• programmets løsningsforslag er pålidelige
• der er for få blandinger
• brugeren skal kunne bestemme krav til effekt
• brugervenligheden er for dårlig
• i én undersøgelse mente 80%, at programmet har 'middel' eller 'stor' værdi i rådgivningsarbejdet
	• 682 landmænd spurgt, 546 svar
	• 80% havde prøvet programmet, heraf mente:
	  • 37% at have sparet penge
	  • 65%, at anbefalingerne var 'gode' eller 'meget gode'
	  • 72%, at programmet er 'let' eller 'meget let' at anvende

Det er måske overraskende, at der har været stigende BH efter integration af korrektion for klimaforholdene. Dette kan imidlertid tilskrives, at afprøvningen af denne reviderede modelfacilitet kun omfatter ét forsøgsår, 1994, hvor det var relativt koldt i sprøjtesæsonen. Ligeledes kan det undre, at de umiddelbart lovende afprøvninger af en modelversion, som kræver kun 50% effekt i vårsæd, ikke er blevet implementeret. Dette skyldes en almen bekymring for programmets robusthed ved den stigende variation i effektmålinger, som generelt opnås ved faldende effektniveau.

Ud fra et detaljeret kendskab til modellens opbygning, de heri indgående parameterværdier samt en subjektiv tolkning af resultaterne i tabel 2, kan der opstilles en rangorden for de i PCP indgående parametres potentiale for at reducere BH, som vises i tabel 4.

Tabel 4. Rangorden af parametre i PC-Planteværn efter potentiale for at reducere BH.
Ranking of parameters in PC-Plant Protection according to the potential to reduce TII.

Nr. No.	**Beskrivelse af parameter** Description of parameter
1.	Effektkrav
2.	Forskelle mellem ukrudtsarter
3.	Forskelle mellem ukrudtets udviklingstrin
4.	Temperatur og Rh
5.	Forskelle i konkurrenceevne mellem kornsorter

Denne rangorden er vigtig at inddrage ved enhver overvejelse om at anvende herbicider. Det har eksempelvis store konsekvenser for BI i opadgående retning, hvis der vælges doser, som 1) giver en meget højt effekt på ukrudtet i korn gennem hele vækstsæsonen eller 2) kan bekæmpe flere ukrudtsarter, end der aktuelt forekommer.

Det bemærkes, at også tørkestress er potentielt meget betydningsfuld for BI i opadgående retning men et yderst sjældent fænomen i Danmark ved ukrudtsbekæmpelse i korn. Hensyntagen til klimaforhold har i de senere år givet anledning til mange konkrete anvisninger. Regulering af herbiciddoser for betydningen af temperatur og Rh giver imidlertid kun mening, når der samtidig inddrages højere rangerende parametre, jf. tabel 4.

Med udgangspunkt i de udløste BI-værdier i tabel 2, kan man ved skønsmæssigt at anslå andele af kornarealet, som har behov for bekæmpelse af andre ukrudtsproblemer, beregne et samlet bidrag til BH for anvendelsen af herbicider i korn. Dette er forsøgt i tabel 5 for vintersæd og i tabel 6 for vårsæd. Det fremgår, at ukrudtsbekæmpelsen i vintersæd udløser 0,59 BH, medens ukrudtsbekæmpelsen i vårsæd udløser 0,43 BH. Idet disse tal inddrager resultater fra afprøvninger af PCP under meget høje ukrudtstryk, må de beregnede bidrag til bekæmpelse af 'frøukrudt' betragtes som relativt konservative. Der er således gode muligheder for at indfri måltallene for BH, som udgør 0,7 for vårbyg og 0,8-1,2 for vintersædsafgrøderne (Kudsk & Rydahl, 2000).

Det bemærkes, at bekæmpelse af kvik umiddelbart før og efter høst generelt ikke indgår i opgørelserne, idet denne herbicidanvendelse ikke indgår i Miljøstyrelsens udregning af BH i korn.

Brugerundersøgelserne bærer præg af de perioder, hvori de er gennemført. Flere fejl og uhensigtsmæssigheder i programmet, som har givet anledning til gennemgående klager fra konsulenter, er således blevet rettet i senere udgaver af programmet. De adspurgte landmænd har tilsyneladende været rimeligt tilfredse. Et tilbageværende problem er dog alligevel brugervenligheden i programmet. Idet en landmand vil åbne programmet måske kun nogle få gange hver sæson, skal brugervenligheden være særdeles høj. Omlægningen til Windows95, som blev gennemført i 1997, gav en væsentlig forbedring på dette område, men der er fortsat centrale strukturer i programmet, som bør forbedres væsentligt.

Tabel 5. Bidrag til BH i vintersæd, når PCP anvendes. Estimated TII-values, when PCP is used.

Tid Time	**Ukrudtsarter** Weed species	**BI- og BH-bidrag ved brug af PCP** TII-values when PCP is broadly used		
		BI TII, field	**Anslået areal med behov** Estimated area with a need	**BH** TII, country
Oktober October	**Frøukrudt** Seeded weeds	0,44	1,00	0,44
April April	**Forårsfremspiret ukrudt, f.eks. Burre-snerre**/Weeds germinated in spring, e.g. *Galium aparine*	0,35	0,20	0,07
Juni June	**Rodukrudt** Perennial weeds	0,80	0,05	0,04
	Flyvehavre Wild oat	0,80	0,05	0,04
Sum Sum				0,59

Programmet blev oprindeligt udviklet med landmænd som primær målgruppe. Dette skyldes, at programmets potentiale for at reducere pesticidforbruget i vid udstrækning opnås ved at anvendelsen af pesticider tilpasses behovet i den enkelte mark eller delmark. De hertil nødvendige markregistreringer bevirker, at programmets potentiale kun kan udnyttes fuldt ud med landmændenes mellemkomst.

I internationalt perspektiv er ukrudtsmodellerne i PCP fortsat unikke. Der findes imidlertid adskillige IT-baserede værktøjer i udlandet, som kan foreslå egnede herbicider imod en aktuel ukrudtsbestand. Ingen af disse har imidlertid indbygget kontinuerte dosis/respons funktioner, hvorved de dynamiske muligheder for at tilpasse anvendelsen af herbicider til behovet i den enkelte mark er stærkt begrænsede.

Blandt de umiddelbart forestående opgaver for PCP vil være at distribuere programmet via Internet. De væsentligste gevinster herved vil være, 1) at slutbrugerne fritages for at foretage rutinemæssige programopdateringer, og 2) at mulighederne for løbende at kunne revidere programmets indhold vil forbedres væsentligt.

Tabel 6. Bidrag til BH i vårsæd, når PCP anvendes. Estimated TII-values on field and country level, when PCP is used.

Tid Time	**Ukrudtsarter** Weed species	**BI- og BH-bidrag ved brug af PCP** TII-values on field and country level when PCP is used		
		BI TII, field	**Anslået areal med behov** Estimated area with a need	**BH** TII, country
April April	**Frøukrudt** Seeded weeds	0,35	1,00	0,35
Juni June	**Rodukrudt** Perennial weeds	0,80	0,05	0,04
	Flyvehavre Wild oat	0,80	0,05	0,04
Sum Sum				0,43

Dansk sammendrag

Den første frigivelse af PC-Planteværn (PCP) blev gennemført i foråret 1991. Der er siden da løbende foretaget revisioner af programmet med henblik på at kunne anvise løsninger med til stadighed lavere herbicidforbrug i stadigt flere afgrøder. I udviklingsarbejdet benyttes en iterativ proces, hvor der med udgangspunkt i politiske potentialer fastlægges beslutningsalgoritmer i prototyper. Disse afprøves og justeres, indtil der opnås en politisk acceptabel balance mellem robusthed og potentiale.

Ukrudtsprogrammet er mest udbygget i kornafgrøder, og den verserende udgave af programmet kan simulere dosis/respons i ca. 540.000 forskellige kombinationer af afgrøde, årstid, ukrudtsart, ukrudtsstørrelse og klimaforhold. Hertil kommer integration af den Additive Doseringsmodel (ADM), som gør det muligt at optimere blandinger af herbicider efter herbicidernes pris eller Behandlingsindeks (BI).

I alt 618 forsøg til afprøvning af programmet i korn viser, at programmet er særdeles robust, og at den verserende udgave af programmet kan give en tilfredsstillende regulering af ukrudt med meget lave bidrag til BH. Når der på landsniveau simuleres behov for at bekæmpe både 1- og 2-kimbladet frøukrudt samt rodukrudt og flyvehavre gennem en hel vækstsæson udløses i alt 0,59 BH i vinterhvede og 0,43 BH i vårbyg. Hermed efterlades gode muligheder for at nå måltal på 0,7 BH i vårsæd og 0,8-1,2 BH i vintersæd.

Litteratur

Baandrup M. 1989. Three years field experience with and advisory computer system applying factor-adjusted doses. *Brighton Crop Protection Conference, Weeds,* 555-560.

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

Kudsk P. & Kristensen J. 1992. Effect of environmental factors on herbicide performance. Proc. 1st Int. Weed Control Congress, Vol. 1., 173-186.

Kudsk P. & Mathiassen S.K. 1997. Optimering af herbicidblandinger - principper og forsøgsmæssig grundlag. 14. Danske Planteværnskonference, ukrudt. SP rapport nr. 7, 1997, 87-98.

Kudsk P. & Rydahl P. 2000. Effekt, dosis, måltal og behandlingsindeks for herbicider. Bilag til Seminar om Planteværn 2000. Landbrugets Rådgivningscenter.

Miljøstyrelsen 1997. Status for miljøministerens handlingsplan for nedsættelse af forbruget af bekæmpelsesmidler. http://mstex03.mst.dk/fagomr/02060000.htm#2_c.

Murali N.S., Secher B.J.M., Rydahl P. & Andreasen F.M. 1999. Application of information technology in plant protection in Denmark: from vision to reality. Elsevier. Computers and Electronics in Agriculture 22 (1999), 109-115.

Rydahl P. 1995a. Computer assisted decision making. *Proc. EWRS (European Weed Research Society) Symposium Budapest:* Challenges for Weed Science in a hanging Europe. Proceedings, Vol. 1. Compiled by László RADICS, Univ. Hort. Hungary 29-37.

Rydahl P. 1995b. PC-Planteværn, ukrudt - oversigt over valideringsforsøg. Pesticidafprøvning, Landbrugsafgrøder 1994. SP rapport nr. 1, 1995, 108-115.

Rydahl P. 1996. Samspillet mellem teori og praksis i fremtidens landbrug. Prisopgave i anledning af Dansk Agronomforenings 100 års jubilæum 1996. http://www.sp.dk/abi/dsij/PerRydal.htm

Rydahl P. 1999. Optimerede herbicidblandinger i PC-Planteværn - 3 års undersøgelser af potentiale og sikkerhed. 16. Danske Planteværnskonference, ukrudt. DJF rapport nr. 9, 1999, 147-158.

Beslutningsstøtte til bekæmpelse af kartoffelskimmel

Decision support for the control of potato late blight

Jens Grønbech Hansen
Danmarks JordbrugsForskning
Afdeling for Jordbrugssystemer
Forskningscenter Foulum
DK-8830 Tjele

Lars Bødker og Bent J. Nielsen
Danmarks JordbrugsForskning
Afdeling for Plantebeskyttelse
Forskningscenter Flakkebjerg
DK-4200 Slagelse

Summary

In Denmark decision support for control of potato late blight is available via PC-NegFry and via the Internet based information and decision support system called Pl@nteInfo (www.planteinfo.dk). PC-NegFry was released for commercial use in 1997. At the same time part of the methods in NegFry was implemented for use on the Internet. The operational use of PC-NegFry in combination with use of Hardi metpoles as weather data source seems not to be as successful as expected. However, late blight information and decision support on the Internet based on data from ordinary meteorological stations now seem to be very successful. The reasons may be that the forecast method in Pl@nteInfo is regional, including risk information from many meteorological stations, and that Pl@nteInfo contains additional information and decision support components such as late blight monitoring, information about fungicides, late blight biology, variety information, weather radar, local weather prognosis etc. This article makes a status on PC-NegFry and late blight information and decision support in Pl@nteInfo. Advantages and constraints in either two systems are discussed as well as future plans for improvements of methods and submodels.

Indledning

Angreb af kartoffelskimmel er et af de største problemer for kartoffelproduktionen i Danmark, og mulighederne for bekæmpelse begrænses yderligere i de kommende år. Det skyldes blandt andet, at listen over godkendte fungicider er reduceret, der er indikationer på, at skimmelsvampen er blevet mere aggressiv, og at behandlingshyppigheden i kartofler skal reduceres med ca. 25% inden år 2002 (Miljøstyrelsen, 1999).

Danmarks JordbrugsForskning (DJF) har igennem en årrække arbejdet på at udvikle beslutningsstøttesystemer til bekæmpelse af kartoffelskimmel. I 1997 blev PC-NegFry

kommercielt tilgængelig i Danmark samtidig med, at prognosen for primærangreb i NegFry samt yderligere baggrundsinformation blev implementeret i Pl@nteInfo (Hansen, 1997; Hansen, 1998; Hansen *et al.*, 1999). PC-NegFry integreret med Hardi klimaspyd har ikke haft den forventede succes i praktisk anvendelse, og efter sæsonen 1999 er der solgt under 100 eksemplarer af programmet. Den information og beslutningsstøtte til bekæmpelse af kartoffelskimmel, der er implementeret i Pl@nteInfo, ser ud til at have større bevågenhed, idet prognosen for primærangreb i kombination med registrering af tidlige angreb af kartoffelskimmel er en af de Internetsider i Pl@nteInfo, som har været mest besøgt af alle (Jensen *et al.*, 2000).

Nærværende artikel vil gøre status på PC-NegFry og Pl@nteInfo-Skimmel. Hvad virker godt, hvordan skal informationerne bruges optimalt og på hvilke områder er der behov for forbedringer. I 1999 er der startet flere forskningsprojekter, som skal forbedre grundlaget for beslutningsstøtten til bekæmpelse af kartoffelskimmel (www.planteinfo.dk/afgrøder/-kartofler/kartoffelprojekter). Som afslutning beskrives kort nogle af de tanker og ideer, der er grundlaget for de nye projekter, som er sat i gang.

Resultater

Status for beslutningstøtte til bekæmpelse af kartoffelskimmel

Test af NegFry

NegFry er et PC-baseret beslutningsstøttesystem for behovsbestemt anvendelse af fungicider mod kartoffelskimmel. Indtil systemets frigivelse til kommerciel anvendelse i 1997 var NegFry testet med gode resultater i ca. 75 forsøg i Danmark, Norge, Sverige og Finland i perioden 1994-96 (Hansen *et al.*, 1995). NegFry har yderligere været testet i forsøg under Landbrugets Rådgivningscenter, 1996-98, i et EU-projekt i 6 lande i 1999 (Kleinhenz & Jörg, 2000) og i de tre Baltiske lande og Polen i 1998 og 1999 (Hansen *et al.*, 2000).

I stort set alle forsøg er kontroleffekten efter anvendelse af NegFry sammenlignet med behandling efter rutine defineret som behandling med 7-12 dages faste intervaller afhængig af fungicidtype og aktuelle vejrforhold. Succeskriteriet har været, at behandling efter NegFry skulle give en kontroleffekt, som var den samme eller bedre end behandling efter rutine men med færre behandlinger. Det høje smittetryk fra ubehandlede parceller og smitterækker betyder blandt andet, at der ofte optræder skimmel sidst på sæsonen selv i parceller med ugentlige behandlinger. Derfor kan resultaterne fra valideringsforsøgene ikke direkte overføres til praksis men i højere grad anvendes til at sammenligne forskellige strategier for bekæmpelse.

Resultater fra nordiske forsøg 1994-97

Resultaterne fra 86 nordiske forsøg fra perioden 1994-97 er ved at blive analyseret for en samlet publicering. Ud af de 86 forsøg optrådte skimmel i ubehandlede parceller i 66 af forsøgene. I disse forsøg blev skimmelangreb i slutningen af vækstsæsonen bedømt i gennemsnit til ca. 5% i parceller behandlet ca. ugentligt og 7.5% efter NegFry (forskellen var ikke signifikant). Tilsvarende blev knoldskimmel bedømt til henholdsvis 0.8% ved behandling efter rutine og 0.9% efter NegFry (forskellen var ikke signifikant). Reduktionen i

fungicidforbrug med brug af NegFry er beregnet til ca. 50% sammenlignet med behandling efter rutine for de 66 forsøg (Hansen, Andersson og Hermansen, 2000). De gode resultater fra de nordiske forsøg og gode erfaringer i Danmark fra demonstrationsforsøg i et projekt vedrørende udvikling af klimaspyd var en væsentlig årsag til, at programmet blev frigivet til praktisk anvendelse i 1997.

Erfaringer fra test og praktisk anvendelse af NegFry

Erfaringerne fra de mange forsøg med NegFry viser generelt, at der **er** reelle muligheder for at reducere fungicidforbruget fra det nuværende niveau, uden at det går ud over dyrkningssikkerheden. Enkelte af forsøgene viser endda, at man sammenlignet med behandling efter rutine kan reducere behandlingshyppigheden og samtidig opnå en forbedret kontroleffekt. En reduceret fungicidanvendelse skal opnås, dels ved at undgå unødvendige behandlinger i starten af vækstsæsonen og dels ved at optimere tidspunktet for behandlinger gennem sæsonen i forhold til svampens biologi. Negativ prognosen (NegFry del 1) fungerer godt i Nordeuropa men skal suppleres med anden information, hvis der er andre inokulumkilder end inficerede knolde af væsentlig betydning. NegFry's 2. halvdel, der inddrager såkaldte Blight Units til beregning af sprøjteintervaller skal udskiftes eller suppleres med en ny metode, der inddrager bl.a. fungicidtype, dosis, sortsresistens og anvendelse af vejrprognosen, faktorer som slet ikke eller kun i begrænset omfang er indeholdt i det nuværende system.

Anvendelse af vejrdata

En høj kvalitet af vejrdata og tilgængelighed af tidsaktuelle vejrdata er helt afgørende for anvendelsen af NegFry. NegFry kan anvende vejrdata fra bl.a. Hardi klimaspyd og interpolerede vejrdata i 10*10 km grid, som hentes automatisk via Internetforbindelse fra Danmarks Meteorologiske Institut (Lassen & Hansen, 1999). Der er både fordele og ulemper ved anvendelse af de to forskellige datakilder.

Brugere af NegFry og klimaspyd skal sørge for at klimaspydene er nykalibreret før vækstsæsonen, da de eksisterende metoder i NegFry er meget følsomme over for unøjagtige data (Hansen, 1998). DMI's stationer kalibreres 1-2 gange årligt af firmaet Malling Support, og der foretages en løbende kvalitetskontrol gennem vækstsæsonen. Kvaliteten af AMIS data vil blive yderligere forbedret.

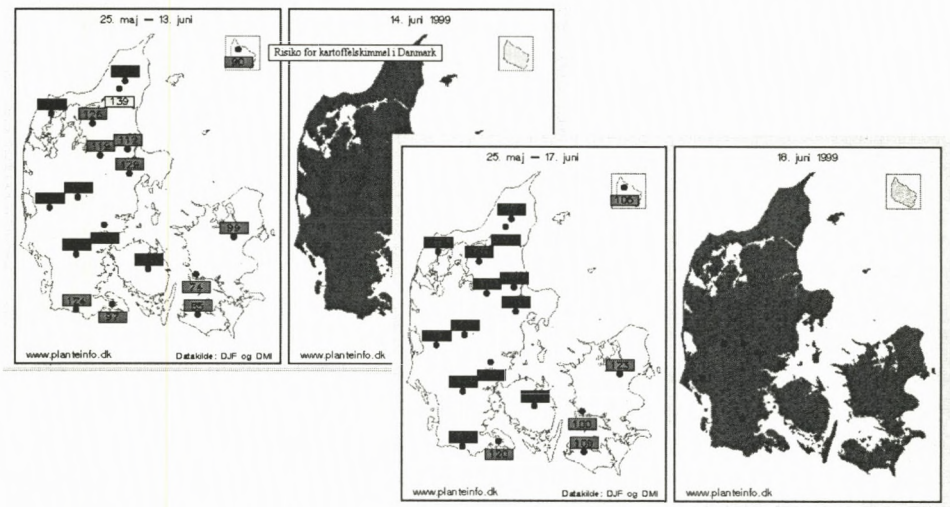
Data fra klimaspyd har fordel af at være lokale. AMIS data er interpolerede data (10*10 km) baseret på ca. 60 ordinære klimastationer i Danmark. Nedbør forekommer ofte lokalt, og interpoleringen af luftfugtighed og nedbør er derfor usikker, specielt hvis man bor i et område, hvor der ikke er en klimastation i umiddelbar nærhed (> ca. 10 km).

Data fra Klimaspyd opdateres hver halve time, og data vil derfor altid være tidsaktuelle. AMIS data opdateres hver dag kl. ca. 9 med data indtil kl. 8 samme dag (kl. 6 UTC) og igen om eftermiddagen samme dag. Dermed er data ikke tilgængelige tidligt om morgenen, hvor der ofte skal tages beslutning, om der skal sprøjtes eller ej. Dette problem løses i nogen grad, når vejrprognosen inddrages i beregningerne af risikotal.

Den største begrænsning ved brugen af klimaspyd har generelt været manglende data på grund af enten ustabilt udstyr, eller fordi klimaspyd systemet har været for kompliceret at anvende for brugeren. DMI data vil normalt være uden "huller", da flere stationer indgår i interpolationen til de enkelt grids. NegFry henter data automatisk via Internet, og dette system har fungeret meget stabilt.

Beslutningsstøtte til bekæmpelse af kartoffelskimmel i Pl@nteInfo

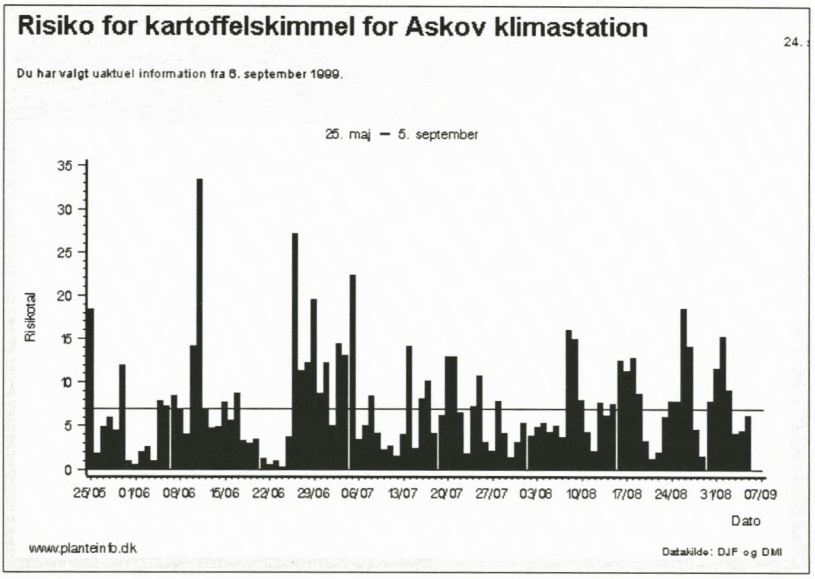
I Pl@nteInfo vises dels en prognose for primærangreb af kartoffelskimmel og dels indrapporterede fund af tidlige angreb på Danmarkskort (figur 1). De to kort supplerer hinanden på den måde, at prognosen udover at forudsige tidspunktet for primærangreb kan fortælle, hvornår man skal intensivere moniteringen af skimmel. Moniteringen skal på den anden side dels evaluere prognosemetoden og dels være en sikkerhed for, at prognosen ikke fejler. Udover prognosen i Pl@nteInfo har man for hver ordinær klimastation mulighed for at følge de daglige risikotal gennem sæsonen (figur 2).



Figur 1. Prognose og monitering af kartoffelskimmel henholdsvis den 14. juni og 18. juni, 1999. Prognosis and monitoring of potato late blight on June 14 and June 18 1999, respectively.

De daglige risikotal indikerer, hvornår der er risiko for dannelse af nye sporer og dermed øget risiko for nye infektioner. I figur 2 er der vist daglige risikotal fra Askov 1999. De tidligste angreb af skimmel i det midt/sønderjyske område blev registreret i perioden 15-20. juni. Disse primærangreb er sandsynligvis etableret med de høje risikotal den 10-11 juni. Den meget skimmelfavorable periode omkring 1. juli har etableret angreb i mange marker og været årsag til epidemisk udvikling af skimmel i mange økologiske marker i midten af juli måned. En 14

dages periode med ufavorabelt skimmelvejr i slutningen af juli gav lidt luft for de konventionelle avlere og var med til at undgå alvorlige angreb. September måned var meget favorabel for skimmeludvikling (figur 2).



Figur 2. Daglige risikotal fra Askov 1999. Daglige risikotal over 7 indikerer risiko for dannelse af nye sporer og dermed opformering og infektion af svampen. Daily risk values (DRV) at Askov in 1999. DRV's above 7 indicate a risk for sporulation and infection of Phytophthora infestans.

Som supplement til de rå informationer i form af akkumulerede risikotal og registrering af angreb har DJF givet en generel vurdering af situationen med fokus på de meteorologiske forhold, og på hvordan vejret i de kommende dage sandsynligvis ville påvirke skimmeludviklingen på regionalt niveau. Nedenfor er vist den tekst, som var skrevet under kortene i Pl@nteInfo den 14. juni 1999. På det tidspunkt var der ikke indrapporteret fund af skimmel i Danmark.

Foulum den 14. juni, 1999

"I følge prognosen er der nu risiko for primærangreb i store dele af Jylland og på Fyn for marker fremspiret den 25. maj eller tidligere. Derfor opfordres man nu til at observere grundigt efter primærangreb i de tidligst fremspirede marker og specielt i modtagelige sorter. Der er ifølge registreringskortet til højre ikke fundet skimmel endnu.

Generelt: Der er meget stor forskel mellem markerne i tidspunktet for fremspiring. Det betyder, at det er meget vanskeligt at give en generel varsling for skimmelangreb. Det er muligt at primærangreb (få planter pr. mark angrebet) etableres i enkelte marker i indeværende uge, men de relativt kølige nattemperaturer vil sandsynligvis betyde, at disse ikke udvikler sig. Det er derfor sandsynligt, at primærangreb først findes efter den næste periode med skimmelfavorabelt vejr, hvor der har været risiko for nye sporedannelser.

Det skal bemærkes, at DJF ikke som tidligere år udsender en generel og landsdækkende varsling i radio og trykte medier.
Planterne har generelt den største naturlige modstandskraft mod kartoffelskimmel i den periode, hvor planterne er i kraftig vækst. Derfor er det ***ikke*** *sandsynligt at finde angreb før tidligst kort tid før rækkelukning, og kun hvis vejret har været skimmelfavorabelt i ugen op til dette tidspunkt. Den store variation i fremspiring betyder at avlere med sent fremspirede marker (efter 25. maj) udover prognosen kan bruge registreringskortet som en form for prognose. Først når skimmel er registreret i tidligt fremspirede og modtagelige sorter, bør man som tommelfingerregel interessere sig for skimmelrisiko i sent fremspirede marker.*
Sporedannelse kræver minimum 10 sammenhængende timer med luftfugtighed over 90% og optimum temperaturen er 17-21 grader. Sporedannelsen sker kun om natten på grund af lyshæmning af denne proces. Derfor er prognosen for nattemperaturer en god vejledning om risikoen for skimmeludvikling, fordi sporedannelsen er den begrænsende proces for skimmeludvikling specielt tidligt på sæsonen.
Spiring og infektion kræver minimum 4 sammenhængende timer med luftfugtighed over 90% og optimum temperaturen er ca. 12 grader. Denne risiko opstår langt mere hyppigt end risikoen for sporedannelse, men hvis der ikke er dannet nye sporer, er det ligegyldigt, at der er risiko for spiring og infektion af sporer!"

Sammenholdes ovennævnte tekst med fund af tidlige angreb (figur 1), må man konstatere, at det var muligt at forudsige de tidlige angreb i Danmark i 1999. Denne forudsigelse var alene baseret på den vejrbaserede risiko for etablering af primærangreb. Kortet den 18. juni i figur 1 er fra fredag i uge 24. I den efterfølgende uge blev der indrapporteret 23 nye fund af skimmel. Af de 33 tidligste indberetninger var 31 angivet med vækststadie ved registreringstidspunktet. De 21 fund blev gjort ved rækkelukning (BBCH 30-39), 9 af fundene senere og kun ét fund blev gjort på et tidligere stadium end rækkelukning (sorten Ponto, BBCH 21, Nordjylland), jf. Pl@nteInfo-Plus, link til tabel under kortet med prognosen. Sidstnævnte fund var meget atypisk, og det kan ikke udelukkes, at jordsmitte var involveret i dette enkelte tilfælde. I både 1998 og 1999 blev de første fund gjort i modtagelige såvel som i moderat resistente sorter.

Jordsmitte

De data som bliver indsamlet i moniteringsnettet vil også indgå i igangværende undersøgelserne om årsager til tidlige angreb af skimmel og i den sammenhæng, om sædskiftet har nogen afgørende betydning. Betydningen af den seksuelle rekombination af kartoffelskimmel for aggressivitet og produktion af jordbåren inokulum vækker i øjeblikket stor bekymring. Der er for nærværende ikke fremlagt afgørende beviser for, dels at skimlen har udviklet sig til at være mere aggressiv, dels at jordsmitte har afgørende betydning for skimlens start eller epidemiske udvikling. Der dukker dog til stadighed et stigende antal indicier frem, der peger i den retning.

Det er afgørende, at vi inden for kort tid opnår en bedre forståelse for betydningen af en eventuel jordsmitte, før mængden af jordbåren inokulum eventuelt overskrider et kritisk niveau i kartoffelproducerende områder. Hvis jordsmitten fører til tidligere angreb og et øget smittetryk, må sædskiftet medtages i en integreret bekæmpelsesstrategi i højere grad, end det gøres i dag (Bødker *et al.*, 1998).

KartoffelInfo

I 1999 blev der igangsat et nyt forskningsprojekt: "Kartoffel-Info - Et Internetbaseret information- og beslutningsstøttesystem for kartofler" (www.planteinfo.dk/kartoffelinfo).

Projektet vil fokusere på produktion- og kvalitetsstyring i hele produktionskæden fra jord til bord, men i første omgang med fokus på beslutningsstøtte for de primære producenter, det vil sige kartoffelavlerne og deres konsulenter. KartoffelInfo er indtil videre implementeret i Pl@nteInfo og dermed identisk med de produkter, som primært findes under menupunktet Afgrøder/kartofler. I figur 3 er vist de komponenter, som er relateret til kartoffelproduktion, og hovedparten af disse bør inddrages af kartoffelavlere som beslutningsstøtte for bekæmpelse af skimmel.

Komponenter i KartoffelInfo

Om kartoffelskimmel. Generel information om kartoffelskimmels biologi og muligheder for bekæmpelse. Inkluderer billeder af skimmel og fra 2000 også billeder af forvekslingsmuligheder.

Skimmelprognose og monitering. Prognose for primærangreb af kartoffelskimmel samt monitering af tidlige angreb i konsulenternes registreringsnet.

Fungicider. Giver et overblik over godkendte fungicider og deres virkemåde m.m. Desuden links til relevante firmaer.

NegFry hjemmeside. Her kan hentes information om NegFry, opdateringer af programmet, artikler m.m.

Lokal vejrprognose. Vejrprognosen bør altid anvendes i relation til anvendelse af pesticider.

Vejrradar. Ved hjælp af en vejrradar film kan man se bevægelsen af helt aktuelle nedbørssystemer og dermed vurdere risikoen for nedbør lokalt indenfor de kommende timer. Med denne information bør det kunne undgås, at en fungicidbehandling skal gentages, fordi det har regnet kort tid efter behandling.

Risiko for frost. Frosthændelser i juni og juli kan midlertidigt sætte planternes vækst i stå, og der kan opstå skader, som kan forveksles med skimmel. Temperaturen målt i 0.2 m højde giver en god indikator for, om eventuelle skader kan skyldes frost.

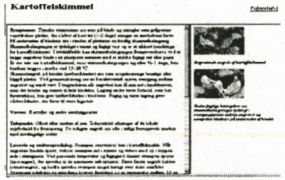
Jordtemperatur. Jordtemperaturen har betydning i forbindelse med lægning og optagning af kartofler. Eksempelvis skal jordtemperaturen være over 8°C, for at der ikke skal opstå hudskader på knoldene under optagning.

Vandregnskab. Det er almindelig praksis i vækstsæsonen at fungicidbehandle efter vanding baseret på den antagelse, at kontaktfungicider er afvasket efter vanding. Unødvendige vandinger kan dermed have en uheldig indflydelse på behandlingshyppigheden.

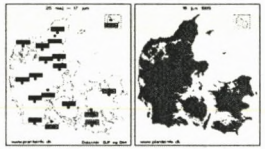
Lus og risiko for virus infektion. Kan anvendes til at vurdere optimalt tidspunkt for nedvisning af læggekartofler i relation til risiko for virus infektioner med lus.

Projektdatabase. Giver en oversigt og beskrivelse af samtlige projekter vedrørende kartofler i Danmark.

Sort information. Database hvor man kan søge og sortere information om sorter. Optimering af sortsvalget i forhold til de givne lokale produktionsforhold er en afgørende faktor i integreret kartoffelproduktion og ikke mindst i forbindelse med bekæmpelse af kartoffelskimmel.



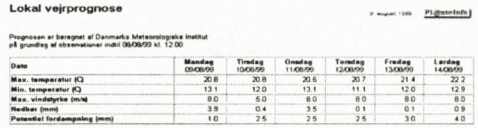
Om kartoffelskimmel



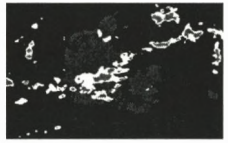
Skimmel prognose og monitering

Fungicider

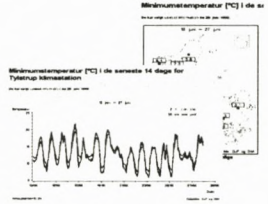
NegFry hjemmeside



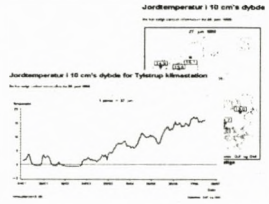
Lokal vejrprognose



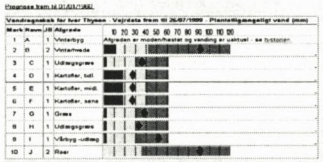
Vejrradar



Risiko for frost



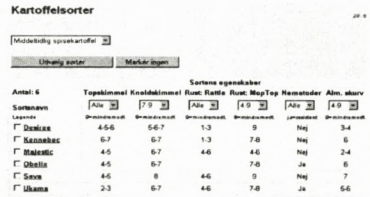
Jordtemperatur



Vandregnskab

Lus, risiko for virus infektion

Projekt database

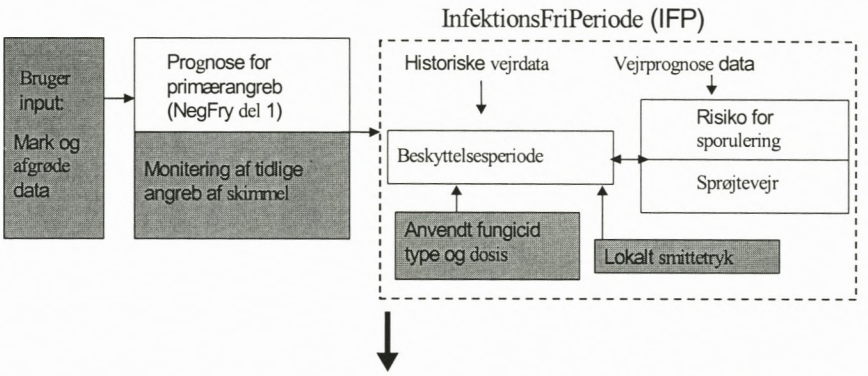


Sort information

Figur 3. Information og beslutningsstøtte vedrørende kartofler i KartoffelInfo 1999. Information and decision support for control of potato late blight in Pl@nteInfo-Potato, 1999.

Komponenter i et nyt beslutningsstøttesystem

For at forbedre metoden med akkumulering af blight units kan man vælge at inddrage usikkerhed i outputtet baseret på viden om usikkerheden i datagrundlaget, men man kan også forsøge at reducere usikkerheden i systemet ved at anvende en anden metode end akkumulering af blight units eller tilsvarende vejrbaserede parametre. Begge disse indgangsvinkler vil blive prøvet i et igangværende forskningsprojekt om forbedring af NegFry. En ny metode kan eksempelvis på forhånd definere en standard beskyttelsesperiode baseret på sortens basale resistens mod kartoffelskimmel, den anvendte fungicidtype og dosis. Efterfølgende forkortes eller forlænges beskyttelsesperiodens længde afhængig af vejret i perioden, om der er fundet skimmel i marken, det regionale smittetryk og i relation til sortens aktuelle resistens, som er aldersbetinget. Koblet til beregning af beskyttelsesperioden vil være en komponent, som beregner dels risikoen for sporedannelse og infektion, og dels om det bliver muligt at sprøjte i de kommende dage. Denne komponent afgør, hvornår næste behandling skal udføres, og dermed hvor lang den samlede InfektionsFrie Periode (IFP) bliver (figur 4).



Figur 4. Komponenter i et nyt beslutningsstøttesystem, der vil omfatte en vejrbaseret prognose for primærangreb, monitering af skimmel og beregning af den InfektionsFrie Periode (IFP). Components in a new late blight DSS including weather based forecast of primary attacks, monitoring network and calculation of the Infection-Free Period (IFP).

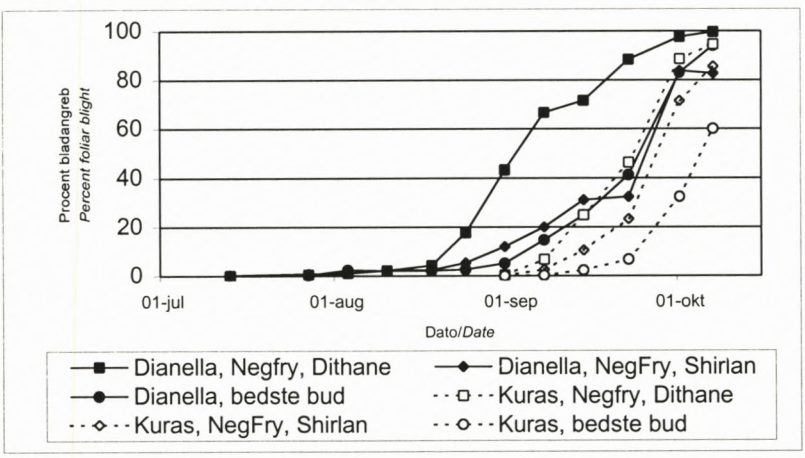
Mulighederne for at inddrage vejrprognosedata i beslutningsstøttesystemer er diskuteret i nærværende beretning fra Planteværnskonferencen (Detlefsen *et al.*, 2000). Målet er at give brugeren en række beslutningsstøttekomponenter og ikke en beslutningsmodel, som giver et entydigt svar på, hvornår der skal behandles. Hermed vil der være bedre muligheder for at inddrage yderligere lokal viden og information i den endelige beslutningstagning.

Strategiforsøg ved Flakkebjerg 1999

For at tage hul på udviklingen af en ny metode for beregning af sprøjteintervaller blev der i

Flakkebjerg i 1999 udført ét større strategiforsøg. Effekten af en ugentlig behandling med Dithane blev sammenlignet med tre prognose/varslingsstrategier: To NegFry strategier med anvendelse af henholdsvis Dithane og Shirlan, og én strategi der baserede sig på inddragelse af al tilgængelig information og beslutningsstøtte om skimmelbekæmpelse (Bedste bud). I sidstnævnte strategi blev der anvendt variable doser og fungicidtyper, kendskab til NegFry's skimmelfavorable perioder, informationer fra Pl@nteInfo samt DMI's femdøgns vejrprognose. Oven i denne konkrete udnyttelse af beslutningsstøtte blev der bevist tilført den ansvarlige teknikers sunde fornuft og dygtighed. Formålet med sidstnævnte strategi var altså, dels at undersøge om en dygtig landmand med beslutningsstøtte plus egen sund fornuft og viden kan gøre det bedre, end hvis man blot følger NegFry slavisk, og dels om nogle af de tanker vi har om udnyttelse af fungicidtyper og dosis er vejen frem. Resultaterne i form af skimmelkurver er vist i figur 5.

På baggrund af dette ene forsøg ser det ud til, at der er et potentiale for at udvide eller erstatte den eksisterende NegFry model med elementer indenfor vejrprognoser, dosering og bekæmpelsesintervaller. Sammenlignes behandlingen "bedste bud" med både behandling efter NegFry og rutinebehandling, tyder de foreløbige undersøgelser på, at der kan opnås en reduktion i mængden af fungicider indenfor stivelseskartofler, uden at dette har en tilsyneladende negativ betydning for udbyttet (tabel 1). Specielt ved udnyttelse af sorter med høj planteresistens ser det ud til, at man både kan reducere behandlingshyppigheden i forhold til ugentlige rutinebehandlinger samtidig med, at man oven i købet opnår en bedre bekæmpelseseffekt. Man skal være opmærksom på, at resultaterne ikke direkte kan overføres til praksis, fordi ubehandlede parceller og smitterækker bevirker et urealistisk højt smittetryk i forhold til praksis. Derfor ses en udvikling af skimmel selv efter ugentlige behandlinger, som sandsynligvis ikke ville ske under konventionel praksis.



Figur 5. Procent bladangreb ved bekæmpelse af kartoffelskimmel ved tre strategier (NegFry – Dithane, NegFry Shirlan og "bedste bud") i to sorter (Dianella og Kuras). Per cent foliar late blight in three strategies for late blight control (NegFry – Dithane, NegFry Shirlan and best choice) in two varieties (Dianella and Kuras).

Tabel 1. Opgørelse over antal sprøjtninger, behandlingshyppighed, procent skimmel henholdsvis den 14. september og 1. oktober og knoludbyttet, hvor en ugentlig behandling sammenlignes med to NegFry strategier og en strategi indeholdende al tilgængelig viden (bedste bud). Number of treatments, treatment frequency, per cent late blight and yield in two potato varieties Dianella and Kuras, respectively, assessed in four strategies for late blight control.

	Dianella, 14. september				Kuras 1. oktober			
Behandling Treatment	**Antal** No	**Hyp.** Freq	**% Skim.** % Blight	**Udb/**Yield Hkg/ha	**Antal** No	**Hyp.** Freq	**% skim.** % Blight	**Udb./***Yield* Hkg/ha
Ugentlig, Weekly Dithane	10	10	52 cd	510 100	13	13	70 b	621 100
NegFry, Shirlan	7	7	31 de	541 106	5	5	72 b	624 100
NegFry, Dithane	7	7	72 abc	446 87	5	5	89 a	600 97
Bedste bud, Best choice	8	7,5	25 e	552 108	11	6,75	33 b	605 97

Diskussion og konklusion

Test af NegFry i valideringsforsøg har vist gode resultater. Generelt har kontroleffekten været ca. den samme som efter rutinebehandling men opnået med færre behandlinger. Forsøgene viser, at der er et stort potentiale i at "time" behandlingerne i forhold til svampens biologi. Til forskel fra valideringsforsøgene har den praktiske anvendelse, specielt i de nedbørsrige sæsoner 1998 og 1999 vist, at systemet ikke er sikkert nok, og at der skal udvikles en ny metode for beregning af behovsbestemte sprøjteintervaller, som integrerer faktorerne fungicidtype, dosis, sortsresistens og vejrprognosen.

En anden svaghed ved den nuværende metode er selve akkumuleringen af blight units. Hvis vejrdata er usikre, akkumuleres denne usikkerhed i akkumulerede blight units. To klimaspyd, som står tæt på hinanden, kan derfor give forskellig anbefaling om næste behandling, og det har naturligt nok frustreret brugerne af systemet. Derfor er det udover at forbedre metoden for beregning af sprøjteintervaller også vigtigt at optimere kvaliteten og udnyttelsen af vejrdata generelt.

Indtil en ny metode er udviklet kan man med fordel bruge PC-NegFry og Pl@nteInfo med nævnte begrænsninger og usikkerheder for øje. Det anbefales i høj grad at anvende vejrprognosen sammen med NegFry. Med nogen erfaring er det til en vis grad muligt at forudsige risikoen for skimmeludvikling baseret på minimum temperatur og nedbør. Som alternativ eller supplement til anvendelsen af blight units kan man støtte sig til de daglige risikotal i NegFry og i Pl@nteInfo. De giver udtryk for, om det er favorabelt for opformering af svampen og dermed for muligheden for at strække intervallerne eller eventuelt intensivere bekæmpelsesindsatsen.

Selvom NegFry har vist svagheder i praktisk anvendelse, er vi langt fra tilbage på nulpunktet. En kombineret anvendelse af NegFry, Pl@nteInfo-Skimmel og sund fornuft er stadig et godt grundlag for beslutningsstøtte til bekæmpelse af kartoffelskimmel.

Litteratur

Bødker L., Kidmose R. Hansen J.G. & Holm S. 1998. Kartoffelskimmel - før og nu. 15. Danske Planteværnskonference, Sugdomme og skadedyr, DJF rapport nr. 3, 81-89.

Detlefsen N., Steffensen M. & Thysen I. 2000. Prognoser for godt sprøjtevejr – et indledende studium. 17. Danske Planteværnskonference, 2000, DJF-rapport nr. 24.

Hansen J.G., Andersson B. & Hermansen A. 1995. NEGFRY - A system for scheduling chemical control of late blight in potatoes. In: (Eds. Dowley, L.J., Bannon, E., Cooke, L.R., Keane, T. & O'Sullivan, E.) Proceedings "PHYTOPHTHORA 150 Sesquicentennial Scientific Conference, Dublin, Ireland, 201-208. Boole Press Ltd.

Hansen J. G. 1997. Field specific and regional warning for development of potato late blight. Proceedings from Workshop: European Network for Development of an Integrated Control Strategy of Potato Late Blight 28. Sept.- 4. Oct, 1996., 127-134.

Hansen J. G. 1998. Availability and use of meteorological data for disease forecasting in Denmark. In: Proceedings from Workshop: European Network for Development of an Integrated Control Strategy of Potato Late Blight, PAV-special report no. 3, January 1998, 125-136.

Hansen J.G., Lassen P., Jensen A.L. & Thysen I. 1999. Information and decision support for the control of potato late blight based on integrated PC and Internet applications. In: Proceedings from Workshop: European Network for Development of an Integrated Control Strategy of Potato Late Blight, PAV-special report no. 5, January 1999, 66-80.

Hansen J.G., Lassen P., Turka I., Tamosiunas K. & Mati Koppel. 2000. Validation and Implementation of decision support for the control of potato ate bligth in the Baltic countries. In: Proceedings from Workshop: European Network for Development of an Integrated Control Strategy of Potato Late Blight, PAV-special report no. 6, February 2000 (in press).

Hansen J.G., Andersson B & Hermansen A. 2000. Validation of NegFry in the Nordic countries (in preparation).

Jensen A.L., Boll P.S., Thysen I. & Pathak B.K. 2000. Pl@nteInfo® – A web-based system for personalised decision support in crop management. Computers and Electronics in Agriculture. Accepted for publication.

Kleinhenz B. & Jörg E. 2000. Results of Validation Trials of Phytophthora DSS in Europe in 1999 In: Proceedings from Workshop: European Network for Development of an Integrated Control Strategy of Potato Late Blight, PAV-special report no. 6, February 2000 (in press).

Lassen P. & Hansen J.G. 1999. CDI: A Module for Import and Control of Weather Data. In: Schiefer, G., Helbig, R. and Rickert, U. (eds.): Perspectives of Modern Information and Communication Systems in Agriculture, Food Production and Environmental Control (Volume A), Second European Conference of the European Federation for Information Technology in Agriclture, Food and the Environment, September 27-30, 1999, Bonn, Germany 39-46.

Miljøstyrelsen 1999. Udkast til Pesticidhandlingsplan II, 14. december 1999, Miljø- og Energiministeriet, Miljøstyrelsen (http://www.mst.dk/fagomr/02070000.htm).

Pl@nteInfo – status og fremtid

Pl@nteInfo – status and future

Iver Thysen, Allan Leck Jensen & Manfred Röhrig
Danmarks JordbrugsForskning
Afdeling for Jordbrugssystemer
Forskningscenter Foulum
DK-8830 Tjele

Summary

Pl@nteInfo was introduced at the 13th Danish Plant Protection Conference in 1996. At that time, the Internet attracted a great deal of attention in the media, but there were not yet any agricultural websites in Denmark. Since the Danish agriculture has moved towards the information society, in particular the Danish advisory system is quite far in the adoption of modern IT. In the present paper, the history of Pl@nteInfo will be summarised shortly and usage statistics by various user categories are presented. The future role of Pl@nteInfo in the collaboration between agricultural research and advice is discussed and some planned modifications of Pl@nteInfo in year 2000 are described. These modifications will allow Pl@nteInfo to be used from external Internet providers.

Indledning

Pl@nteInfo blev lanceret i 1996 ved den 13. Danske Planteværnskonference (Jensen *et al.*, 1996). På det tidspunkt var Internettet genstand for megen medieomtale, men der var endnu ingen landbrugsfaglige hjemmesider i Danmark. Der var i det hele taget ikke flere websteder i Danmark, end at de meget overskueligt kunne vises i en liste på en enkelt side. Siden da er udviklingen gået meget stærkt. Landbrugets Rådgivningscenter har gennemført en gennemgribende omlægning til elektronisk kommunikation, de lokale rådgivningscentre er kommet på Internettet, og mange landøkonomiske foreninger har deres egen hjemmesider. Det danske jordbrug er på vej ind i informationssamfundet.

Det er derfor relevant nu at se på, om Pl@nteInfo har indfriet forventningerne fra 1996, og hvordan Pl@nteInfo passer ind i det netværkssamfund, som nu er under udvikling. Pl@nteInfos udvikling resumeres kort, hvorefter der præsenteres data for anvendelsen af de enkelte emner af forskellige brugerkategorier. Det diskuteres, hvordan Pl@nteInfo kan indpasses i det fremtidige samspil mellem forskning og rådgivning i jordbruget, og konkrete tilpasninger i år 2000 beskrives.

Pl@nteInfo 1996-1999

Pl@nteInfo var i de to første år gratis, hvorefter der i 1998 i forbindelse med en ny aftale med DMI indførtes brugerbetaling for de ydelser, som kræver lokale vejrobservationer og –prognoser samt for vejrradarbilleder. Der oprettedes abonnementer i tre kategorier: Landmænd, konsulenter og gæster. Gæsteabonnementet var gratis og tilføjede visse muligheder for personlige sider i forhold til at anvende Pl@nteInfo uden abonnement. Antallet af betalende abonnenter er vist i tabel 1.

Tabel 1. Betalende abonnenter i Pl@nteInfo. Paying subscribers in Pl@nteInfo.

	1998	*1999*
Landmænd	305	472
Konsulenter	50	60

Jensen *et al.* (2000) har gennemført en udførlig analyse af brugen af Pl@nteInfo i 1998. Anvendelsen af Pl@nteInfo i 1999 kan studeres i detaljer online i Pl@nteInfo (menupunktet Om Pl@nteInfo: Brugsstatistik). Der vises i det følgende uddrag herfra for perioden 1.6 til 31.10 1999. Det er registreret hver gang en bruger har klikket på et emne i menuen i Pl@nteInfo. Det skal dog bemærkes, at data fra Planteavlskonsulenternes Registreringsnet udsendes direkte fra LRs webserver, og der er derfor ikke oplysninger om anvendelse af disse.

Indhold

Der blev ved lanceringen af Pl@nteInfo fastlagt 4 typer af information

- Vejret
- Prognose/varsling
- Registreringer
- Informationsdatabase

Der blev desuden lovet information om projektet, om dokumentation for anvendte modeller og metoder, om relevant litteratur og links til andre relevante websteder.

Vejret

Der blev fra starten vist informationer om vejrforhold af en særlig landbrugsmæssig interesse som jordtemperatur, minimumstemperaturer og fordampning. Fra 1998 er der for abonnenter endvidere mulighed for at se lokale 5-døgns udsigter og vejrradarfilm. Vejret har generelt en stor interesse, og vejrradarfilm var i 1999 den mest benyttede facilitet overhovedet (tabel 2).

Tabel 2. Antal visninger af vejrinformation i Pl@nteInfo 1.6-31.10 1999. Number of hits on weather information in Pl@nteInfo 1.6-31.10 1999.

	Landmand	*Konsulent*	*Gæst*	*I alt*
Vejrradar	7698	2144	-	9842
Lokal prognose	3472	1331	-	4802
Jordtemperatur	242	232	888	1362
Minimumstemperatur	234	104	626	964
Om AMIS	288	109	387	784

Prognose/varslinger og registreringer af plantesygdomme og –skadedyr

Den hurtige kommunikation af prognose/varslinger for plantesygdomme og –skadedyr, som er afhængige af vejret, ved hjælp af Internettet var fra begyndelsen betragtet som den betydeligste fordel ved Pl@nteInfo. Analyserne af den faktiske anvendelse af Pl@nteInfo viser imidlertid, at prognose/varslinger ikke rangerer højt blandt de benyttede faciliteter med kartoffelskimmel som en markant undtagelse (tabel 3). Tabellen omfatter både risikoberegninger ud fra vejrdata og registreringer fra Planteavlskonsulenternes Registreringsnet. Desværre er der ingen data til rådighed om anvendelsen af den del af registreringerne, som vises direkte fra LRs webserver via et link i Pl@nteInfo.

Tabel 3. Antal visninger af information om afgrøder i Pl@nteInfo 1.6-31.10 1999. Number of hits on information on crops in Pl@nteInfo 1.6-31.10 1999.

		Landmand	*Konsulent*	*Gæst*	*I alt*
Havre	Fritfluer[1]	19	44	45	108
Kartofler	Risiko og registreringer[1,2]	1401	1089	1871	4361
	Fungicider	131	73	253	457
	Bladlus smitterisikotal[2]	199	77	259	535
Kål	Kålfluer[1]	47	53	212	312
Majs	Fritfluer[1]	24	93	54	171
	Majsvarmeenheder[1]	349	818	863	2030
Vinterbyg	Skoldplet/bygbladplet[1]	69	41	87	197
Vinterhvede	Knækkefodsyge risiko[1]	24	16	75	115
Vinterraps	Skulpegalmyg[1,2]	77	116	138	331
	Knoldbægersvamp[2]	59	55	79	193
	Rapsjordlopper[2]	116	141	259	516
Vårraps	Knoldbægersvamp[2]	44	120	84	248
Ærter	Ærteviklere[2]	197	291	281	769
	Ærtebladlus[2]	120	118	164	402

[1] Beregning ud fra vejrdata, [2] Registreringer

Ved vurderingen af anvendelsen af informationer om plantesygdomme og -skadedyr skal tages i betragtning at disse ofte kun er aktuelle i en kort periode for eksempel 2-4 uger. Det er karakteristisk, at konsulenternes anvendelse er relativ høj i forhold til anvendelsen ved landmænd. Disse informationer er vigtige for planteavlskonsulenternes ajourføring af deres viden om de aktuelle forhold. Værdien af risikoberegningerne og/eller registreringerne må betragtes som videnopbyggende, idet informationerne ikke alene er tilstrækkelige til beslutninger om behandling i den enkelte mark. Landmænd vil derfor ofte have større udbytte af konsulenternes rådgivning, som også vil indeholde retningslinier for de konkrete betingelser for behandling og oplysninger om relevante behandlinger. Kartoffelskimmel adskiller sig ved, at der ud fra informationerne i Pl@nteInfo kan træffes en konkret beslutning om at påbegynde en serie af behandlinger.

Informationsdatabaser

Internettet viste sig hurtigt at være et velegnet medium for formidling af forskellige typer af information. Et meget væsentligt emne er informationer om sortsegenskaber i landbrugsafgrøder. I SortInfo, som indgår i Pl@nteInfo, benyttes Internettet som formidlingsoverbygning på et kompliceret system til gennemførelse af sortsafprøvninger, indsamling af resultater i en database og analyse af resultaterne (Jensen *et al.*, 1999). Anvendelsen af IT i hele systemet har vist sin styrke ved, at det er gjort muligt at finde opdaterede informationer om kornsorter få dage efter høsten af forsøgsparcellerne. Anvendelsen af informationerne (tabel 4) viser, at brugerne i høj grad honorerer dette.

Tabel 4. Antal visninger af sortsinformation i Pl@nteInfo 1.6-31.10 1999. Number of hits on variety information in Pl@nteInfo 1.6-31.10 1999.

	Landmand	*Konsulent*	*Gæst*	*I alt*
Havre	95	94	110	299
Markært	118	147	128	393
Oliehør	17	26	28	71
Triticale	215	265	197	677
Vinterbyg	143	195	126	464
Vinterhvede	787	732	701	2220
Vinterraps	107	84	90	281
Vinterrug	228	139	106	473
Vårbyg	346	278	237	861
Vårhvede	34	44	32	110
Vårraps	39	57	90	186

En anden større facilitet i Pl@nteInfo er Vandregnskab, som er udviklet som en omlægning af Pc-program MARKVAND til en Internetløsning. Tallene for anvendelsen af Vandregnskab (tabel 5) er relativt høje sammenlignet med andre områder. Bag tallene skjuler sig det faktum, at der i 1999 kun var 68 landmænd og 7 konsulenter, som brugte Vandregnskab regelmæssigt. Til gengæld brugte de Vandregnskab hyppigt.

Tabel. 5 Antal visninger Vandregnskab i Pl@nteInfo 1.6-31.10 1999. Number of hits on irrigation in Pl@nteInfo 1.6-31.10 1999.

	Landmand	*Konsulent*	*Gæst*	*I alt*
Demo Vandregnskab	150	77	324	551
Nedbørmåler	174	49		223
Vandregnskab	258	72		331
Marker og afgrøder	319	42		362
Udviklingstrin	386	43		429
Indtast nedbør	2449	205		2654
Indtast vanding	751	40		791
Vandbehov	3343	272		3617
Vis vejrdata	1395	332		1727

I Pl@nteInfo har der i 1998 og 1999 været mulighed for, at konsulenter kunne have en såkaldt Nyhedstjeneste, hvorved de kunne lagre dokumenter med lokal information i relation til bestemte sider i Pl@nteInfo. Brugere har kunnet vælge hvilke Nyhedstjenester, de ønskede at se; dokumenter fra de valgte Nyhedstjenester blev så automatisk vist i Pl@nteInfo. I 1998 og 1999 var der henholdsvis 7 og 2 rådgivningskontorer, der gjorde brug af Nyhedstjenester i

Tabel 6. Antal visninger af diverse informationer i Pl@nteInfo 1.6-31.10 1999. Number of hits on various information in Pl@nteInfo 1.6-31.10 1999.

	Landmand	*Konsulent*	*Gæst*	*I alt*
Sidste nyt i Pl@nteInfo	754	446	1528	2728
Lokal nyhedstjeneste	978	436	437	1851
Vælg nyhedstjenester	486	210	212	908
Sprøjtearbejde	418	136	712	1266
Biavl	39	11	367	417

Pl@nteInfo. På trods af den dalende interesse blandt konsulenter var der nogen interesse blandt brugerne (tabel 6). Konsekvenserne af denne udvikling omtales nærmere i næste afsnit. Der var ligeledes en del interesse for en interaktiv applikation vedrørende sprøjtearbejde og for registreringer af ondartet bipest (tabel 6).

Pl@nteInfo 2000

Pl@nteInfo har sin styrke i at kunne afvikle forskningsbaserede computerprogrammer med anvendelse af hyppigt opdaterede databaser via Internettet. Dette gælder for risikomodeller vedrørende plantesygdomme og -skadedyr samt vandingsvejledning på grundlag af vejrobservationer og prognoser, og det gælder for sortsinformationer på grundlag af

sortsdatabaser. Dette er en fortsættelse af den traditionelt korte vej fra forskning til rådgivning i Danmark.

Svagheden ved Pl@nteInfo er, at en del af informationerne langt fra kan stå alene som grundlag for en beslutning. Dette gælder blandt andet informationer om plantebeskyttelse. Derfor har den modelbaserede information i Pl@nteInfo, der gerne vises grafisk, været ledsaget af kommentarer, som typisk er skrevet af fagspecialister ved Landbrugets Rådgivningscenter. Nyhedstjenesterne var et tilbud til de lokale konsulenter om at ledsage grafikken i Pl@nteInfo med deres egne kommentarer rettet mod landmænd i deres område.

Det kan nu konstateres, at dette system ikke fungerer optimalt. Der er aldrig opnået en fuld integration mellem Pl@nteInfo og formidlingen af aktuelt om plantebeskyttelse fra Landbrugets Rådgivningscenter. De lokale landøkonomiske foreninger har i mange tilfælde deres egne Internetsider, hvor information om aktuel plantebeskyttelse nok er præget af, at forfatteren har brugt Pl@nteInfo, men som ikke indeholder direkte uddrag af informationerne i Pl@nteInfo.

Konsekvensen af disse erfaringer om hvordan Internettet bruges i jordbruget er, at Pl@nteInfo må indrettes sådan, at informationerne kan indbygges i eksterne Internetsider. Derved kan den direkte implementering af resultater fra jordbrugsforskningen udnyttes fuldt ud. Anvendelsen af Internettet i rådgivningen kan derved få en naturlig plads ved siden af andre formidlingsformer, f.eks. papirbårne nyhedsbreve, personlig kontakt, møder, markvandringer og ERFA-grupper.

I det følgende beskrives hvordan Pl@nteInfo tænkes videreudviklet i år 2000 for at imødekomme behovet for en integration med andre websteder.

Integration med L@ndbrugsInfo

Pl@nteInfo vil i år 2000 fortsætte som et selvstændigt websted. Administrationen af abonnenter vil helt overgå til L@ndbrugsInfo. Det vil betyde at oprettelse af et abonnement vil ske via L@ndbrugsInfo og dermed via den lokale landøkonomiske forening. Brugernavn og adgangskode sammenkøres, således at den brugeridentifikation, der tildeles i L@ndbrugsInfo, også gælder i Pl@nteInfo. Identifikationen af brugere sker normalt ved hjælp af cookies og dermed de fleste gange automatisk, når brugeren går til en side i Pl@nteInfo.

Administrationen af menuen i Pl@nteInfo varetages af Landskontoret for Planteavl, som sørger for aktualiteten. Der udvikles faciliteter til at oprette genveje mellem de to systemer, således at der gensidigt kan indføjes links, der fører direkte til relevante sider i det andet system.

Informationer fra Pl@nteInfo i eksterne Internetsider

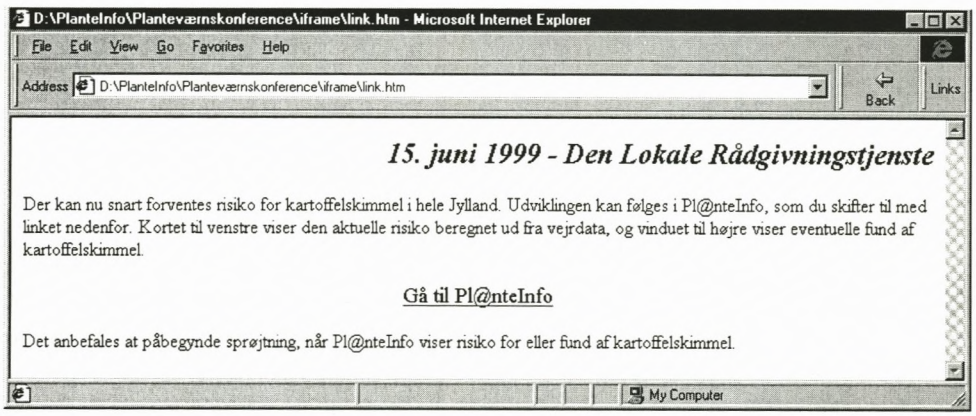
Formålet er at gøre det muligt - og nemt - at indbygge informationer fra Pl@nteInfo i eksterne sider fra f.eks. Landskontoret for Planteavl, lokale rådgivningskontorer og eventuelle andre. Løsningen bliver at opbygge en facilitet i Pl@nteInfo, hvor forfatteren til en ekstern Internetside kan hente HTML-koden til den ønskede information, gemme koden i sin

udklipsholder og til sidst indsætte koden på et passende sted i sit HTML-dokument. Der bliver tale om tre typer indbygget information.

Link til Pl@nteInfo

Et hyperlink er den simpleste måde at skabe en forbindelse mellem Pl@nteInfo og den eksterne Internetside. Det er imidlertid ikke særligt brugervenligt, at brugeren simpelthen åbner Pl@nteInfo og derefter skal søge frem til den information, som er relevant i den givne sammenhæng. Forfatteren til Internetsiden får derfor en mulighed for at hente en stump HTML-kode, som vil åbne Pl@nteInfo med den relevante information. I figur 1 er vist et eksempel på, hvordan den eksterne Internetside kan se ud.

Koden vil i dette tilfælde være en A-tag, som producerer et link, der åbner Pl@nteInfo i et nyt vindue med automatisk visning af den ønskede side og med menuen åbnet på den relevante måde. Pl@nteInfo vil søge efter en cookie, der kan identificere brugeren som abonnent i L@ndbrugsInfo; hvis dette lykkes fortsættes automatisk, således at brugeren knap nok bemærker, at han er kommet over i et nyt websted. Hvis identifikationen ikke lykkes, åbnes en side med et login felt.



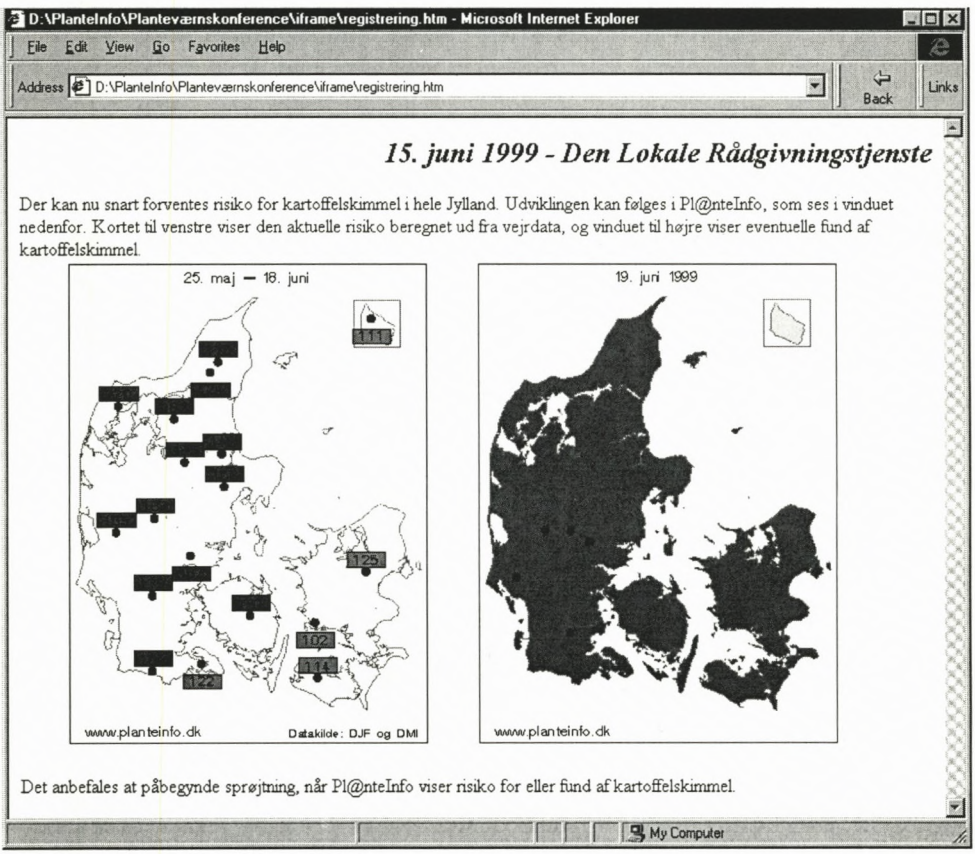
Figur 1. Internetside fra en fiktiv rådgivningstjeneste med et link til Pl@nteInfo. Internet page from a fictitious advisory service with a link to Pl@nteInfo.

Grafik fra Pl@nteInfo

Grafikken i Internetsider er altid lagret i selvstændige filer på serveren. HTML-koden indeholder et link til grafikfilen, og browseren sørger for at hente filen ned til brugeren og inkludere billedet i siden. Det er derfor altid muligt at inkludere grafik fra fremmede servere i en Internetside (medmindre der på den fremmede server er lagt forhindringer for uønsket fremmed tilgang). Et link til grafik i Pl@nteInfo henviser dog sjældent til en fil men oftest til et program, som genererer grafikken ud fra data i databasen. Det er muligt at indlægge identifikation af brugeren i dette program, således at der kan produceres brugerspecifik information, eller brugeren kan afvises, hvis han ikke har et krævet abonnement.

Der er i figur 2 vist et eksempel, hvor der inkluderes to billeder fra Pl@nteInfo i en ekstern side. Bemærk at selvom Internetsiden i eksemplet er dateret d. 15. juni, så er grafikken aktuel for den dag Internetsiden læses d. 19. juli. Denne løsning er imidlertid ikke særlig hensigtsmæssig, da det ikke er muligt for brugeren at fortsætte i Pl@nteInfo for eksempel for at finde yderligere og uddybende information.

Koden til at inkludere de to billeder, som vil kunne hentes fra Pl@nteInfo, er i dette tilfælde en SRC-tag, som producerer et billede i den eksterne Internetside. Billedet hentes fra Pl@nteInfo og bliver derfor altid lavet på basis af de seneste data. Identifikationen af brugeren foretages som beskrevet ovenfor. Hvis identifikationen ikke lykkes vises et alternativt billede, som anbefaler brugeren at besøge Pl@nteInfo for at få en opdateret cookie.



Figur 2. Internetside fra en fiktiv rådgivningstjeneste med grafik fra Pl@nteInfo. Internet page from a fictitious advisory service with graphics from Pl@nteInfo.

Vindue med browseradgang til Pl@nteInfo

En god løsning vil være, at der i den eksterne Internetside inkluderes et vindue, der som udgangspunkt viser den relevante information, og som samtidig giver mulighed for at søge

videre i Pl@nteInfo. Det har vist sig, at denne funktion faktisk forefindes i den officielt anerkendte HTML specifikation. Koden er i dette tilfælde en IFRAME-tag, som inkluderer et vindue med browserfaciliteter i den eksternt producerede side.

I figur 3 er vist et eksempel med en side fra et fiktivt rådgivningskontor, som i teksten giver sine egne anbefalinger herunder at søge aktuel information om udviklingen i Pl@nteInfo. Denne information vises automatisk i IFRAME-vinduet, hvor der desuden er mulighed for uddybning som ved normal anvendelse af en browser. IFRAME-tag'en er desværre ikke implementeret i Netscape. Koden til IFRAME-tag'en indeholder derfor en funktionalitet, som åbner Pl@nteInfo i et nyt vindue, hvis siden åbnes med Netscape.

Figur 3. Internetside fra en fiktiv rådgivningstjeneste med Pl@nteInfo i et IFRAME-vindue. Internet page from a fictitious advisory service with Pl@nteInfo in a IFRAME-window.

Web-komponenter

Dynamisk samarbejde mellem forskellige websteder over Internettet, som det ovenstående er simple eksempler på, er et varmt emne i den pågående IT-udvikling. Der er megen

opmærksomhed rettet mod de såkaldte webkomponenter, som er software, der implementeres på en webserver. Webkomponenter kaldes for eksempel fra ASP-sider, og bevirker at den HTML-side, som sendes ud til brugeren, får et bestemt indhold, eksempelvis at en del af siden hentes fra Pl@nteInfo. Kommunikationen foregår således mellem serverne, hvilket kan være en fordel blandt andet, når der skal overføres store datamængder.

Et andet eksempel er Java-applets, som er softwarekomponenter, der kan tilføre en webside dynamisk funktionalitet af forskellig art. Java-applets kan hentes online fra fremmede servere og derved skabe et online samarbejde. Vejrradarfilm i Pl@nteInfo vises for eksempel med en Java-applet, som i en periode lå på en server på Landbohøjskolen.

Diskussion og konklusion

Den tyske landbrugsøkonom Kuhlmann angiver to hovedårsager til landmænds beskedne interesse for IT (Kuhlmann, 1999). Den første og væsentligste er, at landmændene har fundet det mere effektivt at reducere omkostningsniveauet ved at forenkle produktionen og købe relativt billige hjælpestoffer end ved at styre en mere kompleks produktion ved hjælp af IT. Den anden hovedårsag er problemerne ved at udvikle gode IT-applikationer til løsning af biologiske problemstillinger.

Kuhlmanns antagelser synes velegnede til at forklare danske landmænds relativt ringe interesse for IT til plantebeskyttelse, idet omkostningerne ved plansprøjtning er relativt små i forhold til den potentielle risiko. Der kan næppe forventes en væsentligt større interesse førend samfundet på en eller anden måde gør kemisk behandling til en knap ressource, som nødvendiggør anvendelsen af IT.

I det kommende *Netværkssamfund* (Dybkjær & Lindegaard, 1999) kan alle borgere, hvis de måtte ønske det, være konstant online ved trådbaseret eller mobilnetbaseret adgang til Internettet. Trådløs højhastighedsadgang til Internettet har nogle åbenlyse anvendelsesmuligheder i jordbruget, og værdien af IT til jordbruget kan øges væsentligt, når landmanden får adgang til nettet fra mark, stald og kontor. Det er derfor nødvendigt, at jordbrugsforskningen og -rådgivningen indretter sig hensigtsmæssigt med hinanden i netværkssamfundet. De ovenfor beskrevne planer for Pl@nteInfo i år 2000 er skridt på vejen til, at den traditionelt korte vej mellem forskning og rådgivning bliver endnu kortere i netværkssamfundet.

Der har i de seneste år været fokuseret meget på (som regel vellykkede) tekniske løsninger, og der er ikke megen grund til at tvivle på en fortsat teknisk udvikling, for eksempel med PC-Planteværn på Internettet og applikationer tilpasset online anvendelse fra marken ved trådløs Internetadgang. Derimod er der i langt mindre omfang udviklet afgørende ny viden om prognose/varsling for plantesygdomme og -skadedyr. Den største udfordring er derfor at udvikle forskningsbaserede applikationer, som kan give beslutningstageren den nødvendige biologiske tolkning af strømmen af sygdoms- og skadedyrsregistreringer, vejrobservationer og vejrudsigter i netværkssamfundet.

Litteratur

Dybkær L. & Lindegaard J. 1999. Det Digitale Danmark. http://www.detdigitaledanmark.dk.

Jensen A.L., Thysen I., Hansen G.J., Jensen T., Secher B.J.M & Juhl O. 1996. Et dansk informationssystem for plantedyrkning på World Wide Web. 13. Danske Planteværnskonference, SP Rapport nr. 4, 219-228.

Jensen A.L., Nielsen H.K. & Bøjer O.Q. 1999. A web-based decision support system for selection of variety in field crops. In: Rickert, U., Helbig, R. & Scheifer, G. (Eds.): Role and potential of IT, Intranet and Internet for Advisory Services. European Symposium as part of EFITA 99, Second European Conference of the European Federation for Information Technology in Agriculture, Food and the Environment, September 27-30, 1999, Bonn, Germany, 177-186.

Jensen A.L., Boll P.S., Thysen I. & Pathak B.K. 2000. Pl@nteInfo – A web-based system for personalised decision support in crop management. Computers and Electronics in Agriculture. Accepted for publication.

Kuhlmann F. 1999. Farm-level-information-systems: Developments and perspectives. In: Scheifer, G., Helbig, R. & Rickert, U. (Eds.): Perspectives of Modern Information and Communication Systems in Agriculture, Food Production and Environmental Control, Second European Conference of the European Federation for Information Technology in Agriculture, Food and the Environment, September 27-30, 1999, Bonn, Germany, 7-17.

Prognoser for godt sprøjtevejr – et indledende studium

Prognoses for spraying weather – an introductory study

Nina K. Detlefsen & Iver Thysen
Danmarks JordbrugsForskning
Afdeling for Jordbrugssystemer
Forskningscenter Foulum
DK-8830 Tjele

Michael Steffensen
Danmarks Meteorologiske Institut
Vejrtjenestens Udviklingssektion
Lyngbyvej 100
DK-2100 København Ø

Summary

The weather has great impact on agricultural operations, and weather forecasts are of great value for planning purposes. It is therefore important to know how weather forecasts are constructed, which information can be extracted from them and, probably most important, how reliable they are.

Not many decision support systems give advice based on weather forecasts, although the weather is a major factor for many operations. In this article we conduct an introductory study where we give a prognosis for spraying weather. The analysis is based on historical data. We also describe a probability-based weather forecast product, which is expected to be available soon and which we believe will be an advantage in building decision support systems.

Indledning

Vejret har stor indflydelse på mange operationer i landbruget, men kun få har forsøgt at udnytte vejrprognoser i beslutningsstøttesystemer. Vi mener der ligger et stort potentiale i at udnytte informationen i vejrprognoser på en intelligent måde. Derved synliggøres den usikkerhed planlægningen af en operation i landbrugserhvervet er forbundet med.

Formålet med denne artikel er dels at skabe overblik over, hvordan vejrprognoser laves, hvilken information de bygger på, og hvordan de kan bruges, og dels at illustrere hvordan vi kan anvende vejrprognosen til at sige noget om sprøjtevejr i prognoseperioden baseret på historiske data. Til slut vil vi også diskutere fremtidige problemstillinger og behov, som vi vil arbejde videre med i fremtiden.

Vejrprognosen – hvordan laves den?

Grundlaget for vejrforudsigelser er observationer. Man kan ikke selv med de bedste modeller forudsige vejret, hvis man ikke ved, hvordan vejret er. De indsamlede observationer bruges til at analysere den aktuelle vejrsituation. På baggrund af analysen fremstilles dernæst prognoser for vejrsituationen i fremtiden.

Når prognoserne er færdige distribueres de til brugerne. For at kunne vurdere, hvordan den meteorologiske information kan anvendes mest hensigtsmæssigt under for eksempel hensyntagen til usikkerheden, er det en fordel med et vist kendskab til baggrunden for den meteorologiske information. Vi vil derfor i det efterfølgende give et indblik i, hvorledes prognoser fremstilles, hvilke forudsætninger de bygger på og et skøn over usikkerheden på prognoserne.

Observationer

Observationerne af den aktuelle vejrmæssige tilstand er grundlaget for prognoser. Hvis udgangspunktet for prognoserne er fejlagtige, vil denne fejl som hovedregel videreføres i prognoserne. Det gælder derfor om at få et så nøjagtigt og korrekt billede af hele vejrsituationen som muligt. Til dette formål er der etableret et internationalt system til opsamling og fordeling af observationer over hele jorden.

De vejrparametre, som primært observeres, er lufttrykket i [hPa] (hektoPascal = millibar), vinden i [m/s] og vindretningen midlet over 10 minutter, temperaturen i ^{0}C, luftfugtigheden samt, det som i denne sammenhæng kaldes vejret, der er en form for nedbør eller anden foreteelse i luften, for eksempel: regn, slud, finregn, tåge etc. Også skydækket observeres og angives i ottendedele af himmelarealet.

Med jævne mellemrum opsendes radiosondeballoner med instrumenter til måling af tryk, temperatur og fugtighed op gennem atmosfæren. Disse observationer sendes via radio til en modtagestation på jorden, der udover at modtage observationerne kan beregne vinden og vindretningen i forskellige højder udfra ballonens bevægelse.

Satellitter måler stråling fra jorden, skyer og luften. Disse strålingsmålinger kan omsættes til information om temperaturer og fugtighed, ikke kun ved overfladen men også oppe i luften. Udfra satellitbilleder kan man analysere bevægelsen af skyerne og derigennem bestemme vinden oppe i luften. Satellitterne er således et godt supplement til radiosondeballonerne.

Et andet nyere instrument er den såkaldte vejrradar, som primært bruges til at måle nedbør og nedbørsintensiteter. Observationer med vejrradar er især af stor betydning for kortfristet og præcise forudsigelser for en enkelt lokalitet.

Analyse

Observationerne anvendes til at lave en analyse, som skal give et overskueligt billede af den aktuelle vejrsituation. Der bruges store computere, som er i stand til at behandle et meget stort antal observationer og også observationer, der ikke er samtidige. Analysen bestemmer værdien af vejrparametre i et net af punkter (grid), som dækker hele atmosfæren kloden rundt. Analysen til et bestemt analysetidspunkt laves ved at korrigere en tidligere prognose

gældende til analysetidspunktet udfra de til tidspunktet hørende observationer. Analysen udfører tillige en vis validering af observationerne.

Uanset hvor godt analysen udføres, vil der altid være afvigelser fra det rent faktisk forekommende vejr. Det skyldes blandt andet, at observationerne ligger ujævnt fordelt, og at de enkelte observationer er behæftet med måleusikkerhed.

Prognoser

Udfra analysen kan en computer ved hjælp af en numerisk model nu fremstille en prognose af, hvordan vejrparametrene forventes at tage sig ud til fremtidige tidspunkter. Den numeriske model anvender de fysiske grundlove for hydrodynamik til at beregne ændringer i luftens tilstand fra det sidste analysetidspunkt til et bestemt fremtidigt tidspunkt i et net af punkter.

Selvom computerne bliver stedse kraftigere og kraftigere, kan man dog kun beregne vejrparametrene i et yderst begrænset antal punkter. Hvad der foregår mellem punkterne kan ikke beregnes direkte men må bestemmes indirekte. Dette illustrerer, at selv de bedste beregningsmodeller nødvendigvis vil introducere usikkerhed i prognoserne. Jo længere frem i tiden man forsøger at lave prognoser, jo større bliver usikkerheden. I dag laves prognoser for op til 10 døgn, men de sidste døgn er ofte meget usikre.

Produkter/udsigter

Der udvikles på DMI metoder og systemer, som på baggrund af den numeriske models prognoser laver bruger specificeret prognoser som f.eks. prognoserne i AMIS, hvilket er et produkt, som er specielt rettet mod landbruget og som præsenteres i Pl@nteInfo.

AMIS er et system til præsentation af prognoser og observationer i et net af 632 punkter med cirka 10 km's indbyrdes afstand dækkende alle landområder i det sydlige Danmark. Observationer af temperaturen i 2 meters højde, den relative fugtighed og vindhastigheden i 10 meters højde fås fra omkring 73 meteorologiske stationer fordelt rundt om i landet klokken 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21 UTC. 24 timers akkumuleret nedbør i [mm] og 24 timers akkumuleret potentiel fordampning i [mm] fås fra omkring 38 stationer, og siden 1. april 1998 fås også 24 timers akkumuleret stråling i [MJ/m^2] fra omkring 19 stationer klokken 06 UTC. Ved hjælp af en afstandsbaseret interpolationsprocedure bestemmes virtuelle observationer i samtlige 632 punkter. Værdierne er til rådighed cirka 30 minutter efter observationstidspunktet.

Prognosedata fås fra European Center for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) globale prognosemodel. Modellen regner dagligt prognoser med analysetidspunkt klokken 12 UTC (det vil sige kl. 13 dansk normaltid). På grund af tidstab i forbindelse med dataopsamling, især fra fjerne egne af kloden, udføres selve beregningen cirka 12 timer efter analysetidspunktet, hvilket betyder, at DMI først modtager data omkring klokken 01 UTC den følgende nat. For hver af de meteorologiske stationer beregnes maksimumstemperaturen om dagen og minimumstemperaturen om natten i 2 meters højde samt 24 timers maksimumsvind udfra ECMWF prognosedata i et nærliggende ECMWF-net punkt og den aktuelle stations observationer af den pågældende parameter med et Kalman filter. Kalman filtre er en statistisk metode, der gør det muligt i et vist omfang at medregne lokale forholds betydning,

som ikke er indeholdt i ECMWF modellen. Ligeledes fås for hver station 24 timers akkumuleret potentiel fordampning fra DMI's evaporation-prediction system. Alle disse prognoseværdier interpoleres ligesom observationerne til samtlige 632 punkter. 24 timers akkumuleret nedbør fra ECMWF modellen interpoleres direkte uden Kalman filtrering til samtlige 632 punkter. Disse prognose data er til rådighed omkring klokken 3:30 UTC for dag 0 til 5.

Verifikation/validering

Når udsigterne er lavet, og vejret for det pågældende udsigtstidspunkt har fundet sted, kan man analysere, hvor godt udsigten passede. Det lyder umiddelbart som en simpel opgave, men er ikke helt enkelt.

Forudsiges for eksempel kraftig regn i et område i løbet af et bestemt tidsrum vil chancen for, at der forekommer kraftig regn i området, være afhængig af områdets størrelse. Forudsiges kraftig regn i Odense, er chancen for, at dette bliver rigtigt mindre end chancen for, at forudsigelse af kraftig regn et eller andet sted på Fyn eller endnu bedre hele Danmark (eller hele verden!) bliver rigtig. Samme forhold gælder for tidsrummet. Forudsiges kraftig regn i Odense i morgen, er chancen for, at dette bliver rigtigt mindre end chancen for, at forudsigelse af kraftig regn i Odense i løbet af næste uge bliver rigtig.

Også karakteren af vejret, for eksempel nedbør i forbindelse med en frontpassage og nedbør i form af byger, har betydning for, hvor godt en udsigt passer. Nedbør i forbindelse med en frontpassage dækker et meget større geografisk område i forhold til det område den enkelte lokale byge dækker. For udsigter længere frem i tiden kan det derfor kun forudsiges, at der indenfor et større område vil forekomme nedbør i form af byger, men ikke nøjagtigt hvor de enkelte byger forekommer. For kortfristede udsigter, det vil sige få timer, kan dette imidlertid lade sig gøre ved hjælp af den før omtalte vejrradar, hvor der er mulighed for at følge den enkelte bygesky over en periode og derudfra ekstrapolere skyens bevægelse.

Trods vanskelighederne analyseres prognosernes kvalitet løbende ved passende sammenligning med et bedste bud på virkeligheden, dette resulterer i en prognosefejl. Prognosefejlen vokser med prognoselængden, og kvaliteten af 10 døgns prognosen er væsentlig ringere end kvaliteten af 5 døgns prognosen. Dette refereres også til som den objektive verifikation af udsigter og kan bruges til at vurdere usikkerheden. En alternativ måde at vurdere udsigter på er at estimere den værdi, udsigten kan tilføre en bruger. Den vurdering er subjektiv, idet den afhænger af brugerens situation og anvendelse af udsigten, for eksempel i forbindelse med en beslutningsmodel.

Dette kan illustreres ved en bruger for hvem, det er afgørende for en aktivitet, at det ikke regner. Udsigten kan laves sådan, at for en given dag forudsiges *regn* eller *ikke regn*. Usikkerheden i udsigten gør, at forudsigelsen *ikke regn* i nogle situationer er forkert, og der rent faktisk kommer regn. Dette kaldes fejl. Andre gange forudsiges *regn* uden, at der kommer regn. Dette er en falsk alarm.

Udsigterne kan laves således, at antallet af fejl bliver lille, men prisen for dette er, at antallet af falske alarmer bliver stort. Sådanne udsigter ville typisk få en meget ringe værdi, hvis de skulle vurderes objektivt (mange falske alarmer). Imidlertid kan det være så vigtigt for

brugeren, at det ikke regner, at selv udsigter med et stort antal falske alarmer (hvor hans aktivitet altså ikke kan udføres) alligevel tilfører brugeren værdi.

Det foregående illustrerer, hvordan usikkerhed i udsigter i nogle konkrete tilfælde kan håndteres, så udsigten kan anvendes med større udbytte. I det følgende skitseres nye metoder til at beskrive usikkerheden, som åbner nye muligheder for udvikling af beslutningsstøttesystemer baseret på vejrprognoser.

Sandsynlighedsudsigter

Som tidligere nævnt vil fejl i analysen resultere i fejl i prognoserne. Analysefejlen er udtryk for, at analysen med en vis sandsynlighed kunne være lidt anderledes og dermed resultere i en anderledes prognose. I princippet er antallet af anderledes analyser meget stort, dog er det i praksis kun muligt at behandle et meget begrænset antal. Vælges imidlertid et lille antal udfra den oprindelige kontrolanalyse kan man håbe, at disse analyser beskrives ved en uniform sandsynlighedsfordeling i mængden af sandsynlige analyser hørende til den aktuelle kontrolanalyse. Analyserne udvælges på en sådan måde, at forskellene i de resulterende prognoser bliver størst muligt, disse kaldes de dynamisk instabile analyseændringer. Denne metode anvendes af ECMWF, men der findes også andre metoder. Udfra en tilsvarende logik ændres i den numeriske models parametre for at beskrive modelusikkerheden.

Resultatet af ovenstående øvelse er et ensemble af 50 forskellige prognoser plus den oprindelige kontrolprognose altså 51 i alt. Hvis blandt andet antagelsen om sandsynlighedsfordelingen i mængden af analyser holder, beskriver ensemblet en sandsynlighedsfordeling i mængden af mulige prognoser og dermed fordelingen af mulige udfald for værdien af en given vejrparameter. Metoden kaldes Ensemble Prediction System (EPS). EPS åbner mulighed for på statistisk grundlag dels at kvalificere usikkerheden på en given prognose og dels en række helt nye typer af sandsynlighedsudsigter. ECMWF kører i øjeblikket et EPS en gang i døgnet 10 døgn frem.

Undersøgelser viser, at prognosefejlen er afhængig af det aktuelle vejr. Prognosefejlen kan derfor i nogle tilfælde være stor og i andre tilfælde være lille. Derudover har vi tidligere set, at prognosefejlen vokser med prognoselængden. Hvis ensemblet kan bruges statistisk, må spredningen af de mulige prognoser i ensemblet til alle prognosetider korrelere med prognosefejlen. Undersøgelser har vist en høj grad af korrelation. Spredningen i ensemblet kan altså benyttes som mål for usikkerheden eller forudsigeligheden af vejret til et givet tidspunkt og sted.

Som eksempel kunne maksimum temperaturen i 5 døgns prognosen være 16^0C og usikkerheden være +/-1.5^0C, som er spredningen af værdien af maksimum. Usikkerheden på temperaturen, +/-1.5^0C, vil ikke alene variere for de forskellige prognosedøgn men også for forskellige områder. Udsigter at typen maksimum temperaturen på 5'te døgn bliver 16^0C kaldes kategoriske. EPS giver mulighed for at lave sandsynlighedsudsigter, hvor man i stedet angiver sandsynligheden for de forskellige mulige værdier af maksimum temperaturen. Kvaliteten af en EPS baseret sandsynlighedsudsigt kan således måles på, hvor meget bedre den er i forhold til en klima baseret sandsynlighedsudsigt.

Et eksempel på en sandsynlighedsudsigt for 12 timers akkumuleret nedbør for et givet område er sandsynligheden for mere end 1 mm/12hr, mere end 5 mm/12hr, mere end 10 mm/12hr og mere end 25 mm/12hr. Sandsynligheden for mere end 1 mm/12hr bestemmes af antallet af ensemble medlemmer, hvis nedbør er mere end 1 mm/12hr. Sandsynlighederne for de øvrige intervaller bestemmes på tilsvarende vis.

Sandsynlighedsudsigter er stadig så nye, at der skal udføres undersøgelser af pålidelighed, hvilket vil sige, at den observerede frekvens af en hændelse skal stemme overens med den forudsagte sandsynlighed. Ensemblet opfylder heller ikke umiddelbart betingelserne for at kunne anvendes som sandsynlighedsfordeling. Undersøgelser skal vise i hvor høj grad, ensemblet kan bringes til at opfylde betingelserne.

Når disse undersøgelser er udført, forventes sandsynlighedsudsigter imidlertid at give mulighed for mere kvalificeret udnyttelse af informationen og dermed optimere værdien af udbyttet. Dette kan for eksempel være i forbindelse med en beslutningsmodel for sprøjteaktivitet.

Beslutningsmodel for godt sprøjtevejr

Mange operationer indenfor planteavlen afhænger af vejret. For eksempel kan nævnes såning, behandling af ukrudt/sygdomme og høstarbejde. Kendetegnet for alle disse operationer er, at de kræver en på forhånd defineret vejrtype i tilstrækkelig lang tid. Målet på lang sigt er derfor at udvikle modeller, som udfra vejrprognosen kan give os sandsynligheden for, at en given vejrtype optræder i tilstrækkelig lang tid på hver af dagene i prognosen. Vi har for nærværende valgt at bruge sprøjtevejr som eksempel og at basere analysen på historiske data.

Sprøjtevejr

Betingelserne for godt sprøjtevejr varierer meget i forhold til forskellige sprøjtemidler. Dertil kommer at afdrift skal undgås, hvilket for alle midler betyder, at sprøjtning i blæsevejr skal undgås. Risikoen for afdrift afhænger i et vist omfang af det tekniske udstyr. Vi har i dette studium defineret sprøjtevejr ved, at den gennemsnitlige vindstyrke i 2 m´s højde skal være mindre end 5 m/s, mens man sprøjter, desuden skal det være tørvejr, mens man sprøjter samt i mindst 2 timer efter sprøjtningen.

Vejrdata

Vi har fra AMIS fundet daglige prognoseværdier for 24 timers akkumuleret nedbør og max. vindstyrke i 10 m´s højde for perioden maj-august for årene 1998 og 1999 i gridpunkter svarende til 12 af DJFs klimastationer. For hver dag er der 6 forskellige prognosticerede værdier for både nedbør og vindstyrke svarende til prognosen 1-6 dage tidligere. Vi har lavet et datasæt, som for hver dag i perioden har værdier for følgende variable: dato, grid, navn på klimastationen, 1-6 dage gamle prognoser (for den pågældende dag) for max. vindstyrke i 10 m´s højde, 1-6 dage gamle prognoser for 24 timers akkumuleret nedbør.

Ligeledes har vi udfra DJFs klimadatabase (Larsen *et al.*, 1996) fundet timeværdier for nedbør og vindhastigheder i samme periode og fra de samme 12 klimastationer. Det faktiske antal sprøjtetimer er beregnet udfra disse timeværdier. Det vil sige, at for en given station, en

given dag har vi talt antallet af timer indenfor tidsrummet kl. 6 til kl. 22, hvor følgende er opfyldt:

- Gennemsnitsvinden i 2 m's højde er ≤ 5 m/s
- Nedbør er ≤ 0.1 mm/time
- Mindst to efterfølgende timer hvor nedbør er ≤ 0.1 mm/time

Vinden er udregnet på basis af målte værdier i 10 m's højde, og er korrigeret til vind hastigheder i 2 m's højde (Monteith & Unsworth, 1990).

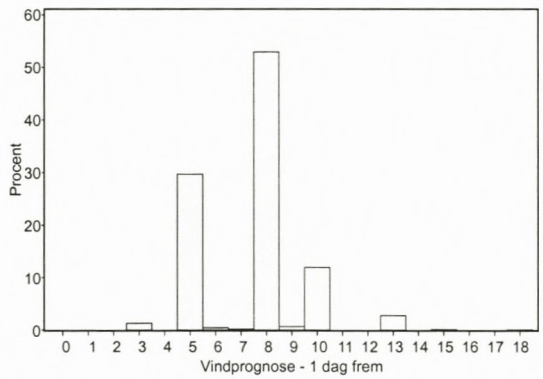
Vi ønsker nu at finde en sammenhæng mellem vejrprognosen for den maksimale vindstyrke og døgnnedbøren for en given dag og det faktiske antal tilgængelige sprøjtetimer.

Model

For at opstille en model er vi nødt til at antage noget om vores data. Vi antager, at prognoserne for vindstyrke og døgnnedbør samt antallet af sprøjtetimer kommer fra den samme simultane fordeling hver eneste dag for alle stationerne. Det vil sige vi antager, at der hverken er variation i rum eller tid. Denne variation skal undersøges nærmere.

Vi vælger at opstille en 4-sidet kontingenstabel for vores data, hvor de 4 sider er henholdsvis prognose for maksimal vindstyrke, prognose for døgnnedbør, år og antal sprøjtetimer. Til dette formål opdeles den 1 dag gamle vejrprognose for henholdsvis vindstyrke og døgnnedbør samt antallet af sprøjtetimer i kategorier. Samme analyse kan udføres for den 2-6 dage gamle vejrprognose og vil give samme type resultater som nærværende analyse.

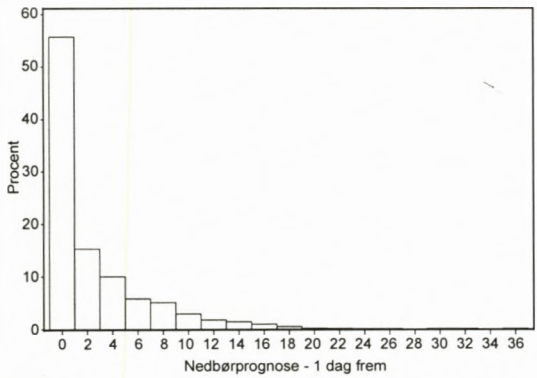
Prognosedata for den maksimale vindstyrke faldt naturligt i tre intervaller (figur 1), hvorfor vi valgte at opdele prognosedata for vindstyrken i 0-5½ m/s, 5½-8½ m/s og over 8½ m/s.



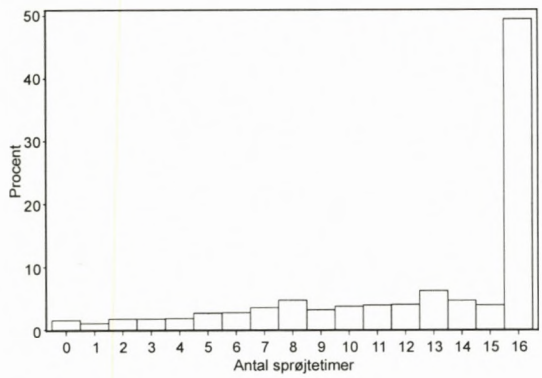
Figur 1. Histogram for prognosedata for 10 m maksimum vindstyrke. Histogram of the prognosis for maximum windspeed in 10-m height one day ahead.

Prognosedata for døgnnedbør var ikke helt så enkel at opdele (figur 2). Vi har valgt at opdele i følgende kategorier: 0-1 mm, 1-4 mm og over 4 mm.

Antallet af sprøjtetimer fordelte sig som illustreret i figur 3. Kategorierne vi har valgt er 0-4 timer, 4-8 timer og over 8 timer. Det ses af figur 3, at der er mange dage, hvor det er muligt at sprøjte 16 timer. Desuden har vi to kategorier, som repræsenterer hvilket år 1998 eller 1999 data kommer fra.



Figur 2. Histogram over prognosedata for akkumuleret nedbør. Histogram of the prognosis for 24-hour accumulated precipitation one day ahead.



Figur 3. Histogram over antallet af sprøjtetimer. Frequency of number of spraying hours.

For hver kombination af nedbør, vind og år kategorierne ($i = 1,2,3, j = 1,2,3, k = 98,99$) antager vi, at antallet af sprøjtetimer i de tre kategorier er multinomialfordelte

$$(N_{ijk1}, N_{ijk2}, N_{ijk3}) \sim multinomialfordelt(n_{ijk}, p_{ijk1}, p_{ijk2}, p_{ijk3}), \quad \sum_{l=1}^{3} p_{ijkl} = 1,$$

hvor $(N_{ijk1}, N_{ijk2}, N_{ijk3})$ er antallet af dage i hver af kategorierne 0-4 timer, 4-8 timer, og over 8 sprøjtetimer, n_{ijk} er det totale antal dage som har vind/nedbør/år kombinationen ijk og $p_{ijk1}, p_{ijk2}, p_{ijk3}$ er sandsynligheden for hver af kategorierne af sprøjtetimer givet vind/nedbør/år kombinationen ijk.

Estimatet for parametrene i multinomialfordelingen er givet ved

$$\hat{p}_{ijkl} = \frac{obs_{ijkl}}{n_{ijk}}$$

hvor obs_{ijkl} er det observerede antal i kombination af kategorier $ijkl$.

Vi opstiller en hypotese om at $p_{ijkl} = p_{ijl} \quad \forall ijkl$, hvor $\sum_{l=1}^{3} p_{ijl} = 1$, det vil sige, at der ikke er forskel i de estimerede sandsynligheder fra 98 til 99. Dette testes ved hjælp af statistikprogrammet SAS (SAS Institute Inc., 1987), hvor vi får accept af, at der ingen virkning er mellem årene. Vi finder også, at vi ikke kan reducere modellen yderligere. Vores endelige model bliver derfor

$$(N_{ij1}, N_{ij2}, N_{ij3}) \sim multinomialfordelt(n_{ij}, p_{ij1}, p_{ij2}, p_{ij3}), \quad \sum_{l=1}^{3} p_{ijl} = 1,$$

og estimaterne på parametrene er givet nedenfor i Tabel 1.

Resultater

Tabel 1 viser, for en given kombination af prognosticeret vindstyrke og døgnnedbør, hvor mange % af det totale antal dage man kunne sprøjte i de tre sprøjtekategorier.

Tabel 1. Fordeling af sprøjtetimer i de forskellige kategorier af prognosticeret vindstyrke og døgnnedbør (%). Distribution of spraying hours in the three categories for a given prognosis for 10-m maximum windspeed and 24-hour accumulated precipitation (%).

Prognose		Observeret antal sprøjtetimer		
Vindstyrke	Døgnnedbør	0-4 timer	4-8 timer	Over 8 timer
0-5½ m/s	0-1 mm	3	7	90
	1-4 mm	5	12	83
	over 4 mm	12	29	59
5½-8½ m/s	0-1 mm	3	5	92
	1-4 mm	3	15	82
	over 4 mm	11	25	64
over 8½ m/s	0-1 mm	27	27	46
	1-4 mm	28	28	44
	over 4 mm	39	31	30

Disse andele vil nu kunne bruges som sandsynligheder. Hvis en given vejrprognose 1 dag frem i perioden maj-august lyder på 3 mm nedbør og max. vindstyrke i 10 m´s højde på 7 m/s, så vil sandsynligheden for, at vi kan sprøjte højst 4 timer, være 3%, 4-8 timer 15% og mere end 8 timer 82%.

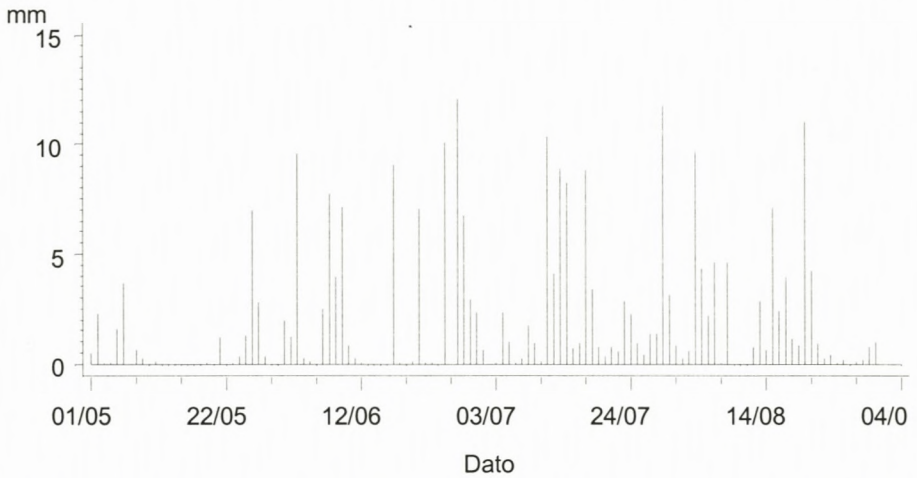
Vi ser udfra ovenstående tabel, at sandsynligheden for, at man kan sprøjte 0-4 timer, 4-8 timer eller over 8 timer, stort set er uafhængig af, om den 1 dag gamle prognose for den maksimale vindstyrke i 10 m´s højde var 0-5½ m/s eller 5½-8½ m/s. Men derimod ændrer sandsynlighederne sig meget for prognoser, hvor den maksimale vindstyrke var over 8½ m/s. Vi ser også, at sandsynlighederne for at kunne sprøjte i mere end 8 timer falder jo større prognosticeret døgnnedbør er. Dette stemmer godt overens med vores forventninger.

Vi har gennemført samme analyse som ovenfor, hvor vi har forsøgt at finde en sammenhæng mellem de 2-6 dage gamle prognoser og antallet af sprøjtetimer. Resultatet har været, at jo ældre prognosen var, jo mindre præcis synes den at være, hvilket vi havde forventet. Disse resultater vil blive studeret nærmere.

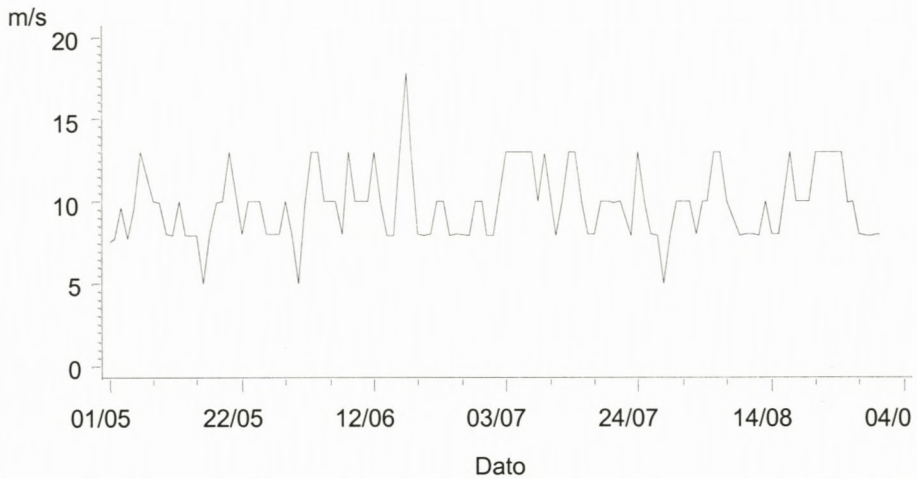
Diskussion

Ud fra ovenstående analyse finder vi, at der for en given vejrprognose måske er stor sandsynlighed for, at man kan sprøjte i 4-8 timer den efterfølgende dag, men den siger ingenting om, hvornår på dagen disse 4-8 timer ligger. Det vil sige ser man ud af vinduet og konstaterer, at det er opholdsvejr og næsten vindstille kl. 7, er det så begyndelsen på de 4-8 timer med sprøjtevejr, eller kommer der en regnbyge kl. 8? For at kunne sige noget mere præcist om sprøjtevejr indenfor tidsvinduer på mindre end en dag er det nødvendigt, at vejrprognoserne har en højere tidsopløsning. I hvor stor udstrækning disse data kan fås vil blive undersøgt.

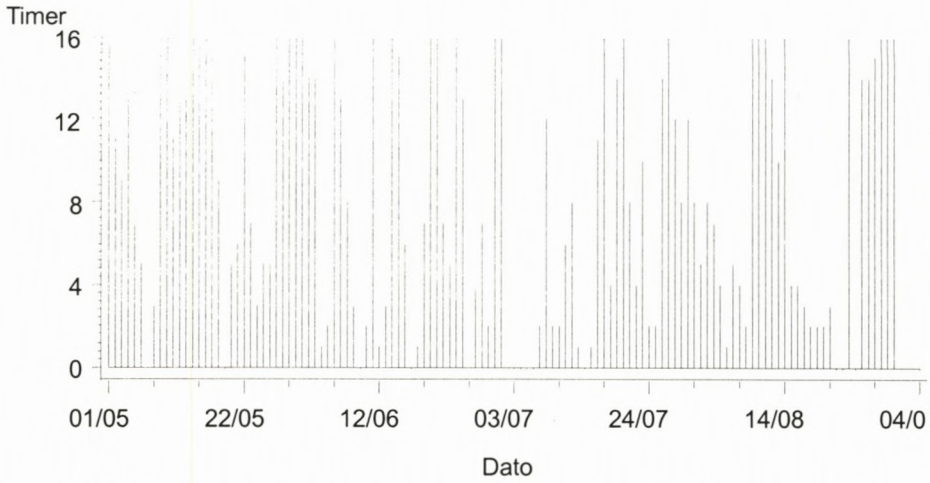
Resultaterne viser også, at der er relativ stor sandsynlighed for, at man kan sprøjte i mange timer, derfor kunne man foranlediges til fejlagtigt at konkludere, at det ikke er noget problem for landmanden at udføre en sprøjteoperation. Men for eksempel en kartoffelavler vil have behov for at sprøjte i perioder, hvor der er fare for opformering af kartoffelskimmel, hvilket ofte falder sammen med halvdårligt vejr (nedbør og vind). Det er derfor interessant at undersøge, hvor godt modellen forudsiger antallet af faktiske sprøjtetimer på dage, hvor vejret er omskifteligt. Lad os illustrere dette yderligere ved at se på de faktiske forhold ved forsøgsstationen i Silstrup i Nordjylland. Vi har i figur 4-6 vist prognosticeret døgnnedbør, prognosticeret maksimal vindstyrke samt antallet af sprøjtetimer på de forskellige dage fra maj til august 1998. Det skal bemærkes, at forsøgsstationen i Silstrup ligger i et meget blæsende område.



Figur 4. Prognosticeret døgnnedbør en dag i forvejen. One-day-old prognosis for 24 hour accumulated precipitation.



Figur 5. Prognosticeret maksimal vindstyrke i 10 m højde en dag i forvejen. One-day-old prognosis for 10 m maximal windspeed.



Figur 6. Det faktiske antal sprøjtetimer i 1998. The actual number of spraying hours in 1998.

Fra figur 6 ser vi, at det ikke var muligt at sprøjte i en 5-dages periode fra den 2. til den 7. juli, og fra figur 5 ser vi, at det sandsynligvis er fordi det blæser for meget. Når der netop kommer sådan en lang periode, hvor det ikke er muligt at sprøjte, er det vigtigt, at modellerne kan varsle om det er tidligt nok til, at man kunne have nået at sprøjte inden. For kartoffelavleren ville det betyde en katastrofe, hvis der ikke blev sprøjtet i dagene inden d. 2. juli, og det samtidig var skimmel-favorabelt natten til d. 2. juli. Bl.a. denne type varsling forsøges udviklet til skimmelvarsling (Hansen *et al.*, 2000).

Nærværende analyse baserer sig på historiske data, hvor vi forsøger at udlede en sammenhæng mellem den 1 dag gamle vejrprognose og det faktiske vejr. Fremtidige analyser vil vi gerne basere på EPS sandsynligheder fra ECMWF. Fordelen hermed er, at man får nogle sandsynligheder, som er sammenhængende med vejret netop nu. Det vil sige sandsynlighederne vil kunne variere over tid. For en analyse baseret på historiske data vil forudsigelsen af operationen være uafhængig af vejret netop nu, og sandsynlighederne vil derfor ikke variere over tid. Den rumlige opløsning på de nye data bliver dårligere, hvorfor det er nødvendig at studere betydningen af den rumlige variation i vejret nærmere.

Litteratur

Hansen J.G., Bødker L. & Nielsen B.J. 2000. Beslutningsstøtte til bekæmpelse af kartoffelskimmel. 17. Danske Planteværnskonference 2000, DJF-rapport nr. 24.

Larsen P. & Sørensen M.B. 1996. Geografiske data hos Afd. for Arealanvendelse. SP rapport nr. 6, 1996.

Monteith J.L. & Unsworth M.H. 1990. *Principles of Environmental Physics.* Chapman and Hall Inc., New York.

SAS Institute Inc. 1987. SAS System Documentation.

Perspektiver for biologisk bekæmpelse af bladlus i korn med snyltehvepse

Perspectives for biological control of cereal aphids with parasitoids

Lene Sigsgaard
IRRI, EPPD
P.O. Box 3127
MCPO 1271
Makati City
Philippinerne

Lars Monrad Hansen
Danmarks JordbrugsForskning
Afdeling for Plantebeskyttelse
DK- 4200 Slagelse

Summary

Results of a field survey conducted in 1996 and 1997 of the abundance and species composition of cereal aphid primary and secondary parasitoids are described. Based on field and laboratory findings, methods to increase natural biological control, and supplement it by augmentative release of parasitoids, are discussed.

Indledning

I 1996 og 1997 gennemførte DJF en undersøgelse af bladlus og snyltehvepse i korn. Hensigten var at undersøge hvilke snyltehvepsearter, der er mest aktive på bladlus i korn. Endvidere ønskede vi at vurdere hvilke snyltehvepsearter, der virker mest lovende til biologisk bekæmpelse. Vores overordnede målsætning var at bidrage til en betydelig reduktion af forbruget af pesticider. Resultatet af det første års undersøgelse er tidligere beskrevet (Sigsgaard, 1997).

Vejret og afgrødens udvikling, herunder dens egnethed som bladlusføde, sygdomme og naturlige fjender har alle indflydelse på bladlusangrebets størrelse (Hansen, 1992, 1995). Enkelte år bringer den naturlige regulering ikke skadedyrsangrebet nævneværdigt ned. Bladlusene synes pludseligt, eller for en tid, at have undsluppet den naturlige regulering. Nyttedyrenes betydning i de enkelte år er endnu ret uforudsigelig, fordi den nødvendige viden om betydningen af de enkelte nyttedyr stadig er mangelfuld.

Både korn-, græs- og havrebladlus har en vifte af hjemmehørende naturlige fjender. Derfor er det oplagt at søge mellem de naturligt hjemmehørende nyttedyr efter nogle hvis vilkår kan fremmes, så de æder flere bladlus. Man kunne også tænke sig at opformere og udsætte større mængder af nyttedyr efter behov. Snyltehvepsene i korn opfylder vigtige kriterier for nyttedyr til udsætning. Opformeringstiden er kort og opdræt enkelt. Tidlig

regulering af bladlusene i kornets mest sårbare stadier er vigtig. Desuden har snyltehvepsene på bladlus i korn generelt en højere reproduktionsrate end bladlus. Men deres udviklingsrater er langsommere end lusenes. Det betyder, at hvepsenes vækstrater ikke er meget forskellige fra bladlusenes. Forebyggende udsætninger af snyltehvepse kan bidrage til den tidlige naturlige bekæmpelse fra blandt andet rovlevende biller og edderkopper.

Materialer og Metoder

Der blev gennemført en feltundersøgelse af bladlus og snyltehvepse på seks vårbygmarker, fem vinterhvede marker og en durumhvede mark i 1996 og på to vårbyg og to vinterhvede marker i 1997. Markerne var fordelt på 4 store økologiske brug i 1996 og på to store økologiske brug i 1997. Materialer og metoder i denne undersøgelse er beskrevet i Sigsgaard (1997).

Resultater af undersøgelsen

Begge år kom bladlusangrebet først sidst i juni og overskred aldrig den økonomiske skadetærskel. Begge år var præget af kornbladlusen, med nogle græsbladlus og få havrebladlus. I 1996 toppede angrebet ved gennemsnitlig 6 bladlus pr. aks i vinterhvede og en bladlus pr. aks i vårbyg. I 1997 var de højeste tætheder 11 bladlus pr. aks i vinterhvede og fire pr. aks i vårbyg. Bladlusangrebet endte i slutningen af juli, først i august i 1996 og allerede i midten af juli i 1997. Snyltehvepsene kom en til to uger forsinket i forhold til bladlusangrebet, men i 1996 var omkring halvdelen af de lus vi indsamlede nær slutningen af dyrkningssæsonen parasiterede. I 1997 kom parasiteringsniveauet i byg ikke over 3-11% og lå på omkring 5% i vinterhvede og toppede med 25% i en mark.

Ingen af de i Danmark hjemmehørende arter af snyltehvepse har, endnu, et dansk navn. To årevingede familier af snyltehvepse angriber bladlus i korn. På latin hedder de *Aphidiidae* og *Aphelinidae*. I 1996 blev der i alt indsamlet 1173 snyltehvepse, og i 1997 152 snyltehvepse, dels fra parasiterede bladlus, dels fra feltindsamlede mumier. Både i 1996 og 1997 var de to helt dominerende snyltehvepsearter *Aphidius ervi* Haliday og *A. rhopalosiphi* De Stefani-Perez (Aphidiidae). Disse to arter udgjorde over 95% af alle snyltehvepse i begge år og afgrøder. I 1996 var der omtrent lige mange *A. ervi* og *A. rhopalosiphi* bortset fra i durumhvede, hvor der var flest *A. rhopalosiphi*. I 1997 var der flest *A. rhopalosiph. Praon volucre* (også *Aphidiidae*) udgjorde 2-4% af snyltehvepsene afhængig af afgrøde og år. Øvrige arter var ubetydelige.

I vårbyg var der ingen hyperparasitoider i 1996, mens 40% af de feltindsamlede mumier i vinterhvede sidst på vækstsæsonen viste sig at indeholde en hyperparasitoid. I durumhvede var der kun hyperparasitoider på den sidste feltindsamlingsdag 8. august 1996. I 1997 var der hyperparasitoider i både vårbyg og vinterhvede. I slutningen af juli, hvor bladluspopulationen kollapsede det år, var omkring halvdelen af de indsamlede mumier hyperparasiterede i både vårbyg og vinterhvede. Begge år optrådte de følgende hyperparasitoid familier: *Phaenoglyphis* sp. og *Alloxysta* sp. (*Alloxystidae*), *Coruna* sp. og *Asaphes* sp. (*Pteromalidae*), og *Dendrocerus* sp. (*Megaspilidae*). Mens *Alloxystidae* optrådte tidligst på sæsonen i 1996 og *Dendrocerus* senest, var der ikke et sådant mønster i 1997.

Diskussion

Mulige strategier for biologisk bekæmpelse

De arter, der optrådte i de to år, er ligeledes meget almindelige arter i andre dele af Nordeuropa. Herfra er det også velkendt, at der kan være store variationer både mellem parasiteringsniveauet og sammensætningen af snyltehvepsearter mellem forskellige år (Höller *et al.,* 1993). Det sene bladlusangreb i 1996 og 1997 har formentlig betydet bedre muligheder for den naturlige regulering med blandt andet snyltehvepse. Da *A. ervi, A. rhopalosiphi* og *P. volucre* i begge år var de dominerende snyltehvepse, virker det rimeligt at fokusere på disse arter som kandidater til biologisk bekæmpelse. Den mindre parasitering i 1997 kan skyldes, at bladlusangrebet sluttede tidligere, end det havde gjort året før. Baseret på en laboratorieundersøgelse af temperaturafhængige udviklingstider af *A. ervi*, *A. rhopalosiphi* og *P. volucre* var det muligt at beregne teoretiske fremkomsttider for snyltehvepse fra overvintrende mumier, og sammenligne disse fremkomsttider med feltdata. I laboratoriet havde *A. ervi* og *A. rhopalosiphi* de hurtigste temperaturafhængige udviklingsrater, men de beregnede fremkomsttider for de tre arter baseret på temperatur fra Meteorologiske Institut, Roskilde, adskilte sig begge år kun med omtrent en uge. Ifølge disse data var halvdelen af hvepsene klækket fra deres overvintrende mumier omkring fem uger før vi så dem i kornet, både i 1996 og 1997. Fangplante data fra Højbakkegård i 1997 (V. Langer, pers. komm), hvor kornbladlus fra opdræt blev sat ud på potter med byg i hegn, lucerne, vårbyg og kløvergræs bekræfter, at *A. ervi* og *P. volucre* var fremme på det tidspunkt.

Når snyltehvepse/naturlige fjender nogle år ikke giver tilstrækkelig naturlig regulering, kan det skyldes en af følgende faktorer: a) Bladluspopulationen vokser hurtigere end snyltehvepsepopulationen, b) Snyltehvepsene kommer for sent ind i marken og/eller i for lille antal til at kunne give den nødvendige regulering. Disse problemer tvinger forskningen i to forskellige retninger: a. Forsøg på at fremme den naturlige regulering i marken, b. Udvælgelse af effektive parasitoider til anvendelse i biologisk bekæmpelse.

På markniveau

I år hvor hvepsene er fremme i god tid før bladlusangrebet i korn, vil det være relevant at undersøge, om det er muligt at tiltrække de naturligt forekommende snyltehvepse til kornet. En mulighed er at anvende feromoner (Glinwood *et al.,* 1998). Græs, kløver og lucerne er godt som en uafhængig (nabo)afgrøde eller som undersåning i kornafgrøden. Det er afgrøder, som er kendte som kilder til de første snyltehvepse om foråret. Også tidligt sået vintersæd kan være kilde for snyltehvepse i andre senere afgrøder. Det viser udenlandske erfaringer, som dog ikke er afprøvet under koldere danske forhold (Powell, 1986). I 1996 kom hvepsene tidligere i vinterhveden end i vårbyggen, og antagelig har der været en sådan positiv effekt af den tidligere vinterhvede på skadedyrsangrebet i vårbyggen.

På markniveau vil snyltehvepsenes succes som nytteinsekter afhænge af en række faktorer herunder markstørrelsen, afgrødetætheden og mangfoldigheden i marken (ukrudt, markrande), såvel som af naboafgrøder. Biologisk bekæmpelse er i udgangspunktet langt nemmere i flerårige afgrøder end i etårige, men ved at sørge for at dyrene har adgang til føde

(alternative byttedyr i perioder, hvor der intet bytte er i marken, pollen og nektar til voksne snyltehvepse med flere) og refugier f.eks. til overvintring kan den naturlige biologiske bekæmpelse i kornet øges. Mange rimelig simple tiltag har vist deres værdi, såsom at undlade at slå markrandene, at bevare eller forbedre hegn, introduktion af græsklædte jordvolde i marken, hvor løbebiller kan overvintre, sprøjtefri randzoner med mere. Sprøjtefri marker er at foretrække fra et nyttedyrs synspunkt, for sprøjtemidlerne tager ikke bare livet af skadedyrene, men også af nyttedyrene og deres alternative byttedyr, bestøvende insekter med mere.

Plantens rolle i biologisk bekæmpelse

Værtsplanternes modstandsdygtighed, deres tredimensionelle struktur, overflade (ru-glat), farve og lugt, kan alt sammen være med til at påvirke parasiteringen. Engelske laboratorieforsøg lover godt for anvendelse af korn med tolerance over for bladlus. Den delvise resistens, som disse sorter har, påvirker sammen med andre faktorer lusenes dødelighed. Bladlusene udvikler sig langsommere. Derved øges den tid, en lus vil være udsat for parasitter og rovinsekter, inden den bliver voksen og selv kan få afkom. Nyttedyrenes udviklingshastighed nedsættes derimod ikke, så de kan nå at få flere afkom, i den tid lusene bruger på at udvikle sig på den delvis resistente kornsort. Bladlusenes adfærd påvirkes også. De bliver mere tilbøjelige til at lade sig falde, når de angribes af en snyltehveps på en tolerant kornsort (Gowling & van Emden, 1994). Det medfører altid øget dødelighed, fordi livet nede på jorden rummer mange farer for en bladlus. Den kan dø af sult, inden den finder en anden kornplante, eller den kan blive ædt af en edderkop eller en løbebille, der kommer forbi, i jagt på føde. Kombinationen af tolerance og nyttedyr er et godt eksempel på fordelene ved at kombinere forskellige tiltag. Det er også et område, hvor der endnu er meget lidt viden. For eksempel mangler oplysninger om tolerance over for skadedyr i kornafgrøder fra danske sortslister.

Udsætning af snyltehvepse

Når det kan forudsiges, at den naturlige biologiske bekæmpelse ikke slår til, er det en mulighed at anvende udsætning af snyltehvepse. Snyltehvepse er nemme at opdrætte. Men det er dyrt at opdrætte store mængder. Kornarealet er stort, og korn kan ikke betragtes som højværdiafgrøde. Derfor bør udsætninger af snyltehvepse betragtes som et supplement til andre metoder til at reducere bladlusangrebets størrelse. Det kan ske i form af tidlige forebyggende udsætninger i 'hot spots', når og hvor der er særligt behov. Hidtidige forsøg med udsætning af snyltehvepse her i Nordeuropa har kun vist moderate effekter. Den kritiske faktor ved tidligere forsøg i Holland har været, hvordan man får snyltehvepsene til at blive i et område, hvor de er udsat, hvis der er lave tætheder af bladlus (Ankersmit, 1983). Mest lovende synes udsætning af parasiterede bladlus at være. Det kan ske ved såkaldt "open rearing" på en bladlusart, der ikke angriber afgrøden.

Der vil være en række faktorer, som afgør succes eller fiasko ved udsætning af snyltehvepse. Vigtigst er vind, regn og blæst. I regnvejr sidder snyltehvepsene inaktive under bladene. De er ikke stærke flyvere, så høje vindhastigheder forhindrer dem i at flyve. Det kan

vise sig, at temperaturen har afgørende indflydelse på hvor mange bladlus, der bliver parasiteret i det danske forår. For lave temperaturer kan have medvirket til de moderate effekter ved udsætningsforsøg i udlandet. Viser det sig, at temperaturen er en nøglefaktor, kan man forsøge i opdræt at udvælge snyltehvepse, der er aktive ved lave temperaturer.

Diskussion

En kombination af ovennævnte tiltag kan forventes at nedsætte antallet af betydelige bladluseangreb. Vor forståelse af faktorer som fremmer aktiviteten af nytteinsekter herunder snyltehvepse øges. I takt hermed øges vore muligheder for at anvise konkrete metoder. Men den største betydning af vor nye viden om snyltehvepse og bladlus er nok at den synliggør naturens arbejde, som vore hjemlige danske snyltehvepsearter og en række andre nytteinsekter udfører.

Dansk sammendrag

Resultaterne af en feltundersøgelse i 1996 og 1997 af forekomst og artssammensætning af bladlus i korn og deres primære og sekundære parasitoider er beskrevet. Baseret på mark- og laboratorieundersøgelser diskuteres metoder til at fremme den naturlige biologiske bekæmpelse af bladlus i korn med snyltehvepse, samt hvordan den kan suppleres med opdræt og udsætning af snyltehvepse i år, hvor den naturlige regulering ikke er tilstrækkelig.

Litteratur

Ankersmit G.W. 1983. Aphidiids as parasites of the cereal aphids, *Sitobion avenae* and *Metopolophium dirhodum*. Aphid antagonists. In: R. Cavalloro (ed), Proceedings of a Meeting of the EC experts group. Portici, Italy, 23-25 November, 1982. 42-49.

Glinwood R.T., Powell W. & Tripathi C.R.M. 1998. Increased parasitization of aphids on trap plants alongside vials releasing synthetic aphid sex pheromone and effective range of the pheromones. Biocontrol Science & Technology 8: 607-614.

Gowling G.R. & van Emden H.F. 1994. Falling aphids enhance impact of biological control by parasitoids on partially aphid-resistant plant varieties. Annals of applied biology 125, 233-242.

Hansen L. M. 1995. Bladlus – det national skadedyr i Danmark. Aphids – the national pest in Denmark. 12. Danske Planteværnskonference 1995, SP Rapport nr. 4: 115-128.

Hansen L.M. 1992. Kulturtekniske foranstaltninger til regulering af bladlus i vinterhvede. Planteværnscentret. Afdelingen for Jordbrugszoologi. December 1992.

Höller C., Borgemeister C., Haardt H. & Powell W. 1993. The relationship between primary parasitoids and hyperparasitoids of cereal aphids: an analysis of field data. Journal of Animal Ecology 62, 12-21.

Powell W. 1986. Enhancing parasitoid activity in crops. In: J. Waage & D. Greathead (eds), Insect Parasitoids. London, Academic Press. 319-340.

Sigsgaard L. 1997. Biologisk bekæmpelse af skadedyr på friland -er det muligt? En undersøgelse af bladlus og snyltehvepse i korn. Biological control of pests in the field. - A possibility? -A survey of aphids and parasitoids in cereals. 14. Danske Planteværnskonference, SP-Rapport nr. 8: 149-158.

Stilmant D. 1994. Differential impact of three *Sitobion avenae* parasitoids. Norwegian Journal of Agricultural Sciences, Suppl. no. 16, 89-99.

Agersnegle - biologi, forebyggelse og bekæmpelse

Slugs - biology, prevention and control

Ghita Cordsen Nielsen
Landbrugets Rådgivningscenter
Udkærsvej 15
Skejby
DK-8200 Aarhus N

Summary

The effects of cultural methods on the abundance of slugs in agricultural crops are investigated. The article is based on literature studies.

Biologi

Agersnegle *(Deroceras agreste, D. reticulatum)* har en stor opformeringsevne under gunstige forhold. Milde vintre, regelmæssig nedbør i forår, sommer og efterår, ingen ekstrem temperatur og lange perioder med 15-21°C er ideelle betingelser for masseoptræden af snegle. På udsatte jordtyper kan de optræde i størrelsesordenen 1 mio. snegle pr. ha.

Snegle er hermafroditter (både han og hun). De runde glasklare æg lægges i hobe på 10-30 stk. fra foråret til ind i efteråret i små hulrum i jorden eller i organisk materiale. Hver snegl lægger 300-500 æg. Disse klækker efter 3-4 uger. 1½ måned efter klækning kan sneglen befrugtes. En snegl lever 6-8 måneder. Under ugunstige betingelser hæmmes æglægningen, men sneglens levetid forlænges. Agersneglene overvintrer både som æg og voksne. Tørre, kolde vintre giver stor dødelighed. Antallet af generationer pr. år varierer fra 1-3.

Snegle består af 70% vand og skal leve, så udtørring undgås. Regelmæssig nedbør og dug fremmer snegle. Regnmængden er mindre afgørende - pludselig kraftig regn kan ligefrem hæmme aktiviteten. Temperaturoptimum er 17,5°- 20,5°C. Dagslys har betydning. Sneglene kommer frem fra deres skjul i mørkningen, ved aftagende lys og faldende temperatur samt dug. De er aktive til langt ind i november og december i mildt vejr. I forsøg tålte snegle ÷8°C i flere timer og kunne bagefter endda lægge æg, hvis de blev flyttet til 18°C.

Temperatur, fugtighed og lysstyrke styrer sneglenes aktivitet. I en undersøgelse (Godan, 1991) var sneglene fremme på følgende tidspunkter:

1. maksimum omkring kl. 20-22, kort før solnedgang (kl. 21)
2. maksimum omkring kl. 24.
3. maksimum omkring kl. 4-5, ved solopgang (kl. 4). Omkring kl. 7 kunne der ikke ses snegle.

På grund af agersneglenes krav til fugtighed optræder de kun som skadedyr på lerjorder. Angreb af agersnegle er i landbrugsafgrøder et efterårsproblem, hvor vinterraps, vintersæd, nyud lagt rajgræs og lucerne kan skades. Undtagelsesvis som f.eks. i 1999, kan angrebet fortsætte i

foråret i vintersæd eller vårsåede afgrøder.

I efteråret 1998 og 1999 var snegleangrebene kraftige i mange marker. I tabel 1 ses resultatet af en spørgeskemaundersøgelse hos planteavlskonsulenter vedrørende arealer, der i efteråret 1998 skønnedes at være skadet af agersnegle. Undersøgelsen er opgjort medio december.

Tabel 1. Planteavlskonsulenternes vurdering af areal skadet af agersnegle i efteråret 1998 (Landskontoret for Planteavl). Estimated areas damaged by slugs in autumn 1998.

Vinterraps skadet af snegle (>10% angrebne planter)	12.000 ha
Vinterraps omsået pga. snegleangreb	1.400 ha
Vinterraps med omsåningsbehov (men ikke omsået)	1.500 ha
Vintersæd skadet af snegle (>10% angrebne planter)	41.000 ha
Vintersæd omsået pga. snegleangreb	1.900 ha
Vintersæd med omsåningsbehov (men ikke omsået)	4.500 ha

Forebyggelse

Forfrugt

De kraftigste angreb i vintersæd og vinterraps ses efter forfrugter med et meget fugtigt mikroklima såsom raps, frøgræs og kløver. I tabel 2 ses resultatet af en engelsk undersøgelse.

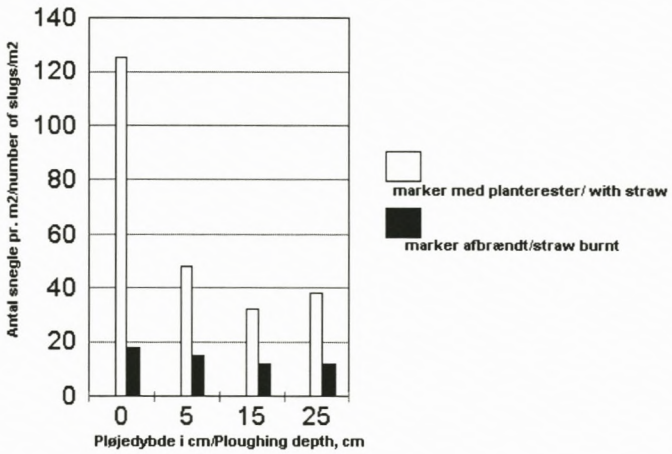
Tabel 2. Effekten af forfrugten på snegleproblemer i vinterhvede 1985. Antal marker undersøgt: 994 (engelske undersøgelser). Effects of previous crop on per cent fields with winter wheat attacked by slugs.

Forfrugt/Previous crop	**Pct. marker med problemer/** Per cent fields attacked
Vinterraps	63
Græs	23
Ærter	9
Kartofler	3
Roer	2

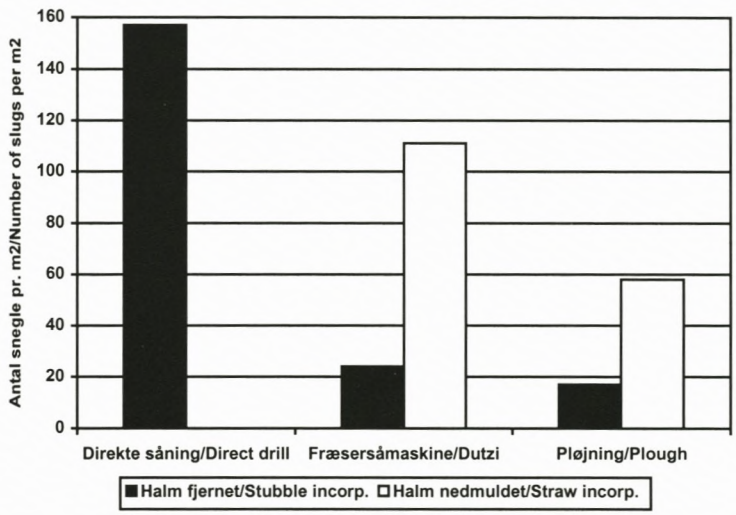
Halmrester og jordbehandling

Flere undersøgelser har vist, at mange planterester fra forfrugten fremmer snegle. I figur 1 ses engelske undersøgelser over snegleforekomsten, hvor halm er efterladt, henholdsvis hvor halm er afbrændt. (Long Ashton Forsøgsstation).

Af samme figur ses, at pløjning i disse forsøg har reduceret snegleantallet til 1/3, mens pløjedybden har været af mindre betydning. I figur 2 ses andre forsøg, hvor der også er færrest snegle efter pløjning, og hvor halm er fjernet.



Figur 1. Betydningen af pløjning og halmafbrænding for antallet af snegle. Engelske forsøg (Long Ashton Forsøgsstation). The influence of straw incorporation and burning of straw on the number of slugs.



Figur 2. Jordbehandlingens betydning for snegleangreb i vinterbyg (direkte såning, dutzi = fræse såmaskine henholdsvis pløjning). Samtidig er undersøgt effekten af fjernelse af halm. The influence of soil cultivation and straw handling on the number of slugs. (Terry Mabbett, 1991).

I tabel 3 ses yderligere forsøg som bekræfter, at mange halmrester henholdsvis direkte såning fremmer agersnegle. Direkte såning fremmer agersnegle fordi: ingen snegle dræbes ved nedpløjning, sneglene forstyrres ikke, der er stubrester, og er sårillerne ikke lukkede og

tildækkede, har sneglene let adgang til kernerne.

Tabel 3. Effekt af halmhåndtering, jordbehandling og sneglemidler på angreb af agersnegle i vinterhvede. The influence of soil cultivation and straw handling on the number of slugs in winter wheat. (Glen, Wiltshire & Milsom, 1984).

Sådato Drilling date	**Jord-behandling** Cultivation	**Sneglemiddel** Molluscicide treatment	**% kerner og kimplanter angrebet af snegle** % seeds and seedlings killed by slugs				
			Halm afbrændt Straw burnt	**Halm presset** Straw baled stubble left	**Halm snittet og spredt** Straw chopped and spread	**Halm ikke snittet men fjernet og placeret igen efter såning** Straw unchopped, removed, and replaced after drilling	**L.S.D.**
12/10/82	**Direkte sået** Direct-drilling	**Ubehandlet** Untreated	5.9	31.4	46.8	24.9	18.8
28/9/83	**Direkte sået** Direct-drilling	**Ubehandlet** Untreated	6.8	29.3	34.0		
	Direkte sået Direct-drilling	**+ Methiocarb granulater** + Methiocarb pellets	5.1	21.5	38.3		
	Direkte sået Direct-drilling	**Methiocarb bejdsning** Methiocarb seed dressing	3.5	8.1	6.8		12.2
	5 cm jordbeh. 5 cm tillage	**+ Methiocarb granulater** + Methiocarb pellets	4.1	12.5	9.7		
	10 cm jordbeh. 10 cm tillage	**+ Methiocarb granulater** + Methiocarb pellets	4.6	4.3	13.5		

I tabel 4 ses et forsøg, hvor betydningen af pløjetidspunkter er belyst. Der var ingen sikker effekt af pløjetidspunkt, men der var lidt flere hvedeplanter efter det tidlige såtidspunkt, hvilket tillægges et bedre såbed. (Spaull og Davies 1992).

Fra Bekendtgørelse nr. 142 af 8. marts 1989 om forbud mod markafbrænding af halm med videre kan fra §3 citeres: "Miljøstyrelsen kan efter indstilling fra Statens Plantetilsyn (nu Plantedirektoratet) undtagelsesvis meddele amtsvise eller landsdækkende dispensationer fra forbuddet om halmafbrænding, hvis det er nødvendigt af hensyn til bekæmpelse af plantesygdomme, skadedyr eller lignende". Landbrugsorganisationerne afventer svar på, om denne paragraf kan tages i anvendelse i forbindelse med forventede kraftige angreb af agersnegle.

Tabel 4. Procent hvedekerner angrebet af agersnegle efter forskellige pløjetidspunkter og forskellige tidspunkter for tildeling af sneglekorn. Per cent of winter wheat grain hollowed at a site with different times of ploughing and molluscicide application. (Spaull & Davies, 1992)

Pløjetidspunkt Time of Ploughing	**Beg. af august** Early Aug.	**Beg. af sept.** Early Sept.	**Slutn. sept.** Late Sept.	**Slutn. sept.+ paraquat** Late Sept.+ paraquat
	11.6	12.3	15.6	14.9
nsd				
Methiocarb	**Ubehandlet** Untreated	**Før såning** pre-drilling	**Efter såning** post-drilling	
	16.6	12.9	11.3*	
SED = 2.04 (t=24)				

*** Signifikant forskellig fra ubehandlet** * Significantly different from untreated as indicated.

Tabel 5. Etablering af vinterhvede efter 2 år frøgræs (Oversigten over Landsforsøgene 1998). Influence of soil cultivation on the number of slugs in winter wheat.

Vinterhvede/winter wheat	**Pct. pl. m. fritfluer nov.** Percent plants with Oscinella frit in nov.	**Pct. pl. m. angreb af snegle** Percent plants attacked by slugs	**Planter pr. m^2 forår** Plants/m^2 spring	**Udb. og mer-udb., hkg pr. ha** Yield and yield increase, hkg per ha
1998. 4 forsøg uden angreb af snegle / 4 trials without slugs				
1. Ubehandlet / untreated	2	0	215	**80.5**
2. Pyrethroid i aug. mod fritfluer	1	0	232	0,1
3. Fræsning 1 gang	1	0	230	1,1
4.Fræsning 2 gange	2	0	220	0,7
5.Fræsning 2 gange + tromling	1	0	226	1,2
LSD				*ns*
1998. 1 forsøg med kraftigt snegleangreb / 1 trial with slugs				
1. Ubehandlet / untreated	0	75	79	**80.6**
2. Pyrethroid i aug. mod fritfluer	0	70	107	2,1
3. Fræsning 1 gang	0	4	169	15,1
4. Fræsning 2 gange	0	0	173	16,4
5. Fræsning 2 gange + tromling	0	0	179	15,9
LSD				*2,4*

11/8: 1. fræsning. 20/8: 2. fræsning. 12/9: Pløjning, tromling, såning. 11/8: Rotary cultivation first time. 20/8: Rotary cultivation second time. 12/9: Ploughing, rolling, drilling.

"Sort jord"

Hvor tiden tillader det, anbefales sort jord ved gentagne harvninger i længst mulig tid før etablering af vintersæd. Herved forstyrres sneglene, og fødegrundlaget forsvinder. Der bør ikke harves så dybt, at eventuelle spildfrø af raps bliver nedmuldet og dermed hindres i at spire. Harvningen har størst effekt under relativt tørre betingelser, da sneglene her udtørres i større omfang. I tabel 5 ses forsøg, hvor der er fræset i god tid før såning af vintersæd. En enkelt fræsning har i dette forsøg været meget effektiv over for sneglene og medført et merudbytte på 15,1 hkg/ha. En enkelt fræsning har været tilstrækkelig. Forsøgene er fræset i efteråret 1997, og dette efterår var meget tørt. Forsøgene var ikke anlagt med henblik på at belyse fræsningens betydning for snegleangreb.

Såtid

Hurtig fremspiring er i forsøg fundet at reducere skadevirkningen af snegle. Tidlig såning er derfor en fordel. Angribes kernerne er skaden sket. Angribes kimplanten er der derimod stadig muligheder for at planten overlever.

Sådybde

I forsøg er der fundet kraftigere angreb af agersnegle ved overfladisk såning end ved dybere såning. Se tabel 6. I andre forsøg (Glen *et al.,* 1990) er fundet tilsvarende resultater. I et hvedeforsøg blev 26% af hvedekernerne ædt ved en sådybde på 2 cm og kun 9% af kernerne ved en sådybde på 4 cm.

Tabel 6. Betydningen af sådybde for angreb af snegle i vinterhvede. Mesurol blev udstrøet efter såning (Engelske forsøg). Drilling depth and per cent wheat seed hollowed by slugs.

Behandling Treatment	**Pct. ødelagte kerner** % seed hollowed
Sådybde 4 cm + Mesurol	3
Sådybde 4 cm ÷ Mesurol	8
Sådybde 2 cm + Mesurol	12
Sådybde 2 cm ÷ Mesurol	28

Såbed

Pakning af jorden resulterer også i færre snegleproblemer - se tabel 7. Der blev ikke færre snegle i jorden ved jordpakning, men bevægelsesafstanden blev reduceret.

Tabel 7. Snegle, pct. angrebne kerner ved forskellig jordpakninger. Mean number of grains damaged by slugs at each compaction level (Davis, 1989).

Jordpakning (kg/m²) Compaction level (kg/m²)				
Ubehandlet/Untreated	250	350	500	600
15,0	7,8	6,0	5,0	3,8

Snegle kan i jorden bevæge sig over nedenstående afstande (Godan, 1991). Se også tabel 8.

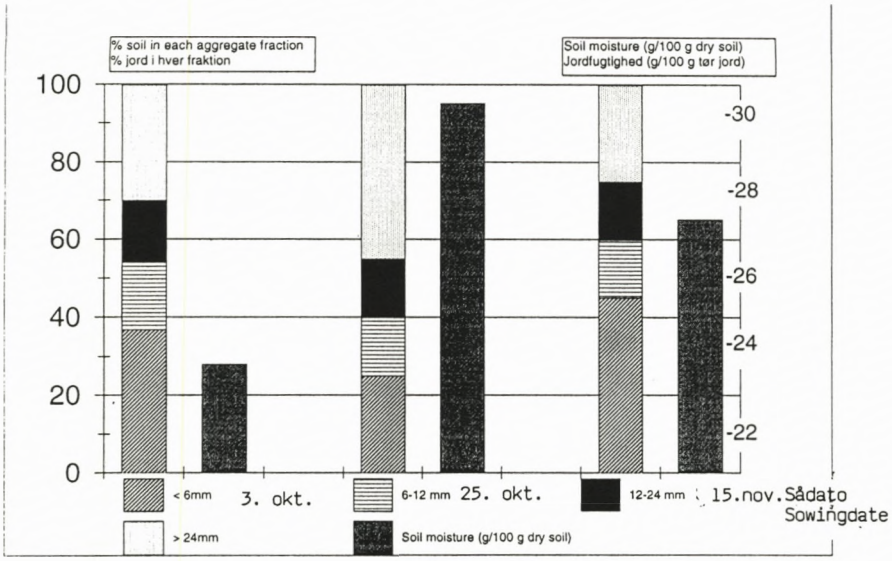
Jord med store knolde:	12-14 cm
Knoldet jord:	6-8 cm
Småknoldet jord:	4-6 cm
Findelt jord:	< 2 cm

Tabel 8. Hvilken jordstruktur vælger snegle (valgforsøg), antal snegle. Number of slugs in different soil types (Godan, 1991).

Sneglens alder Age of slugs	**Jordtype** Soil type			
	Fin	Middelfin	Knoldet	Store knolde
Ca. 3 dage	0	2	9	4
2-3 uger	0	14	60	44
Voksne	0	2	20	28
Voksne, æglæggende	8	5	3	9

Et knoldet såbed giver sneglene gode betingelser for at "nå" at æde mange kerner. Fra forsøg med sneglebekæmpelse findes også eksempler på, at en meget stor del af sneglene er blevet bekæmpet, men at de resterende relativt få snegle fortsat gjorde stor skade, fordi de havde gode betingelser for at nå kernerne (sen og overfladisk såning i et knoldet og fugtigt såbed).

I figur 3 ses et forsøg, hvor der på samme jord er sået på 3 tidspunkter under varierende klimatiske betingelser. Variationen i knoldstørrelsen er angivet. Såning under fugtige betingelser har givet de største knolde.



Figur 3. Procent af jord i ovenstående 4 størrelseskategorier ved 3 såtidspunkter. Per cent soil in different fractions at 3 drilling times. (Glen, Milsom, & Wiltshire, (1990)).

I oversigt 1 ses en opsummering af, hvilke forhold der fremmer agersnegle.

Oversigt 1

Under følgende forhold er der flest problemer med agersnegle:
- lerjord
- milde vintre, regelmæssig nedbør forår, sommer og efterår
- "fugtig" forfrugter såsom f.eks. vinterraps, græs
- mange planterester fra forfrugten
- reduceret jordbehandling
- knoldet såbed
- løs jord
- overfladisk såning
- sen såning

Kemisk bekæmpelse

I tabel 9 ses en oversigt over anbefalede midler mod snegle. Fremover anbefales kun Metaldehyd, da Miljøstyrelsen har gjort opmærksom på, at blåsten og melkalk ikke er godkendt som bekæmpelsesmidler.

Ved meget kraftige angreb kan det være nødvendigt allerede at bekæmpe i stubben af forfrugten.

Nyklækkede snegle er meget følsomme for Metaldehyd. Når de er omkring 3 måneder, er

de svære at bekæmpe, mens de, når de har den største formeringskapacitet, igen er meget følsomme. Efter ca. 15 minutters kontakt med Metaldehyd indtræder muskeltrækninger især på sålen og væsketab. Effekten af behandling kan være meget svingende. Falder der regn efter behandling, og er der tabt under ca. 50% af kropsvæsken, kan sneglen genoptage fugtighed og leve videre. Den tiltrækkende virkning af Metaldehyd er også afhængig af, hvor "lækker" en afgrøde, der dyrkes. Nedbør efter behandling, fugtigt vejr eller vedvarende stærkt sollys nedsætter effekten.

Tabel 9. Midler til bekæmpelse af snegle. Compounds for control of slugs.

Middel/ Compound	**Dosering kg/ha/**Dosage kg/ha	**Ca. kr./ha excl. moms/** approx. DKK/ha	**Særlige forhold ved udbringningen/** special conditions at the time of applying	**Virkemekanisme/** mechanism
Melkalk 2) (hydratkalk)	200	290	Udbringes 2 gange med 1-2 timers mellemrum (gødnings-spreder).	Medfører kraftig slimproduktion.
Blåsten 1) 2) (kobbersulfat)	6 kg i 200 l vand (3% opløsning)	55	Udbringes 2 gange med 1-2 timers mellemrum (marksprøjte).	Medfører kraftig slimproduktion.
Metaldehyd 5 G (Metaldehyd 50 g/kg)	5-10	210-420	Udbringes 1-2 gange (gødnings-spreder) med 8-10 dages mellemrum.	Medfører kraftig slimproduktion. Tiltrækkende virk-ning.
1) Bør af hensyn til svidningsfare kun benyttes i korn og græs. **2) Anbefales fremover ikke til sneglebekæmpelse da midlerne ikke er godkendt til formålet**				

Metaldehyd (sneglekorn) har en vis tiltrækkende virkning, og det er ikke nødvendigt, at sneglene rammes. Blåsten og melkalk skal derimod ramme sneglene direkte. Doseringen af Metaldehyd øges efter angrebsstyrke. Ved en dosering på 5-10 kg pr. ha falder der ca. 35-70 granulater pr. m^2. Nedbør efter behandling mindsker effekten, da sneglekornene opløses, og sneglene genoptager fugtighed. Ved temperaturer under ca. 7°C nedsættes effekten af Metaldehyd:
Metaldehyds giftvirkning:

- 20 - 30°C: stor
- 15 - 20°C: middel
- <7°C: dårlig

Mesurol er ikke længere godkendt til sneglebekæmpelse på friland. Dette middel virkede som giftmiddel (nervegift), og virkningen var derfor uafhængig af fugtighedsforholdene efter indtagelse.

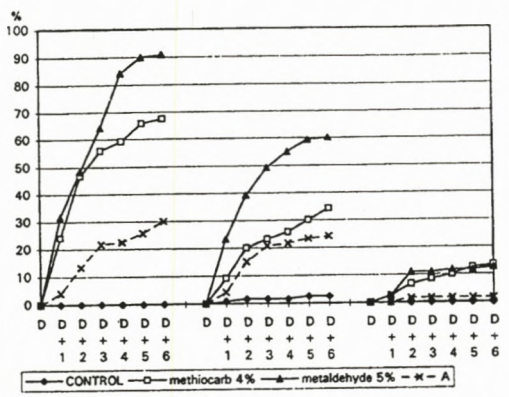
Af tabel 10 fremgår, at Mesurol har en større tiltrækkende virkning på snegle end Metaldehyd.

Tabel 10. Distance tilbagelagt af agersnegle for at finde Mesurol henholdsvis Metaldehyd sneglekorn (2 doser). Distances travelled by slugs before contacting molluscicide pellets in arenas treated with each of the baits (Howling, 1991).

Formulering Formulation	**Distance tilbagelagt før første kontakt** Distance travelled before first contact (cm ± S.E.)	**Antal snegle i forsøget** No. of slugs in trial
"Draza" (methiocarb) 8 granulater/ arealenhed.- 8 pellets/arena	28.4 ± 4.8	26
"Metaldehyde" 28 granulater/ arealenhed.- 28 pellets/arena	40.7 ± 7.1	23
"Metaldehyde" 8 granulater/ arealenhed.- 8 pellets/arena	64.1 ± 8.3	22

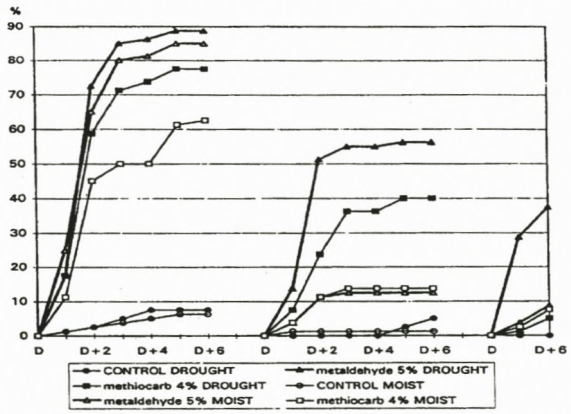
I figur 4-6 ses forsøg, hvor Metaldehyds virkningstid er belyst. I Frankrig er der udført forsøg med sneglemidlerne Metaldehyd 5% (7 kg/ha) og Mesurol (methiocarb 4%) (3 kg/ha). Midlernes effekt (forsøg 1), og betydningen af nedbør efter behandling (forsøg 2) samt dosering (forsøg 3) blev undersøgt. De klimatiske betingelser var karakteriseret ved en høj luftfugtighed (93%) under forsøg 1 og 2 og en lav luftfugtighed under forsøg 3 (68%). (Chabert, A. 1996).

I figur 4 ses resultatet af forsøg 1 vedrørende midlernes effekt. Det er ikke oplyst, hvad midlet "A" indeholder. Forsøget er udført ved at udsætte snegle og optælle procent døde snegle efter 1-6 dage. Herefter er alle snegle fjernet og et antal nye snegle tilført, mens sneglemidlet lades urørt. Denne procedure er udført 3 gange, som det fremgår af figur 4. Det ses, at den længste virkningstid (ca. 12 dage) er opnået med Metaldehyd.



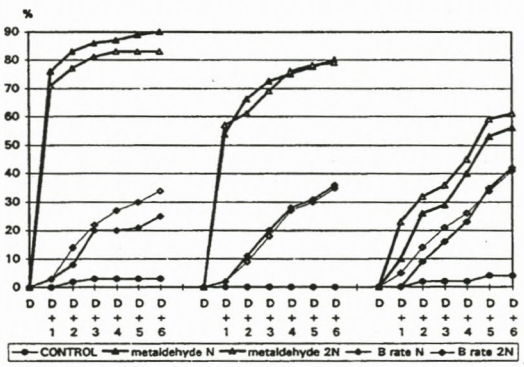
Figur 4. Forsøg 1. Sammenligning af midlernes effekt. Akkumuleret dødelighed. Comparison of compounds, cumulative mortality percentage.

I figur 5 ses resultatet af forsøg 2, hvor der er tilført nedbør til nogle af parcellerne. Det fremgår, at virkningen af Metaldehyd holdt sig ca. 12 dage uden regn (og 93%. rel. luftfugtighed), men ved 5 mm pr. dag i de første 6 dage var virkningstiden for begge midler under 1 uge.



Figur 5. Forsøg 2. Betydningen af nedbør. Akkumuleret dødelighed. Influence of rainfall. Cumulative mortality percentage.

I figur 6 ses effekten ved at fordoble doseringerne af Metaldehyd og et middel B (indhold ikke oplyst). Forsøget er udført under mere tørre forhold, hvorfor virkningen af normaldoseringen var lidt længere end i forsøg 1 og 2. Der var tilsyneladende ingen forbedret effekt ved at øge doseringen af Metaldehyd fra 7 kg til 14 kg pr. ha i dette forsøg.



Figur 6. Betydningen af dosering. Akkumuleret dødelighed. Influence of the pellet number. Cumulative mortality.

I tabel 11 ses resultatet af forsøg med iblanding af sneglekorn (Mesurol henholdsvis Metaldehyd) i udsæden.

Der blev i forsøgene behandlet med 5,5 kg pr. ha methiocarb (= mercaptodimenthur = Mesurol), 15 kg pr. ha Metaldehyd samt en blanding af de to midler (2,75 kg pr. ha + 15 kg pr. ha). Både effekten af udstrøning efter såning og iblanding i såsæden blev undersøgt. Desuden blev kombinationen af iblanding af methiocarb i såsæden, og senere udstrøning af Metaldehyd undersøgt. Det fremgår, at den bedste effekt er opnået ved udstrøning af sneglekornene efter såning.

På lokalitet 2 blev antallet af snegle reduceret, men angrebsgraden blev ikke reduceret ved nogen af behandlingerne, hvilket angives at skyldes sen og overfladisk såning i et knoldet og fugtigt såbed, hvilket er meget gunstigt for snegle.

Tabel 11. De gennemsnitlige procent angrebne hvedeplanter i Zadoks 12. Per cent wheat plants attacked by slugs. (Green, Corbet, Jackson, & Nowak, 1992).

Behandling/treatment	**Lokalitet/** locality **1**	**Lokalitet/** locality **2**	**Lokalitet/** locality
1. ubehandlet/untreated	11.4	70.4	27.8
2. methiocarb bredspredt	* 7.9	74.8	*** 2.6
3. metaldehyd bredspredt	* 7.0	86.6	*** 5.3
4. methiocarb + metaldehyd bredspredt	** 4.4	80.5	*** 3.9
5. methiocarb iblandet såsæd	9.9	77.9	*** 11.2
6. metaldehyd iblandet såsæd	13.1	73.5	** 12.0
7. methiocarb + metaldehyd iblandet såsæd	9.5	76.2	* 14.6
8. methiocarb iblandet såsæd + metaldehyd bredspredt	* 6.1	75.8	***3.8

***, **, *** Signifikant forskellig fra ubehandlet ved P henholdsvis 0,05, 0,01, og 0,001.** Significantly different from untreated at P respectively 0.05, 0.01, and 0.001.

Tabel 12. Bekæmpelse af agersnegle i vinterhvede, 1 forsøg (Oversigt over Landsforsøgene 1999). Control of slugs in 1 trial in winter wheat.

	Behandling/treatment	**Plantebestand pl. pr. m² 15/12/** Plants/m² 15/12	**Udb. og mer-udbytte kg/ha** / Yield and yield increase, hkg/ha	**Netto merudb. hkg/ha/** Net yield hkg/ha
1	**Ubehandlet**/untreated	72	66,5	-
2	Ved beg. angreb 7.5 kg Metaldehyd 5 G	63	10,8	5,3
3	Ved beg. angreb 6 kg Blåsten, 1-2 timer efter 1. beh. 6 kg Blåsten	61	3,9	3,1
4	Ved beg. angreb 7.5 kg Metaldehyd 5 G. Ca. 10 dage senere 7.5 kg Metaldehyd 5G	99	15,2	4,1
5	Ved beg. angreb 6 kg Blåsten, 1-2 timer efter 1. beh. 6 kg Blåsten. Ca. 10 dage efter 1. behandling 6 kg Blåsten, 1-2 timer efter 3. behandling 6 kg Blåsten	121	5,5	1,0

I tabel 12 ses resultatet af et enkelt forsøg med sneglebekæmpelse i vinterhvede i efteråret 1998. Metaldehyd har en vis tiltrækkende virkning på snegle, og sneglekornene ligger på jorden efter udbringning. Virkningen af blåsten er derimod afhængig af, at sneglene rammes, hvorfor de skal være fremme, når der behandles. Da angreb optrådte pletvis, er data for plantetallet ikke entydige. Metaldehyd resulterede i det højeste merudbytte.

Skadedyrsmidler (dimethoat, pyrethroider) har ingen effekt på snegle. I forsøg anlagt i efteråret 1999 er også afprøvet effekten af kalkkvælstof (Pelka) og "snegleslimfjerner", som er et slags sæbemiddel. Skipper (thiodicarb) har tidligere været i landsforsøgene, men firmaet vurderer ikke, at dette middel bliver godkendt i den nærmeste fremtid, fordi yderligere undersøgelser er påkrævet.

Der forventes ingen nye midler til sneglebekæmpele i landbrugsafgrøder i den nærmeste fremtid. Metaldehyd er indsendt til revurdering 1/12-1999, hvor det skal vurderes, om midlet kan forblive på markedet. I alle tilfælde forventes midlet til rådighed endnu i efteråret 2000.

Andre undersøgelser

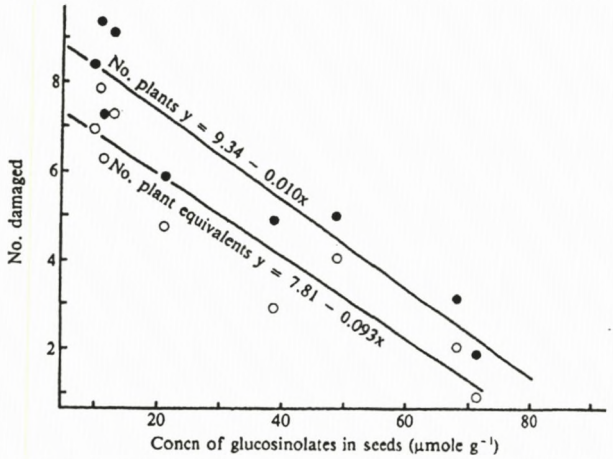
Sortsforskelle

I England har man undersøgt 12 hvedesorters modtagelighed for snegleangreb. Modtageligheden er målt i laboratoriet og vurderet som agersneglenes tilbøjelighed til at æde af kernerne. I tabel 13 ses rækkefølgen i sorternes modtagelighed over for snegleangreb. Der var en god sammenhæng mellem angreb og sukkerindhold i den uspirede kerne og sukkerfrigivelse under spiring, så snegle kan åbenbart godt lide sukker.

Tabel 13. Totalt vandopløseligt sukkerindhold i 12 hvedesorter og modtagelighed for agersnegle (1-12, hvor 1 er mindst og 12 er mest skadet). Total water-soluble sugar content of 12 cultivars of winter wheat and ranking of slug damage (1-12, where 12 is most damage) (Evan & Spaull, 1996).

Sort/cultivar	**Sukkerindhold (g/l x 10^{-2})**/ sugar content	**Rækkefølge for skade/** damage ranking
Parade	0,7	3
Buster	1,3	1
Hunter	1,6	2
Hussar	2,2	4
Zodiac	3,5	8
Spark	3,8	6
Dynamo	4,1	7
Avalon	4,7	10
Brigadier	4,9	5
Hereward	5,6	9
Mercia	6,1	11
Riband	6,2	12

Af figur 7 fremgår, at snegle bedst kan lide rapssorter med et lavt indhold af glucosinolat.



Figur 7. Effekt af glucosinolat-koncentration i frø af 9 rapssorter på antal planter (•) og antal planteekvivalenter (°) skadet af agersnegle i den første uge efter såning. Effect of glucosinolate concentration in seeds of nine oilseed rape cultivars on the number of plants (•) and the number of plant equivalents (°) damaged by Deroceras reticulatum in the first week after drilling (Glen, Jones & Fieldsand, 1990).

Biologisk bekæmpelse

I flere lande er der udført forsøg, hvor effekten af nematoden *Phasmarhabditis hermaphroadita* til bekæmpelse af agersnegle er undersøgt. I England blev nematoden markedsført i 1994 til brug i haver og i højværdiafgrøder under navnet "Nemaslug". Nematoden lever parasitisk på en lang række sneglearter, bl.a. agersneglen, og dræber dem. Nematoden udskiller en bakterie fra tarmen. Denne bakterie danner toksiner, der dræber agersneglen. Når sneglen er død, har nematoden gode opformeringsbetingelser. Optimumstemperaturen for nematoden er 17°C, mens 5°C er minimum. Effekten er bedst på små snegle. Nematoderne skal udsprøjtes på fugtig jord eller under tørre forhold indarbejdes i jorden.

I tabel 14 ses resultatet af et markforsøg i hvede, hvor effekten af nematoden er sammenlignet med Metaldehyd. Det nævnes, at forsøget er repræsentativt for en række markforsøg, udført flere steder i Europa på forskellige jordtyper, i forskellige afgrøder og ved forskellige klimatiske betingelser. En dårligere effekt af nematoder er dog set på meget tunge vandmættede jorder. I et forsøg i salat var effekten også dårlig, hvilket måske kan forklares med, at en snegleart, som nematoderne ikke har effekt på, optrådte ret udbredt. I øvrigt har nematoden ikke effekt på drædersneglen, som det har været hævdet i dagspressen.

Bakterien forhandles i Danmark af Borregaard Bio-Plant under navnet Nemaslug til kr. 2 pr. m^2 og er således kun aktuel i højværdiafgrøder.

Tabel 14. Markforsøg i hvede med nematoden *Phasmarhabditis hermaphrodita* og to formuleringer af Metaldehydgranulater. Field study to evaluate *Phasmarhabditis hermaphrodita* in comparison with two metaldehyd-based pellet formulations sold on the home garden market (Glen *et al.*, 1996).

Behandling/Treatment	**Gns. pct. udhulede kerner**/ Mean percentage of wheat seeds hollowed	
	25 dage efter behandling/ 25 days after treatment	32 dage efter behandling/ 32 days after treatment
Ubehandlet/Untreated	$20,6^{a}$	$33,2^{a}$
Metaldehyd formulering 1 (17,15 kg ha^{-1})	$6,4^{b-e}$	$11,6^{cd}$
Metaldehyd formulering 2 (18,35 kg ha^{-1})	$6,4^{b-e}$	$14,7^{bcd}$
Nematoder (3×10^{9} ha^{-1})	$8,2^{bcd}$	$12,9^{bcd}$
Nematoder (1×10^{10} ha^{-1})	$3,7^{de}$	$5,4^{d}$

Litteratur

Chabert A. 1996. Active duration of molluscicides. Slug and Snail Pests in Agriculture. Proceedings of a Symposium held at The University of Kent, Canterbury September 1996. 173-180.

Davis A.J. 1989. Effect of soil compaction on damage to wheat seeds by three pest species of slug. Crop Protection Vol. 8 April 1989. 118-121.

Evans K.A. & Spaull A.M. 1996. Differential tolerance of winter wheat cultivers to grain hollowing by the grey field slug (Deroceras reticulatum): A laboratory study. Slug and Snail Pests in Agriculture. Proceedings of a Symposium held at The University of Kent, Canterbury September 1996. 433-438.

Glen D.M., Jones H. & Fieldsand J. K. 1990. Damage to oilseed rape seedlings by the field slug. Deroceras reticulatum in relation to glucosinolate concentration. Ann. appl. Biol. (1990), 117.197-207.

Glen D.M., Milsom N.F. & Wiltshire C.W. 1990. Effect of seed depth on slug damage to winter wheat. Ann. appl. Biol. (1990), 117. 693-701.

Glen D.M., Wilson M.J. & Hughes L. 1996. Exploring and exploiting the potential of the rhabditid nematode Phasmarhabditis hermaphrodita as a biocontrol agent for slugs. Slug and Snail Pests in Agriculture. Proceedings of a Symposium held at The University of Kent, Canterbury September 1996. 271-280.

Glen D.M., Wiltshire C.W. & Milsom N.F. 1984. Slugs and straw disposal in winter wheat. British Crop Protection Conference - Pest and Diseases 1984 2A. 139.

Godan D. 1991. Ationalisierungskuratorium für landwirtschaft. Die Ackerschnecken, Biologie und Bekämpfung, april 1991.

Green D.B., Corbett S.J., Jackson A W. & Nowak, K.J. 1992. Surface versus admixed applications of slug pellets to winter wheat. Brighton Crop Protection Conference. Pest and Diseases 1992. 587-592.

Howling G.C. 1991. Slug foraging behaviour: Attration to food items from a distance. Ann. appl. Biol. (1991), 119. 147-153.

Landbrugets Rådgivningscenter. 1998. Oversigt over Landsforsøgene 1998.

Landbrugets Rådgivningscenter. 1999. Oversigt over Landsforsøgene 1999.

Mabbet T. Straw 1991. Incorporation trials reveal arable slug damage will increase. Agriculture International, Nov. 1991, Agric.Intl. 43,11.

Spaull A.M. &Davies D.H.K. 1992. Research on slug behaviour - two projects, part II. HGCA Project Report No. 53, 1992.

Vurdering af 5 års resultater med strobiluriner i vinterhvede

Assessment of 5 years results with strobilurins in winter wheat

Martin Clausen, Esben K. Jensen & Lars Skovbæk Jensen
Zeneca Agro Scandinavia
Islands Brygge 41
DK-2300 København S

Summary

From 1995 to 1999 more than 400 trials have been carried out at the Farmers Union with strobilurins. An assessment of all trials with 1 or 2 treatments with strobilurins has shown quite a difference in response between years. The highest extra yields were found in the years with high *septoria* levels.

The soil type is of little value for the extra yield, but increasing yields are found on increasing jb-numbers.

Ear treatments count for more than 70% of the extra yield when 2 applications have been made. 3 applications have not been profitable.

Susceptible varieties have given the best extra yields. The mixture with Folicur has not provided higher extra yields than Amistar alone.

Indledning

Igennem 5 år er der udført forsøg i vinterhvede (*Triticum aestivum*) med strobiluriner koordineret fra Landbrugets Rådgivningscenter (LR). Strobiluriner udmærker sig ved at kontrollere patogenerne på et tidligere tidspunkt end triazolerne, blandt andet ved inhibering af sporerne på bladoverfladen, inden de trænger ind i bladet. Amistar er det første strobilurin registreret i Danmark.

Det er derfor interessant at undersøge, hvilke faktorer som har betydning for udbytterespons ved svampebekæmpelse med strobiluriner. De variable faktorer, som beskrives i artiklen, er: årsvariation, jordtype, sort, antal behandlinger og blandinger.

Materiale og metoder

I datamaterialet indgår 400 enkeltforsøg i vinterhvede udført af LR i perioden 1995 – 1999, (Pedersen, 1995-1999) og 4 forsøg fra Danmarks JordbrugsForskning (DJF) fra 1998, (Jørgensen *et al.*, 1998). Forsøgene er udvalgt således, at der enten er brugt 1 x halv dosering "strobilurin" eller 2 x halv dosering "strobilurin".

1 x "strobilurin" er her enten Amistar Pro 1,0 l/ha eller Amistar 0,5 l/ha sprøjtet som aksbeskyttelse (stadie 45-59).

2 x "strobilurin" er enten Mentor 0,35 l/ha, stadie 31-32 + Amistar 0,5 l/ha, stadie 49-51, eller Amistar Pro 2 x1,0 l/ha (stadie 32-37 + 45-51) eller Amistar Pro 1,0 l/ha, stadie 31-32 + Amistar 0,5 l/ha, stadie 49-59.

For at få et stort datamateriale at arbejde med, er behandlingerne i 1 x "strobilurin" ligestillet i effekt. Ligeledes er behandlingerne i 2 x "strobilurin" ligestillet i effekt.

I tabel 1 herunder er beskrevet de testede produkter:

Tabel 1. Strobiluriner og en triazol afprøvet i forsøg ved LRC og DJF. Strobilurins and a triazol tested at LRC and DJF.

Produkt Product	**Indhold** Content	**Normal dosering** Normal dose	**Firma** Company
Amistar	azoxystrobin 250 g/l	1,0 l/ha	Zeneca
Amistar Pro	azoxystrobin 100 g/l + fenpropimorph 280 g/l	2,0 l/ha	Zeneca
Mentor	kresoxim-methyl 150 g/l fenpropimorph 300 g/l	0,7 l/ha	BASF
Folicur	tebuconazol 250 g/l	1,0 l/ha	BAYER

Sygdomssituationen over de seneste 5 år

Septoria (*Septoria spp*) har været den dominerende sygdom i alle årene, kraftigst i de regnfulde år 1998 og 1999. I 1996 blev der fundet store angreb af meldug (*Erysiphe graminis*). Gulrust (*Puccinia striiformis*) har ikke været af større betydning i 1996 - 1998, mens svage til moderate angreb blev fundet i 1995 og 1999. Yderligere blev der i 1998 fundet aksfusarium, og svage angreb af brunrust (*Puccinia recondita*) er registreret. Aksfusarium og brunrust angrebene vurderes ikke at have haft større udbyttemæssig betydning.

Tabel 2. Klima- og sygdomsforhold i vinterhvede i perioden fra 1995 til 1999. Climatic conditions and disease levels in winter wheat in the period 1995 - 1999. (Anonym, 1995-'99; Nielsen, 1999).

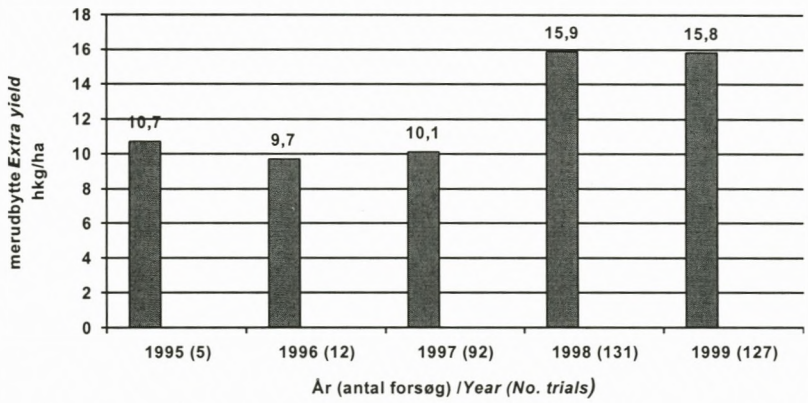
	Forår			**Sommer**					
	Marts	**April**	**Maj**	**Juni**	**Juli**	**August**	**Meldug**	***Septoria***	**Gulrust**
1995 Nedbør	våd	normal	normal	tør	tør	tør	x(x)	xx	x
Temperatur	normal	normal	normal	u.norm.	varm	varm			
1996 Nedbør	tør	tør	våd	tør	tør	tør	xxx	xx	(-)
Temperatur	kold	normal	kold	kølig	kølig	varm			
1997 Nedbør	tør	normal	våd	normal	tør	normal	x	xx(x)	(x)
Temperatur	normal	normal	kold	normal	varm	varm			
1998 Nedbør	våd	våd	tør	våd	våd	u.norm.	xx	xxx	(x)
Temperatur	varm	normal	varm	normal	kølig	kølig			
1999 Nedbør	våd	normal	normal	meget våd	u.norm.	våd	x	xxx	x(x)
Temperatur	varm	varm	normal	kølig	varm	varm			

(-) = ingen angreb, = meget svage angreb, x = svage angreb, xx = moderate angreb, xxx = kraftige angreb

Resultater

Årsvariation

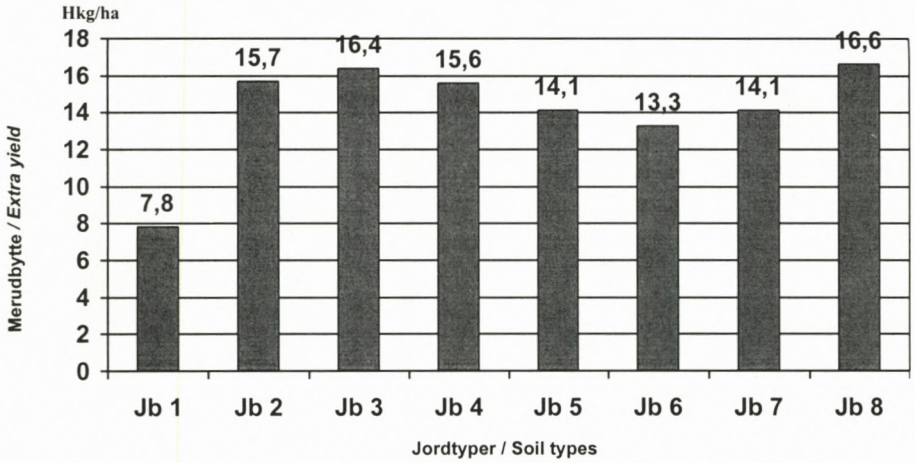
Ved Landskontoret for Planteavl er der gennem de sidste 5 år udført 367 forsøg, hvor strobiluriner har været anvendt med 2 sprøjtninger (st. 31-37) og (st. 45-59) i vinterhvede. Der er tydelig forskel på merudbytterne i de forskellige år (se figur 1). De største merudbytter er opnået i årene 1998 og 1999, hvor der også har været de største angreb af *septoria* (se tabel 1). For årene 1995, 1996 og 1997 ligger merudbyttet for behandling på et lavere niveau, hvilket hovedsageligt må skyldes et lavere sygdomsangreb, primært af *septoria*. Resultaterne fra 1995 og 1996 er beregnet på grundlag af relativt få forsøg, hvorfor resultatet er mere usikkert. Det samlede udbytte har været mindst i årene 1998 og 1999, hvilket viser, hvor stor betydning kraftige sygdomsangreb har haft på afgrøden. De klimatiske forhold har også betydning for det samlede udbytte.



Figur 1. Merudbytte for 2 behandlinger med strobilurin for årene 1995-1999. 367 forsøg udført i de landøkonomiske foreninger. Extra yield for 2 treatments with strobilurins for 1995-1999. 367 trials carried out by local advisory centres.

Jordtyper

I figur 2 herunder, ses en god udbytterespons for svampebehandling på faktisk alle jordtyper. Bortset fra den grovsandede jb 1 jord, hvor udbyttet inklusiv svampebekæmpelse lå under 60 hkg/ha, er der lille forskel på de opnåede merudbytter. Det totale udbytte er jævnt stigende for stigende jb nummer. Da potentialet for et højt samlet udbytte er størst på de lerede jorde jb 6-7, er der som det ses i figur 2 relativt større merudbytter at hente ved sprøjtning på de lettere jordtyper jb 2-4.



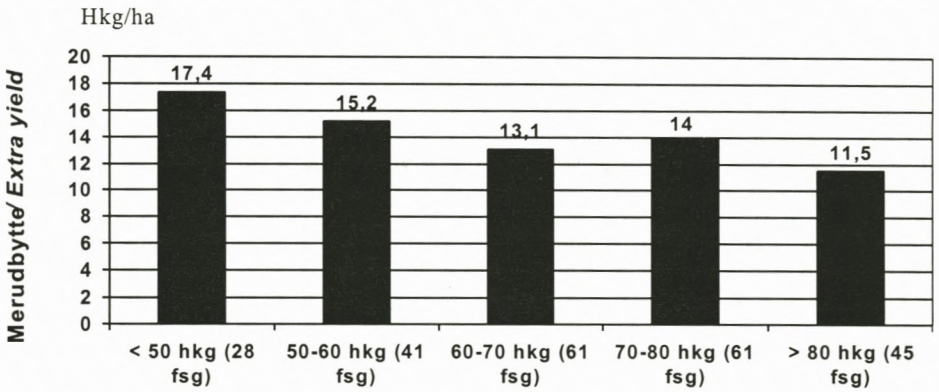
Antal fsg. No. trials	5	14	27	50	49	149	58	6
Udbytte ubeh. hkg/ha Yield untreat.	51,2	53,5	54,8	60,9	72,0	72,0	75,5	77,4

Figur 2. Merudbytter fordelt efter jordtype 1995-99. Antal forsøg og udbytte i ubehandlet er vist under figur. Extra yield classified after soil type 1995-99. Number of trials and yield in untreated are shown below the figure.

Merudbytter for 2 strobilurin sprøjtninger opdelt efter udbytte i ubehandlet

Forsøgene viser en tendens til et stigende merudbytte ved faldende grundudbytte ved 2 sprøjtninger med strobilurin. Der kan være flere årsager til, at der opnås det højeste merudbytte ved de laveste grundudbytter. Dels kan store sygdomsangreb give et lavt udbytte i ubehandlede led og dermed et højt merudbytte, hvor svampe bekæmpes. Dels er potentialet for merudbytter større ved lave udbytteniveauer, som beskrevet under figur 2. Det kan på baggrund af forsøgene konkluderes, at der også på marker med lavt grundudbytte opnås et forholdsvis stort udbytte ved behandling.

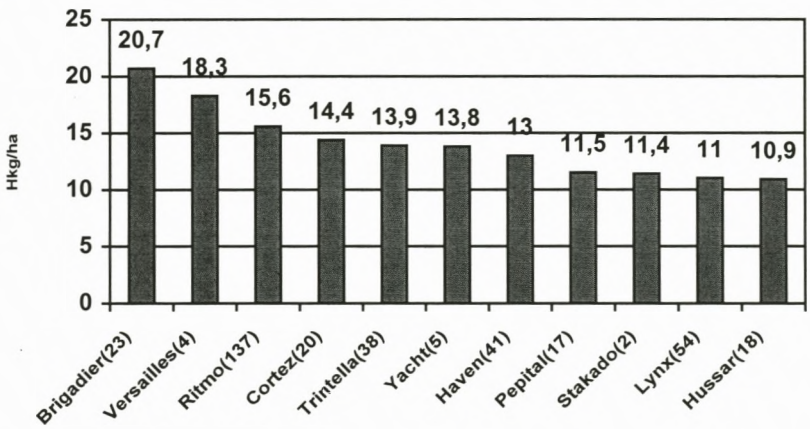
Det er derfor vigtigt at sikre en sund afgrøde, hvor det samlede udbyttepotentiale erfaringsvis ikke er optimalt.



Figur 3. Merudbytter ved stigende udbytte i ubehandlet er vist for 236 forsøg. Extra yield at increasing yield in untreated is shown for 236 trials.

Sorter

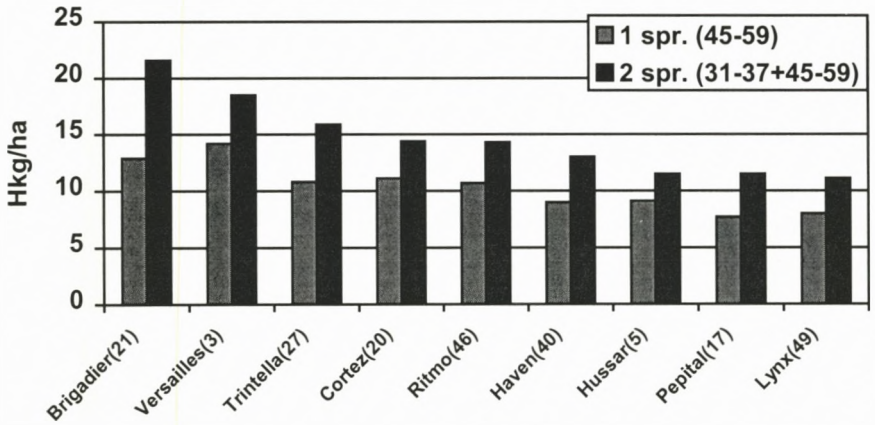
Vinterhvedesorter har forskellig resistensbaggrund og inddeles dermed ofte i grupper efter modtagelighed for forskellige svampesygdomme. Ingen af de sorter, som har været afprøvet i landsforsøgene, har dog haft så god en resistens, at svampesprøjtninger ikke har kunnet betale sig (figur 4). De sorter, som betragtes som modtagelige (eksempelvis Brigadier, Versailles og Ritmo), har givet det største merudbytte for 2 sprøjtninger, mens de mest resistente sorter har givet mindre respons (eksempelvis Stakado). Nogle af de "gamle" sorter (Hussar, Pepital og Haven) har primært været repræsenteret i forsøg fra 1997, hvor merudbytterne generelt var mindre og dermed dækker "sortsvariation" også over en vis "årsvariation" (se figur 4).



Figur 4. Merudbytte for 2 sprøjtninger med en halv dosis strobilurin i forskellige sorter. Tallet i parentes angiver antal af forsøg. Extra yield for two sprays with half a doserate of strobilurin in different varieties. (Number of trials).

Figur 5 viser forsøg med forskellige sorter, som blev sprøjtet med én kontra to sprøjtninger. Som det ses, er der betydelig forskel på hvilke sorter, som giver store udslag for en tidlig sprøjtning, og hvilke som ikke betaler sig for en tidlig indsats. De mest modtagelige sorter giver generelt det højeste merudbytte, og er også de sorter, som bedst betaler sig for en dobbelt sprøjtning. I figur 5 ses dog en betydelig årsvariation, som betyder, at "gamle" sorter som Hussar og Pepital fremtræder mere "resistente" end f.eks. Cortez.

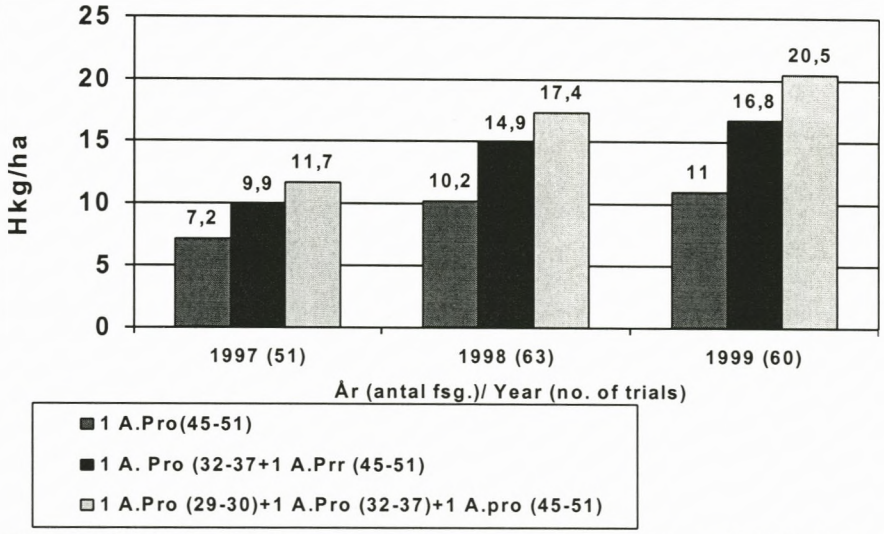
De opnåede merudbytter for svampebekæmpelse i forskellige sorter viser, at der er en vis sammenhæng mellem sortens modtagelighed og merudbytter for svampebekæmpelse. Ligeledes viser forsøgene, at behovet for en tidlig sprøjtning er betinget af sortens resistens mod svampesygdomme.



Figur 5. Bruttomerudbytte for 1 henholdsvis 2 sprøjtninger med en halv dosering "strobilurin" (balancerede forsøg). Tallet i parentes angiver antallet af forsøg. Extra yield for one or 2 applications with half a doserate of "strobilurin" (trials are balanced). The number in brackets shows number of trials.

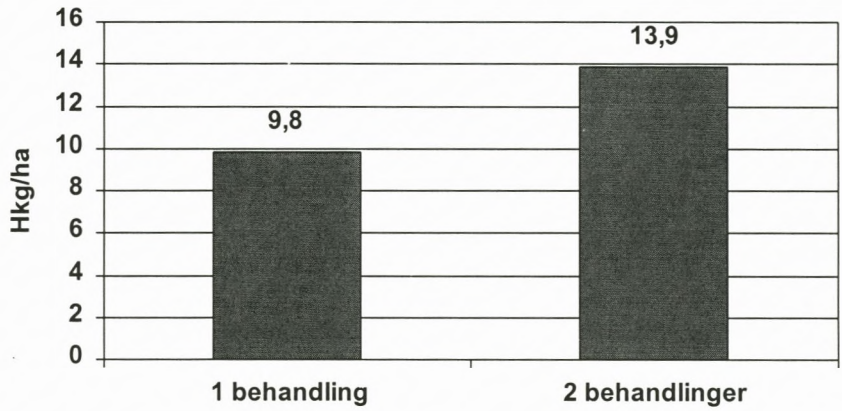
Antal sprøjtninger

I årene 1997-1999 er der udført 58 hvedeforsøg (med 3 typesorter pr. forsøg, i alt 174 "forsøg") med 1, 2 eller 3 svampesprøjtninger med en halv dosering Amistar Pro pr. gang (figur 6). Som gennemsnit af forsøgene, har der i alle årene været højere udbytte ved 2 henholdsvis 3 sprøjtninger end ved enkeltsprøjtninger. Indregner man derimod kemikalieomkostningerne, har der ikke været økonomi i den tidlige sprøjtning (st.29-30) i 3-sprøjtnings-strategierne i nogen af årene.



Figur 6. Merudbytte for 1, 2 eller 3 behandlinger i 3 typesorter. 1997-99. Extra yield for 1, 2 or 3 applications in 3 varieties 1997-1999.

Tilsvarende er der udført 236 forsøg i perioden 1997-99, hvor én sprøjtning (akssprøjtning st. 45-59) er sammenlignet med to sprøjtninger (1. sprøjtning i st. 31-37 og 2. sprøjtning st. 45-59). Se figur 7 herunder. Akssprøjtning alene har givet 9,8 hkg/ha, mens den indledende sprøjtning har givet 4,1 hkg/ha. Udbytte i ubehandlet var på 67 hkg/ha. Dermed bidrager akssprøjtningen med over 70% af det opnåede merudbytte. Omkostningerne ved den tidlige sprøjtning bliver dermed knap dækket. Det skal understreges, at de 236 forsøg viser betydelig variation, og dermed findes der også forsøg, hvor der er betaling for en tidlig indsats.

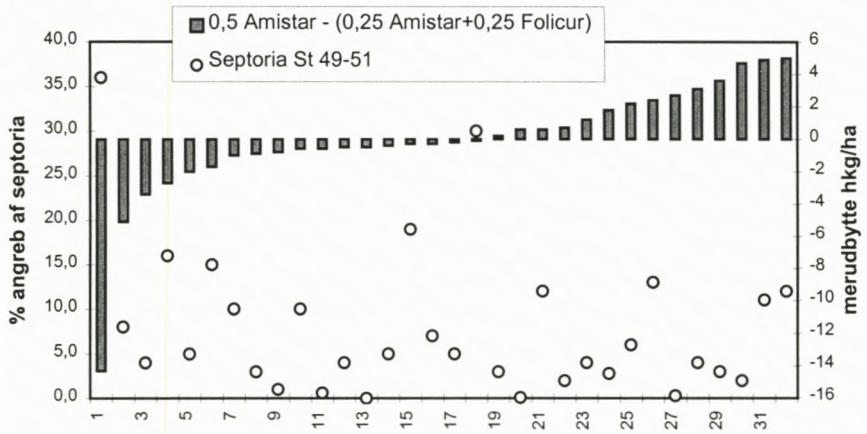


Figur 7. Merudbytte for 1 henholdsvis 2 sprøjtninger i hvede. Gennemsnit af 236 balancerede forsøg fra 97-99. Extra yield for 1 and 2 treatments in wheat. Average of 236 balanced trials 97-99.

Sammenfattende kan det konkluderes, at de forsøg, som er udført i den angivne periode, har vist, at der ikke har været økonomi i en meget tidlig indsats (st. 29-30) med 1,0 l/ha Amistar Pro. Ligeledes kan det konkluderes, at den afsluttende sprøjtning bidrager med den største andel af det opnåede merudbytte for svampesprøjtninger.

Blanding af Amistar og Folicur

De seneste år er der gennemført forsøg med forskellige blandingspartnere til Amistar. Der er udført 32 forsøg i perioden 1998-1999 (4 forsøg hos Danmarks JordbrugsForskning og 28 forsøg hos LR), hvor der er sprøjtet med 0,35 l/ha Mentor (st. 30-32) og dernæst en aksbeskyttelse med enten 0,5 l/ha Amistar eller med 0,25 l/ha Amistar tankblandet med 0,25 l/ha Folicur. Forskelle i merudbytter og angreb af *septoria* på sprøjtetidspunktet (st. 49-51) for de 32 enkeltforsøg er vist i figur 8. Søjler med positivt fortegn viser, hvor mange hkg/ha den rene Amistarsprøjtning har været bedre end blandingen, mens søjler med negativt fortegn viser, hvor mange hkg/ha blandingen af Amistar og Folicur har været bedre end den rene Amistar. For hvert enkeltforsøg er % angreb af *septoria* på sprøjtetidspunktet (st. 49-51) angivet med en cirkel.



Figur 8. Forskel mellem opnået merudbytte for Amistar i forhold til en tankblanding af Amistar og Folicur i 32 enkeltforsøg. Forsøget er sprøjtet med 0,35 l/ha Mentor (st. 30-32). (Landskontoret for Planteavl og Danmarks JordbrugsForskning). Difference between extra yield by Amistar compared to extra yield from the tankmix of Amistar and Folicur. Treated with 0,35 l/ha Mentor (gs. 30-32) (32 trials 1998-99,). The Danish Agricultural Advisory Centre & The Danish Institute of Agricultural Sciences.

Som gennemsnit af alle 32 forsøg blev der opnået et bruttomerudbytte for 0,5 l/ha Amistar på 14,6 hkg/ha, mens bruttomerudbyttet for 0,25 l/ha Amistar tankblandet med 0,25 l/ha Folicur var 14,7 hkg/ha.

3 forsøg ud af 32, (1, 2, og 3 i figur 8) gav signifikant højere udbytter for blandingen i forhold til den rene Amistarbehandling. Især forsøg 1 gav et stort merudbytte for blandingen (14,3 hkg/ha i forhold til ren Amistar). 2 forsøg ud af 32 (31 og 32 i figur 8) gav signifikant højere merudbytter for den rene Amistarløsning i forhold til blandingen. De resterende 27 forsøg viste ingen signifikant forskel på blandingen i forhold til den rene Amistarløsning.

I de 32 forsøg ses ingen klar sammenhæng mellem angreb af *septoria* på sprøjtetidspunktet og respons for blanding. I to af forsøgene var der over 30% *septoria* ved sprøjtning. Det ene forsøg gav signifikant merudbytte for blandingen, mens det andet forsøg ikke viste forskel på blanding kontra den rene Amistarløsning. Ligeledes gav "forsøg 3" signifikant merudbytte for blandingen, selv om der var et meget lavt angreb af *septoria* på sprøjtetidspunktet.

Resultaterne fra 32 forsøg fra 1998-1999 viser, at man ikke opnår fordele ved at erstatte 0,25 l/ha Amistar med 0,25 l/ha Folicur. Langt størsteparten af forsøgene (27 ud af 32) har ikke vist signifikante forskelle på merudbytter opnået for blandingen kontra den rene Amistarløsning. For de 5 forsøg, som har vist signifikante forskelle, kan forklaringer ikke umiddelbart udledes af de registreringer, som er foretaget i forsøgene. Der ses således ikke nogen sammenhæng mellem *septoria* symptomer på sprøjtetidspunktet, og forskel i udbytterespons for blanding kontra ikke blanding. Der ses heller ikke nogen klar sammenhæng mellem angreb af gulrust eller meldug og de registrerede forskelle i udbyttet i disse forsøg. Sort, jordbund, forfrugt eller tildeling af husdyrgødning kan ikke forklare de signifikante forskelle.

Konklusion

En gennemgang af samtlige landsforsøg i vinterhvede fra perioden 1995-1999 med 1 eller 2 behandlinger med strobilurin viser:

- at der er en betydelig årsvariation for de opnåede merudbytter.
- at de største merudbytter er opnået i år med kraftige angreb af *septoria*.
- at jordtypen har meget lille betydning for det opnåede merudbytte. JB1 har dog givet et lavere merudbytte end andre jordtyper (men i få forsøg).
- at det totale udbytte (grundudbytte+merudbytte) stiger med stigende jordbundsklassificering (JB-nr.)
- at forsøg med de laveste grundudbytter har givet de største merudbytter for svampebekæmpelse.
- at 3-sprøjtnings strategierne ikke har været lønsomme.
- at aksbeskyttelsen bidrager med over 70% af det opnåede merudbytte i 2-sprøjtnings strategier.
- at det altid er lønsomt at udføre minimum en aksbeskyttelse i alle hvedesorter.
- at de modtagelige sorter har givet det største merudbytte for svampebekæmpelse.
- at de resistente sorter har givet de laveste merudbytter for den tidlige sprøjtning.
- at blandingen af Amistar og Folicur ikke har givet højere merudbytter end Amistar alene.

- at der ikke er nogen sammenhæng mellem *septoria* angreb på sprøjtetidspunktet, og forskel i udbytteresponsen for blanding i forhold til ikke blanding.

Litteratur

Anonym 1995-1999. Månedsberetninger 1995-'99, Danmarks Meteorologiske Institut, København.

Jørgensen L.N., Nielsen B.J., Jensen K.F., Hansen L.M. & Paaske K. 1998. Diseases and insects in arable crops and vegetables 1998 - Results from testing of Fungicides, Insecticides and Seed-treatments. - Department of Crop Protection, Research Centre Flakkebjerg, DK-4200 Slagelse.

Nielsen G.C. 1999. Planteavlsorientering 09.429. Registreringsnet 1999 - vinterhvede. Landbrugets Rådgivningscenter aug 1999.

Pedersen C.Å. 1995-1999. Tabelbilag til Landsforsøgene 1995-'99, forsøg og undersøgelser i de landøkonomiske foreninger. Landbrugets Rådgivningscenter, Landskontoret for Planteavl.

Betydningen af udsædsbårne svampe i ærter

Seed borne fungi of importance in pea

Christiane Scheel
Plantedirektoratet, Sektor for Planter og Plantesundhed
Skovbrynet 20
DK-2800 Lyngby

Ghita Cordsen Nielsen
Landbrugets Rådgivningscenter
Udkærsvej 15, Skejby
DK-8200 Århus N

Summary

In humid and wet growing seasons a considerable infestation of leaf, stem and pod spot (*Ascochyta* spp.) might occur. It is discussed how seed borne inoculum of *Ascochyta* spp. influences germination, infestation in field and the yield. Existing recommended tolerance levels and the need for fungicidal treatment are illustrated.

Indledning

I fugtige somre kan der ske en stor smitte med ærtesyge i ærter. Det såkaldte ærtesygekompleks forårsages af de tre svampesygdomme: ærtesyge (*Ascochyta pisi*), ærtefodsyge (*Mycosphaerella*

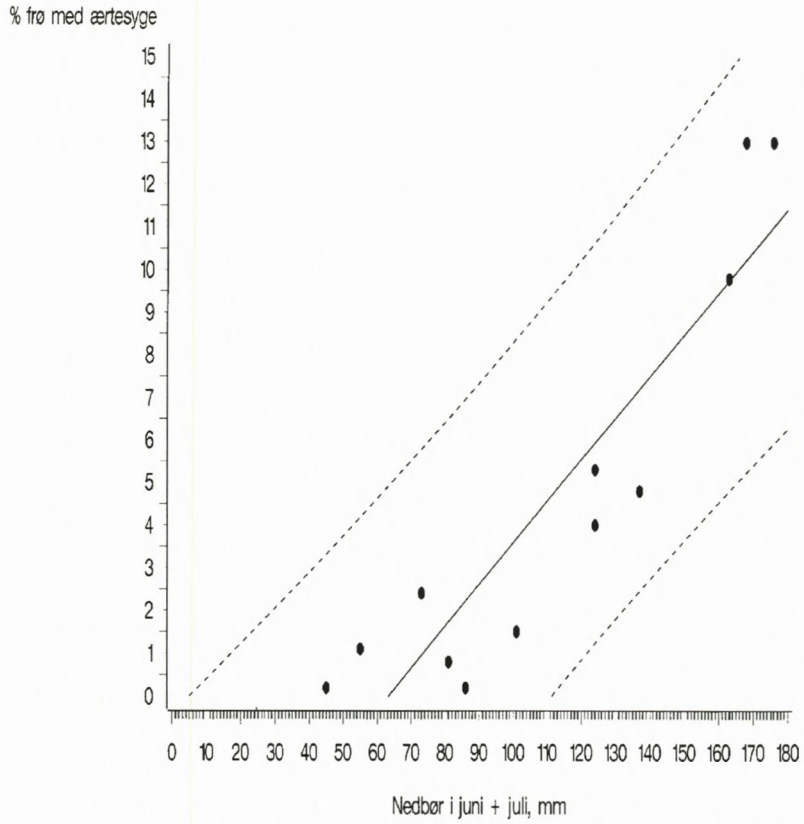
Tabel 1. Gennemsnitlig procentisk forekomst af ærtesyge (*Ascochyta* spp.), *Fusarium* spp. og gråskimmel (*Botrytis cinerea*) i frøprøver af ært, undersøgt ved Plantedirektoratet i årene 1987-99. Average frequencies of leaf, stem and pod spot (*Ascochyta* spp.), *Fusarium* spp. and grey mould (*Botrytis cinerea*) on pea seed samples, tested at the Danish Plant Directorate in 1987-99 are stated in per cent.

Høstår Harvest year	**Antal prøver** Number of samples	**Gennemsnit pct. frø med** Average percentage of seed with		
		***Ascochyta* spp.**	***Fusarium* spp.**	***Botrytis cinerea***
1987	150	31,4	8,2	2,9
1988	83	9,8	2,3	6,1
1989	136	1,5	1,6	3,0
1990	107	4,0	1,6	3,0
1991	249	4,8	2,7	2,0
1992	130	0,2	0,3	0,4
1993	184	5,3	1,4	7,1
1994	121	0,8	0,9	2,6
1995	115	0,2	1,6	2,6
1996	183	1,1	1,0	2,9
1997	269	2,4	1,4	3,9
1998	850	13,0	2,0	3,0
1999*	538	13,0	2,0	4,0

*** foreløbige tal.** Preliminary numbers.

pinodes, konidiestadie: *A. pinodes*) samt *Phoma medicaginis* var. *pinodella* (konidiestadie: *A. pinodella*). I tabel 1 ses gennemsnitlig procentisk forekomst af ærtesyge og andre svampe i frøprøver af ært i årene 1987-99. Det fremgår, at der i den fugtige sommer 1999 - ligesom året før - er sket smitte til bælgene og videre til frøene.

Af figur 1 fremgår, at der er en god korrelation mellem mm nedbør i juni-juli og procent frø angrebet af ærtesyge det pågældende år, hvor frøet er høstet. 1987 afviger meget, da der dette år var en usædvanlig sen høst. Udelades 1987, er korrelationen 0,84 (incl. 1987 er korrelationen 0,61).



Figur 1. Sammenhæng mellem forekomst af ærtesyge i frø i perioden 1988-1999 og nedbørssum i de pågældende år, hvor frøet er høstet. Coherence between seed borne inoculum of *Ascochyta* spp. in pea seed in the period 1988-1999 and the rainfall the year of harvest.

Skadetærskler

Med de nuværende regler anbefales bejdsning af fremavlsærter ved forekomst af ærtesyge (da 400 frø undersøges, svarer det til 0,25% angrebne frø) og bejdsning af foderærter ved over 5% angrebne frø. I 1999 havde 64% af prøverne over 5% ærtesyge. I begge kategorier anbefales bejdsning mod ærtesyge, gråskimmel og Fusarium, hvis der samlet er over 25% angrebne frø.

Ærteskimmel (*Peronospora viciae* f.sp. *pisi*) kan også være udsædsbåren, men denne svamp indgår ikke i de rutinemæssige undersøgelser.

De fastsatte grænser for bejdsebehov er skønnede, da der ikke er udført forsøg, der klart fastsætter grænseværdien. Ved Landskontoret for Planteavl og Danmarks JordbrugsForskning er i 1999 påbegyndt forsøg, hvor partier med forskellig smittegrad af ærtesyge udsås. Se tabel 2. Der er, også af hensyn til økologiske avlere, behov for bedre at kunne vurdere, om grænsen for ærtesyge eventuelt kan hæves.

Tabel 2. Bejdsning mod udsædsbårne svampe. (Oversigt over Landsforsøgene 1999). Seed treatment on seed borne diseases.

Markært Pea field crop	**% *Asco-chyta* spp. i udsæd**[1] in seed[1]	**Antal planter pr. m²** Number of plants per m²	**% planter med *Ascochyta* spp.** % plants with *Ascochyta* spp.		**% dæk-ning på bælge** % on pods	**Udb og merudb. hkg ærter pr. ha** Yield hkg peas per ha
			14/5	**11/6**	**20/7**	
1999. 4 forsøg						
1. Ubehandlet Untreated	6[2]	58	0	0	2	29,3
2. Ubehandlet Untreated	4	59	0	0	2	-0,5
3. 400 ml KVK Thiram F	4	60	0	0	2	0,3
4. 400 ml Dithane FS	4	56	0	0	3	0,1
5. Ubehandlet Untreated	31	52	0	3	3	-2,0
6. 400 ml KVK Thiram F	31	57	0	3	2	0,2
7. 400 ml Dithane FS	31	51	0	3	3	-0,7
8. Ubehandlet Untreated	45	56	0	5	3	-0,7
9. 400 ml KVK Thiram F	45	63	0	7	4	0,9
10. 400 ml Dithane FS	45	57	0	8	3	-0,7
LSD 1-10		*ns.*				*ns.*
LSD 2-10		*ns.*				*ns.*

1) Hovedsagelig *Ascochyta pinodes.* Primarily *Ascochyta pinodes.*

2) 0% var tilstræbt, men analysen viste 6%. 0 % was intended, but seed health test showed 6 %.

Det fremgår af tabellen, at der i gennemsnit af forsøgene ikke er opnået sikre merudbytter for bejdsning. I enkeltforsøgene er der i et enkelt tilfælde opnået et sikkert merudbytte for bejdsning i forsøgsled 9. Der har ikke været et sikkert udbyttetab ved udsåning af ærter med kraftig smitte af ærtesyge. Plantebestanden er heller ikke blevet påvirket. Der blev brugt fire partier af sorten Aladin. I alle forsøgsled er udsået 60 spiredygtige frø pr. m². Angrebene af ærtesyge og andre bladsvampe er bedømt løbende i vækstsæsonen. Angrebene af ærtesyge har været svage. Der har været en tendens til mest ærtesyge i forsøgsled 5-10. Gråskimmel og ærteskimmel har optrådt med svage angreb. I forsøgene i tabel 2 er det ikke godkendte middel Dithane FS afprøvet. Forsøgene fortsætter.

I tabel 3 ses en oversigt over vejledende skadetærskler samt anvendte bejdsemidler i andre lande. I England anvendes rutinemæssigt thiram til ærter og ved angreb af ærtesyge anbefales

bejdsning med thiabendazol. I Sverige ophørte man i 1992 med rutinemæssig analyse af ærter for udsædsbårne sygdomme.

Tabel 3. Vejledende tolerancer samt anvendte bejdsemidler i andre lande. Recommended tolerances and seed treatments used in other countries.

Land Country	**Tolerance**		**Bejdsemidler** Seed treatment
	***Ascochyta* spp.**	***Fusarium* spp. og** and ***Botrytis cinerea***	
Sverige	**Ingen,** none	**Ingen,** none	iprodion(Rovral) metalaxyl (Apron)
England	5 % **Ved over 15 % frarådes brug som udsæd.** Advise not to use as seed if infection is more than 15 %	**Ingen,** none	thiram + thiabendazol (Hy-TL) thiram + carbendazim + oxadixyl + cymoxanil (Apron Elite)

Pr. 1/8-98 blev det forbudt at bejdse ærter med thiram i Danmark. Grundet den høje smitte med ærtesyge i 1998, blev der dog opnået dispensation til at bejdse fremavlsærter med thiram i foråret 1999, mod forevisning af en bejdsebehovsanalyse. Organisationerne har søgt om dispensation igen i dette efterår.

Ærtesyge kan skade afgrøden, dels ved en nedsat spireevne, dels ved en større smittegrad i afgrøden. Forekomster af Fusarium og gråskimmel kan også skade spireevnen, men har næppe betydning for sygdommenes spredning i marken.

Påvirkning af spireevne

Plantedirektoratet har både i laboratoriet (sand) og i marken udført forsøg med udsåning af ærter angrebet i forskelligt omfang af ærtesyge og andre svampe. Ved at bejdse frøene med Orthocid 75 (captan) blev spireevnen oftest forbedret, selv ved meget svage angreb af udsædsbårne svampe. Derimod var der ingen sammenhæng mellem procent smittede frø og forbedring af spireevnen ved bejdsning. Resultatet af 7 markforsøg fremgår af tabel 4. Det konkluderes, at forsøgene tyder på, at svampene ikke i væsentlig grad påvirker frøenes spireevne. I Plantedirektoratets undersøgelser har der heller ikke været nogen god korrelation mellem procent angrebne frø, og spireevnen i laboratoriet i ubejdsede ærteprøver - se tabel 5. De 162 prøver havde en gennemsnitlig spireprocent på 88 og en angrebsprocent på 16% ærtesyge.

Tabel 4. Resultater af spiringsforsøg i marken med 7 ærteprøver med og uden bejdsning samt af sygdomsundersøgelser af prøverne uden bejdsning. Results of germination tests in the field with 7 samples of pea treated and untreated and the frequency of seed borne diseases of untreated seed.

	Gennemsnitlig pct. Average percentage	**Variation i spireevne/angreb** Variation in germination/infestation	
		Mindste pct. Lowest percentage	**Største pct.** Highest percentage
Spiring, germination	**Spireevne**, germination capacity		
Ubejdset, untreated	54,4	30	85
Bejdset, treated	60,6	35	86
Forskel bejdset – ubejdset difference treated – untreated	6,2*	1	12
Svampe, fungi	**Angrebne frø,** infestated seeds		
***Ascochyta* spp.**	38,7	5	62
Botrytis cinerea	1,2	0	4
***Fusarium* spp.**	10,7	0	30

*** Signifikant på 99 procents niveauet.** Significant on the 99 per cent level.

Tabel 5. Sammenhæng mellem ærtesyge og spireprocent. 162 prøver analyseret 1998-99 ved Plantedirektoratet. Coherence between *Ascochyta* spp. and percentage of germination. 162 samples tested at the Danish Plant Directorate 1998-99.

Spirepct. Germination percentage	**Gns. % angreb af *Ascochyta* spp.** Average % infestation with *Ascochyta* spp.	**Antal prøver** Number of samples	**Min-maks. angrebspct.** Minimum – maximum infestation %
< 70	33	9	2-80
70-74	28	9	4-55
75-79	26	4	8-48
80-84	25	18	7-42
85-89	20	25	4-46
90-94	15	52	0-46
95-99	5	45	0-27

Påvirkning af smittegrad i afgrøden

Frøbårent smitstof af ærtesyge kan give angreb på kimplanter, og herfra kan sporer spredes til andre planter. Dette har særlig betydning, hvis der ikke i forvejen er smitstof af ærtesyge i marken og ikke tilføres smitstof fra nabomarker. Overlevelsestiden for ærtesyge i jorden er op til omkring

5 år, og sporer er målt i en afstand på ca. 400 m fra smittekilden.

I 1970-77 blev der udført nogle undersøgelser over sammenhængen mellem mængden af smitstof af ærtesyge og hestebønnebladplet i udsæden og i det høstede frø. Hestebønnebladplet er medtaget her, fordi den overlever og spredes på samme måde som ærtesyge. Resultaterne er vist i tabel 6-7.

Tabel 6. Sammenhængen mellem angreb af ærtesyge i udsæden og i det høstede frø af ært. 400 frø undersøgt (Sode, Jørgensen & Bagger, 1977, upubl.) Coherence between seed borne inoculum of *Ascochyta* spp. in *Pisum sativum* and in the harvested seed crop. 400 seeds tested.

Antal prøver Number of samples	**Forsøgsår** Year	**Procent angrebne frø i** % infested seed in			
		Udsæden Seed crop		**Høstet frø** Harvested seed	
		Gennemsnit Average	**Variation**	**Gennemsnit** Average	**Variation**
13	1972, -76, -77	0,5	0,3-0,8	4,6	0-16,8
17	1970, -72, -76	4,4	2,0-6,8	14,5	0,5-40,0
7	1970, -72	31,7	11,5-55,5	39,5	18,5-75,3

Tabel 7. Sammenhængen mellem angreb af hestebønnebladplet i udsæden og i det høstede frø. 400 frø undersøgt (Sode & Jørgensen. Plantedirektoratets beretning, 1974). Coherence between seed borne inoculum of *Ascochyta fabae* in *Vicia fabae* and in the harvested seed crop. 400 seeds tested.

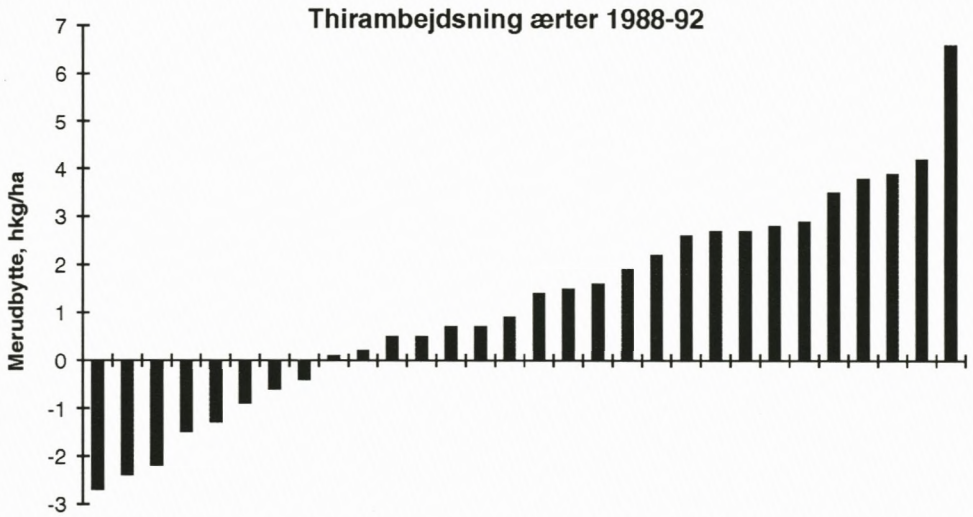
Antal prøver Number of samples	**Forsøgsår** Year	**Procent angrebne frø i** % infested seed in			
		Udsæden Seed crop		**Høstet frø** Harvested seed	
		Gennemsnit Average	**Variation**	**Gennemsnit** Average	**Variation**
20	1970, -71	0	0	0,3	0-1,3
11	1970, -71, -72	0,5	0-1,0	0,4	0-1,5
7	1970, -71	5,4	3-14,0	3,5	0-15,5

Selv om der er stor variation, ser det ud til, at lave angrebsgrader i udsæden er medvirkede til, at den nye høst blev mindre angrebet. Jo mere smitstof der i forvejen er i marken eller nabomarker, jo mere må denne tendens dog forventes at udviskes. Ærtearealet begyndte at stige omkring 1983-84 og lå i 70'erne, hvor forsøgene blev udført, på kun 5.000-10.000 ha. Den store variation skyldes, at de klimatiske betingelser for sygdommens udvikling er meget afgørende. Eventuelle sortsforskelle kan også spille en rolle.

Påvirkning af udbytte

I ovenstående forsøg er der ikke høstet udbytte. Foruden at give mere smitstof i marken, kan udsædsbåren smitte af ærtesyge medføre angrebne og svækkede kimplanter, som kan få varige mén ved stængelbasis og på rødderne.

I figur 2 ses de opnåede merudbytter for bejdsning af ærter med KVK thiram i 30 landsforsøg i 1988-92. Der blev i gennemsnit opnået et sikkert bruttomerudbytte på 1,2 hkg pr. ha. Desværre er angrebsgraden i de udsåede ærter ikke målt, men angrebene vurderes på baggrund af tabel 1 som lavere end i de seneste to år. Smitten af ærtesyge sidder både overfladisk og mere dybt i frøet, hvorfor kontaktmidlet Thiram ikke er fuldt effektivt.



Figur 2. Opnåede bruttomerudbytter for bejdsning af ærter med 400 ml KVK Thiram F i 30 forsøg i de landøkonomiske foreninger i 1988-92. Yield achieved by seed treatment of pea seed with 400 ml KVK Thiram F in 30 experiments during 1988-92.

Mykotoksinproducerende *Fusarium* arter i dansk korn

Mycotoxin producing *Fusarium* species occurring in Danish cereals

Ulf Thrane
Mykologigruppen
Institut for Bioteknologi
Bygning 221
Danmarks Tekniske Universitet
DK-2800 Lyngby

Summary

The genus *Fusarium* is widespread in agricultural crops being pathogenic as well as saprophytic. In addition, many species do produce potent mycotoxins. Due to use of different taxonomic schemes some confusion in literature reports on mycotoxin production exists, and it is difficult to translate between taxonomic systems.

The present report is mainly based on own examinations of Danish cereals in conjunction with contract research activities, as very little published material is available.

The most frequent *Fusaria* in Danish cereals are: *Fusarium avenaceum, F. culmorum, F. equiseti, F. graminearum, F. poae, F. sporotrichioides,* and *F. tricinctum*. *F. avenaceum* and *F. tricinctum* are very frequently deteceted in Danish cereals, followed by *F. poae* and *F. culmorum*. The recognised production of secondary metabolites, including mycotoxins, is tabulated.

Indledning

Skimmelsvampeslægten *Fusarium* er udbredt i landbrugsafgrøder i hele verden, både som patogen og som saprofyt. Hertil kommer at mange *Fusarium* arter er i stand til at danne potente mykotoksiner, der kan skade både mennesker og husdyr.

I dag kendes ca. 100 *Fusarium* arter. Dette tal er meget afhængigt af, hvilken taksonomisk inddeling man tager udgangspunkt i, idet to 'skoler' har været herskende i de seneste årtier. Den ene er en europæisk skole med mange arter (Gerlach & Nirenberg, 1982); den anden en amerikansk-australsk med færre arter (Burgess *et al.,* 1994; Nelson *et al.,* 1983). Gennem øget internationalt samarbejde har disse nærmet sig hinanden, men på visse områder er der stadig forskellige opfattelser. På grund af forskelligheder i brug af navngivningsreglerne er det ofte umuligt at overføre informationer baseret på det ene taksonomiske system til det andet. Dette er især gældende for ældre litteratur frem til begyndelsen af 1980'erne. Det har desværre medført, at store dele af de tilgængelige informationer omkring forekomsten af *Fusarium* og disses mykotoksinproduktion er meget vanskelige at benytte, hvis de er ældre end 15-20 år. Store dele af mykotoksin informationer i den ældre litteratur er samlet og bearbejdet af

Marasas *et al.* (1984) og Thrane (1989, *in press*). Kun i de tilfælde, hvor svampematerialet er præserveret i en anerkendt og tilgængelig kultursamling, er det muligt at oversætte til nutidens taksonomiske systemer gennem fornyet analyse og identifikation af materialet. Skaden er måske ikke så stor, som det kan synes, da mængden af litteratur på specielt mykotoksinområdet er vokset astronomisk i de seneste år. Nu er det nærmere et problem at holde trit med alle de indstrømmende informationer, og så huske at ældre informationer kan være fejlbehæftede.

I nedenstående afsnit vil jeg kort gennemgå de hyppigst forekomne *Fusarium* arter i danske cerealier primært baseret på egne upublicerede analyser af kornprøver gennem de seneste år. Der har ikke været tale om egentlige systematiske analyser men ad hoc analyser i forbindelse med diverse kontraktforsknings- og konsulentopgaver.

Fusarium avenaceum

Fusarium avenaceum er meget udbredt i cerealier fra tempererede områder og var en af de hyppigst isolerede arter i dansk maltbyg (Andersen *et al.*, 1996). På trods af den hyppige forekomst vides ikke meget om artens betydning for kvaliteten af de afhøstede kerner. *F. avenaceum* sættes normalt ikke i forbindelse med toksikoser, da den ikke kan danne erkendte mykotoksiner (tabel 1), men en lang række andre biologisk aktive metabolitter.

Fusarium culmorum

Fusarium culmorum er en potent producent af flere mykotoksiner (tabel 1), hvoraf deoxynivalenol (DON, vomitoxin) og zearalenon er de kendeste. *F. culmorum* forekommer hyppigt på cerealier og andre afgrøder i Danmark. På laboratoriesubstrater har *F. culmorum* mange ligheder med *F. graminearum* og *F. crookwellense*, der i nogle publikationer synonomiseres med *F. cerealis*, men denne navneændring er dog ikke fuldt accepteret. *F. graminearum* omtales senere, men da *F. crookwellense* kun er isoleret sporadisk fra danske cerealier, vil denne art ikke blive omtalt nærmere. Da de tre arter har næsten identiske kvalitative metabolitprofiler, er det kun gennem mindre forskelle i konidiernes morfologi muligt at skelne mellem de tre arter. Artspecifikke DNA-primere til de tre arter er publiceret (Yoder and Christianson, 1998).

Fusarium equiseti

Fusarium equiseti er typisk relateret til jord, og regnes da heller ikke som værende patogen over for cerealier. I visse kornprøver har *F. equiseti* imidlertid været fremherskende, og da arten kan danne adskillige potentielle mykotoksiner, inklusive trichothecener der vides at spille en rolle i spiringsfusariose, bør den ikke overses. Fusarochromanon, der forårsager dysplasi hos kyllinger (Krogh *et al.*, 1989) produceres af alle undersøgte *F. equiseti* isolater fra Danmark og andre lande i den tempererede zone. *F. equiseti* danner klamydosporer, der kan overleve i årevis i jorden.

Fusarium graminearum

Fusarium graminearum er på mange måder meget lig *F. culmorum* (se denne), men betegnes ofte som mere varmeelskende. I danske kornprøver er *F. graminearum* kun sjældent isoleret, hvorimod upublicerede rapporter fra Sverige og Nordtyskland indikerer en højere frekvens. Visse kulturer af *F. graminearum* kan danne det kønnede stadium kaldet *Gibberella zeae*, der ses som små blå-sorte prikker i kulturen. Under varmere himmelstrøg er dette ganske hyppigt direkte på planterne men er såvidt vides aldrig fundet naturligt i Danmark.

Fusarium poae

Fusarium poae er ofte isoleret fra danske kornprøver (Andersen *et al.,* 1996), og det menes, at forekomsten af mykotoksinet nivalenol i svenske og norske kornprøver skyldes denne art (Liu, *et al.,* 1998). Toksinproducerende *F. poae* isolater er imidlertid isoleret med springende frekvens, men det kan skyldes, at taksonomien er utilstrækkelig. En igangværende EU-støttet COST835 action vil bl.a. karakterisere europæiske *F. poae* isolater. Tidligere var *F. poae* inkluderet i et bredt artskoncept benævnt *F. tricinctum* (se denne).

Fusarium sporotrichioides

Fusarium sporotrichioides isoleres ikke ofte fra danske cerealier, men da denne art er en konsistent producent af T-2 toxin og andre mykotoksiner (tabel 1) er den vigtig i denne sammenhæng. Tidligere var *F. sporotrichioides* inkluderet i et bredt artskoncept benævnt *F. tricinctum* (se denne).

Fusarium tricinctum

Fusarium tricinctum er en af de hyppigste Fusarier i cerealier fra tempererede klimazoner. I en nyere undersøgelse af dansk maltbyg var det klart den mest udbredte *Fusarium* art (Andersen *et al.,* 1996). Frem til begyndelsen af 1980'erne var et forenklet taksonomisk system baseret på Snyder & Hansen (Snyder & Hansen, 1945) vidt udbredt. Heri dækkede artsnavnet *F. tricinctum* over *F. poae*, *F. sporotrichioides*, *F. chlamydosporum* (en sub-/tropisk art) og *F. tricinctum* (i snæver forstand). Dette har været højest uheldigt, idet der i samme periode fremkom mange rapporter om mykotoksiner fra *F. tricinctum*. Det er i dag helt umuligt at afkode disse oplysninger og relatere dem til dagens taksonomiske opfattelse, hvor *F. tricinctum* ikke vides at danne egentlige mykotoksiner (tabel 1).

Tabel 1. Metabolitprofiler for udbredte *Fusarium* arter. Profiles of secondary metabolites produced by common *Fusarium* species.

Fusarium species	Metabolitter
F. avenaceum	antibiotic Y aurofusarin chlamydosporol chrysogine enniatins fusarin C moniliformin
F. equiseti	Chrysogine Diacetoxyscipenol (DAS) Equisetin Fusarochromanone Nivalenol (NIV) zearalenone
F. culmorum	aurofusarin butenolide chrysogine culmorin fusarin C deoxnivalenol (DON) nivalenol (NIV) zearalenone
F. graminearum	Aurofusarin butenolide chrysogine culmorin fusarin C deoxynivalenol (DON) nivalenol (NIV) zearalenone
F. poae	Butenolide Diacetoxyscirpenol (DAS) fusarin C gamma-lactones T-2 toxin Nivalenol (NIV)
F. sporotrichioides	Aurofusarin butenolide fusarin C T-2 toxin
F. tricinctum	Acuminatopyrone Antibiotic Y Aurofusarin Chlamydosporol Chrysogine Enniatins fusarin C visoltricin

Litteratur

Andersen B., Thrane U., Svendsen A. & Rasmussen I.A. 1996. Associated field mycobiota on malting barley. Canadian Journal of Botany 74: 854-858.

Burgess L.W., Summerell B.A., Bullock S., Gott K.P. & Backhouse D. 1994. Laboratory manual fo *Fusarium* research. 3rd edition. University of Sydney, Sydney. 1-133.

Gerlach W. & Nirenberg H. 1982. The genus *Fusarium* - a pictorial atlas. Mitteilungen aus der Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirstschaft.Berlin-Dahlem Heft 209: 1-406.

Krogh P., Christensen D.H., Hald B., Harlou B., Larsen C., Pedersen E.J. & Thrane U. 1989. Natural occurrence of the mycotoxin fusarochromanone, a metabolite of *Fusarium equiseti*, in cereal feed associated with tibial dyschondroplasia. Applied and Environmental Microbiology 55: 3184-3188.

Liu W.Z., Sundheim L. & Langseth W. 1998. Trichothecene production and the relationship to vegetative compatibility groups in *Fusarium poae*. Mycopathologia 140: 105-114.

Marasas W.F.O., Nelson P.E. & Toussoun T.A. 1984. Toxigenic *Fusarium* species. Identity and mycotoxicology. The Pennsylvania State University Press, University Park and London. 1-328.

Nelson P.E., Toussoun T.A. & Marasas W.F.O. 1983. *Fusarium* species. An illustrated manual for identification. The Pennsylvania State University Park, University Park and London. 1-193.

Snyder W.C. & Hansen, H.N. 1945. The species concept in *Fusarium* with reference to *Discolor* and other sections. American Journal of Botany 32: 657-666.

Thrane U. 1989. *Fusarium* species and their specific profiles of secondary metabolites. Pages 199-225. in: *Fusarium*: Mycotoxins, taxonomy and pathogenicity. J. Chelkowski, ed. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam.

Thrane U. (*in press*). Development in the taxonomy of *Fusarium* species based on secondary metabolites. Pages 30-50. in: Fusarium. B.A. Summerell, L.W. Burgess, W.F.O. Marasas and J.F. Leslie, eds. APS, St.Louis.

Yoder W.T. & Christianson L.M. 1998. Species-specific primers resolve members of *Fusarium* section *Fusarium* - Taxonomic status of the edible "Quorn" fungus reevaluated. Fungal. Genet. Biol. 23: 68-80.

Toxinproducerende svampes økologi

The ecology of toxin producing fungi

Helle Hestbjerg og Susanne Elmholt
Danmarks Jordbrugsforskning
Afdeling for Plantevækst og Jord
Forskningscenter Foulum
DK-8830 Tjele

Kristian Fog Nielsen
Instituttet for Bioteknologi
Danmarks Tekniske Universitet
DK-2800 Lyngby

Gitte Felding
Afdeling for Geokemi
Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse
Thoravej 8
DK-2400 København NV

Summary

An understanding of the ecology of mycotoxin producing fungi is essential to prevent contamination of foods and feeds. The fungal genus *Fusarium* contains several important mycotoxin producing species including *F. culmorum*. This paper presents some of the results from a study of 105 isolates of *F. culmorum*, originating from different European wheat fields. The isolates were analysed for their ability to produce a range of trichothecenes. By far, most of them were toxigenic - the majority produced deoxynivalenol (DON) and 3-acetyldeoxynivalenol (3-DON), while seven isolates produced nivalenol (NIV) and/or fusarenon X (F-X). These probably belong to a distinct chemotype.

A pathogenicity assay revealed that all the 70 tested isolates caused brown foot rot of barley. For 15 of these isolates - with varying aggressiveness - the seedlings were analysed quantitatively for DON. For 12 DON-producing isolates a correlation was found between the disease index and the DON concentration in the seedlings. For two of the remaining three isolates, almost no DON was produced in the seedlings. In the general analysis of trichothecenes these isolates were also unable to produce DON, whereas one was of the NIV/F-X type.

In conclusion our study of *F. culmorum* as well as results from Germany point to the existence of two distinctly different chemotypes and strongly indicate that the ecology of these chemotypes is different.

Indledning

Når vi konstaterer mykotoksiner som deoxynivalenol (DON) og nivalenol (NIV) i vores korn og kornprodukter, ved vi, at disse stoffer stammer fra vækst af *Fusarium* svampe. De nævnte stoffer hører til gruppen af toksiner, der benævnes trichothecener, og deres skadelige effekter på mennesker og husdyr er efterhånden veldokumenterede (Smith *et al.*, 1994; Eriksen & Alexander, 1998). Myndighederne bliver i stigende omfang opmærksomme på vigtigheden af at undgå mykotoksiner i fødevarer og dyrefoder. I dag kan dette i praksis kun gøres ved screeninger og kassation af forurenede partier, eventuelt fortynding ved opblanding med uforurenede partier. Talrige screeninger verden over viser, at korn med toxinværdier over de accepterede grænseværdier er jævnligt forekommende (Smith *et al.*, 1994). Også i de nordiske lande er der talrige eksempler på korn med høje forekomster af *Fusarium* toksiner som omtalt af Eriksen & Alexander (1998). F.eks. blev der fundet DON i 76% af 1221 havreprøver. Gennemsnitskoncentrationen i de kontaminerede partier var 513 µg/kg. Dette skal ses i relation til, at den nordisk foreslåede TDI (tolerable daily intake) er på 0-1 µg/kg legemsvægt.

På længere sigt vil det være langt at foretrække,om toxinproblemerne kunne forebygges. Dette vil først og fremmest kræve et øget kendskab til de toxinproducerende svampes økologi – et område, hvor vi desværre p.t. har en meget begrænset viden.

Ved Afdeling for Plantevækst og Jord, Forskningscenter Foulum, arbejder vi med toksinproducerende arter af *Fusarium* og *Penicillium* og forsøger at belyse svampenes livscyklus fra jord til kornplanter og tilbage til jord eller videre med det høstede korn ind på lager. Her skal omtales aspekter af vores arbejde med *Fusarium culmorum* (W.G. Sm.). I landbruget kendes *F. culmorum* som et patogen specielt på korn. Den kan forårsage spiringsfusariose, *Fusarium*-fodsyge såvel som aksfusariose (Parry *et al.*, 1995; Petitt *et al.*, 1996). *F. culmorum* er i stand til at danne flere mykotoksiner blandt andet forskellige trichothecener, zearalenon og fusarin-C (se indlægget af Thrane).

Metodebeskrivelse

For at undersøge diversiteten med hensyn til forekomst og toxinproduktion inden for *F. culmorum* blev arten isoleret fra jordprøver hentet i hvedemarker fra lokaliteterne angivet i tabel 1. Isolering skete ved udlægning af enkeltpartikler af organisk materiale på et næringsfattigt substrat, udviklet til dyrkning af *Fusarium*. Proceduren er beskrevet i Hestbjerg *et al.* (1999).

Isolaternes evne til at producere trichothecener blev undersøgt efter vækst på gær ekstrakt sucrose agar. Ekstrakter blev derivatiseret og analyseret ved gaskromatografi-massespektrometri (GC-MS), som beskrevet i Nielsen *et al.* (1998) og Hestbjerg (1999). Der blev analyseret for følgende trichothecener: diacetoxyscirpenol, HT-2 toxin, neosolaniol, scirpentriol (SCT), 15-monoacetocyscirpenol, T-2 tetraol, T-2 toxin, T-2 triol, iso T-2 toxin, 15-o-acetyldeoxynivalenol, 3-acetyldeoxynivalenol (3-DON), DON, NIV og fusarenon-X (F-X).

I et patogenitetsassay blev 70 isolaters evne til at forårsage spiringsfusariose på bygsorten Paloma undersøgt. For hvert isolat blev 18 kerner sået i sand og smittet med en konidiesuspension af det pågældende isolat. Sygdomsangrebet blev bedømt efter 19 dages

inkubering (Hestbjerg, 1999). For hvert isolat er et sygdomsindex udregnet, hvor yderpunkterne er karakteren 0, svarende til ingen symptomer på nogen af de 18 planter og karakteren 4, svarende til, at alle planter var døde. Forsøget blev gentaget.

For 15 isolater med forskellig aggressivitet over for de spirende bygplanter blev planternes eventuelle indhold af DON målt kvantitativt ved GC-MS (Hestbjerg, 1999).

Resultat

I tabel 1 er angivet antal isolater fra hver lokalitet samt koloniseringsprocenten som et udtryk for hyppigheden af *F. culmorum* i den pågældende jordprøve. I alt blev 105 isolater identificeret som *F. culmorum*.

Tabel 1. Antal isolater af *F. culmorum* fra jordprøver hentet i forskellige europæiske hvedemarker. Isolering er sket ved udlægning af enkeltpartikler af organisk materiale. Koloniseringsprocenten angiver andelen af partikler inficeret med *F. culmorum*. Number of isolates of *F. culmorum* from soil samples collected in different European wheat fields. Isolation was performed by plating of single particles of organic material.

Lokalitet Location	**Antal isolater af *F. culmorum*** No. of isolates of *F. culmorum*	**Koloniseringsprocent** Quotient of colonisation
DK1: Kalø, Danmark	4	0,7
DK2: Høng, Danmark	4	0,5
DK3: Østermarie, Danmark	37	4,8
A5: Ansfelden, Østrig	2	0,7
D6: Osterseeon, Tyskland	2	0,3
D8: Güterfelde, Tyskland	4	0,7
N9: Ås, Norge	45	3,1
N10: Rygge, Norge	7	2,4

Isolaternes evne til at producere trichothecener ses af tabel 2. I tabellen er angivet antal isolater med de pågældende trichothecen-profiler.

I patonegitetsassayet var samtlige afprøvede isolater (70) årsag til sygdomssymptomer på de spirende bygplanter men med varierende aggressivitet (Hestbjerg, 1999). Det gennemsnitlige sygdomsindeks lå mellem 2,2 og 3,8. Resultatet er her kun angivet for 15 udvalgte isolater med forskellig aggressivitet og kun, hvor der blev målt kvantitativt på indholdet af DON i bygplanterne (figur 1). Alle planter fra begge gentagelser blev anvendt til DON-analysen. Det ses, at med undtagelse af tre afvigere er der en lineær sammenhæng mellem sygdomsindekset og planternes indhold af DON ($P = 0.0004$).

For de to afvigende isolater, hvor DON indholdet i bygplanterne var meget lavt, viste den generelle trichothecen-analyse, at det ene isolat var af NIV/F-X kemotypen, mens det andet ikke producerede nogen trichothecener.

Tabel 2. Produktion af trichothecener hos isolater af *F. culmorum* fra forskellige hvedemarker. Isolaterne har været dyrket på gær ekstrakt sucrose agar. Se teksten for forklaring af trichothecen-forkortelser. Markernes beliggenhed er beskrevet i tabel 1. Production of thichothecenes by isolates of *F. culmorum* originating from different wheat fields. The isolates were grown on yeast extract sucrose agar. See text for explanation of trichothecenes. The location of the fields is described in table 1.

Trichothecen profil	DK1	DK2	DK3	A5	D6	D7	N9	N10
DON, 3-DON	2	4	19	2	2	4	40	5
DON	1		2				1	1
NIV, F-X	1		5					
F-X			1					
Ingen trichothecener			8				1	

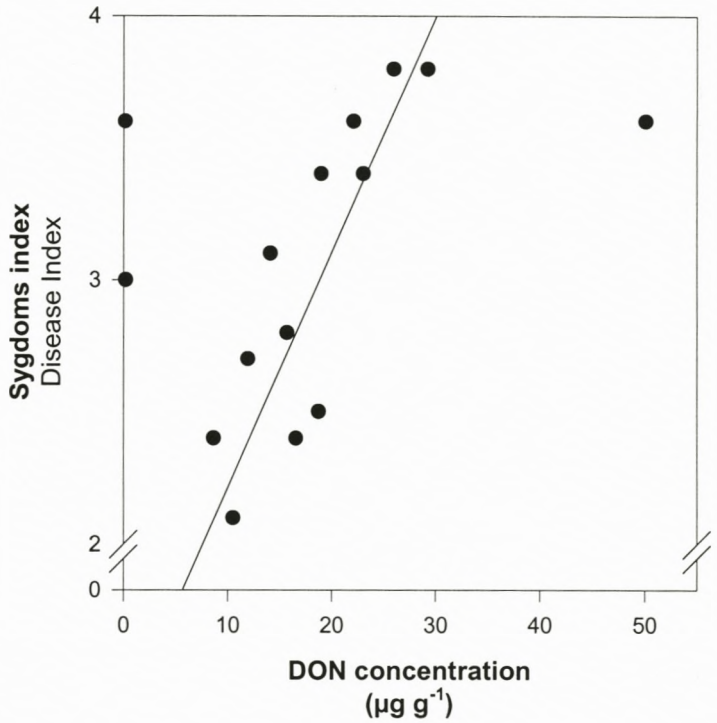
Diskussion

Hyppigheden af *F. culmorum* var væsentligt højere på den bornholmske lokalitet, DK3, samt på de to norske lokaliteter end på de øvrige lokaliteter i undersøgelsen. Hverken sammenligning af jordbundsanalyser eller klimatiske data kunne forklare denne forskel, som må tilskrives biologiske forhold.

Langt den overvejende del af isolaterne var i stand til at producere DON og 3-DON, men syv isolater producerede NIV og/eller F-X i stedet. Sådanne isolater er også fundet af andre blandt andet i Tyskland (Gang *et al.*, 1998). Det indikerer, at der findes to distinkte kemotyper inden for arten *F. culmorum*.

F. culmorum lever saprofytisk i jorden, det vil sige, at den vokser på dødt organisk materiale. Men desuden har den evnen til at skifte til en patogen tilværelse, hvor den kan angribe næsten alle dele af planten. Fusariers evne til at forårsage aksfusariose har i flere tilfælde været kædet sammen med deres produktion af trichothecener (Proctor *et al.*, 1995; Desjardins & Hohn, 1997). Korrelationen mellem DON koncentrationen i planterne og sygdomsindekset for de 12 af isolaterne i vores forsøg peger på, at også *F. culmorum*'s evne til at forårsage spiringsfusariose er relateret til produktion af trichothecenet DON. Mere og mere forskning tyder på, at trichothecenernes økologiske funktion er forbundet med svampenes "spring" fra jord til planter.

Den ene af de afvigende isolater i figur 1 var af NIV/F-X kemotypen. I Tyskland fandt Gang *et al.*, (1998), at 7 af 42 *F. culmorum* isolater var NIV-producenter, og disse viste lavere aggressivitet efter inokulering på rugaks end de øvrige DON producerende isolater. Der er altså indikationer på, at de to kemotyper har forskellig økologi. Derfor kan vi ikke med vores nuværende viden entydigt vurdere risikoen for kontaminering af kornpartier med DON eller NIV, hvor *F. culmorum* er til stede.



Figur 1. Sygdomsindeks og deoxynivalenol (DON) koncentration i bygplanter inokuleret med 15 isolater af *F. culmorum*. I alle tilfælde undtagen ét var DON koncentrationen over kvantificeringsgrænsen. Disease index and deoxynivalonol (DON) concentration in barley seedlings inoculated with 15 isolates of *F. culmorum*. In all cases except one, the DON concentration was above the quantification limit.

Forekomst og vækst af svampe øges under fugtige vækstbetingelser. Dette afspejler sig i, at større partier af korn er inficieret med blandt andet *Fusarium* svampe efter vækstsæsoner med ustadigt vejr og meget nedbør. Desuden kan høst af korn med vandprocenter over 14-15% give problemer med fortsat udvikling af svampe under kornets lagring. Dette betyder, at hvis ikke kornet nedtørres umiddelbart efter høst, vil der kunne ske yderligere udvikling af *Fusarium* og andre mykotoksinproducerende svampe.

Nogle af de spørgsmål, det er væsentligt at få afklaret i fremtiden, handler blandt andet om, hvorvidt *Fusarium* angreb på aks er relateret til forekomsten af svampene i jorden, eller om risikoen for denne type fusariose i højere grad beror på inficeret udsæd. Et andet spørgsmål vedrører de NIV/F-Xproducerede isolater. Da NIV er langt mere toksisk end DON har det også stor interesse at få undersøgt udbredelsen af disse NIV/F-X isolater og deres evne som patogener sammenlignet med DON kemotypen. Dette vil have betydning for forudsigelsen af giftigheden af inficerede kornpartier.

Sammendrag

Forståelse af de mykotoksinproducerende svampes økologi er en nødvendig forudsætning for at kunne forebygge tilstedeværelsen af mykotoksiner i fødevarer og dyrefoder. Svampeslægten *Fusarium* rummer flere vigtige mykotoksinproducerende arter, blandt andet *F. culmorum*. Artiklen beskriver delresultater fra en undersøgelse af 105 isolater af *F. culmorum*, som stammer fra forskellige europæiske hvedemarker. Der er analyseret for isolaternes evne til at danne en række trichothecener. Langt de fleste isolater er toxigene - hovedparten danner deoxynivalenol (DON) og 3-acetyldeoxynivalenol (3-DON), men syv isolater danner nivalenol (NIV) og/eller fusarenon X (F-X) og tilhører formentlig en distinkt kemotype.

I et patogenitetsassay viste det sig, at alle 70 afprøvede isolater gav spiringsfusariose på byg. For 15 af disse isolater - med forskellig aggressivitet - blev planterne analyseret kvantitativt for DON. For de 12 DON-producerende isolater var der korrelation mellem sygdomsindex og DON koncentrationen i planterne. For to af de tre afvigere var der næsten ingen DON produceret i planterne. I den generelle trichothecen-analyse var disse isolater også negative for DON, hvorimod et var af NIV/F-X typen.

Sammenholdt med andre resultater, bl.a. fra Tyskland, peger vores arbejde på, at der eksisterer to distinkte kemotyper inden for *F. culmorum,* og at deres økologi er forskellig.

Litteratur

Desjardins A.E. & Hohn T.M. 1997. Mycotoxins in plant pathogenesis. Molecular Plant-Microbe Interactions, 10, 147-152.

Eriksen G.S. & Alexander J. (editors). 1998. Fusarium toxins in cereals - a risk assessment. Copenhagen. Nordic Council of Ministers, 502. TemaNord.

Gang G., Miedaner T., Schuhmacher U., Schollenberger M. & Geiger H.H. 1998. Deoxynivalenol and nivalenol production by Fusarium culmorum isolates differing in aggressiveness toward winter rye. Phytopathology, 88, 879-884.

Hestbjerg H. 1999. Mycometabolites in the ecology of *Fusarium* – exemplified by characterisation of *F. culmorum* and *F. equiseti*. Ph.d. thesis. University of Copenhagen.

Hestbjerg H., Elmholt S., Thrane U. & Jensen U.B. 1999. A resource-saving method for isolation of Fusarium and other fungi from individual soil particles. Mycological Research, 103, 1545-1548.

Nielsen K.F., Hansen M.Ø., Larsen T.O. & Thrane U. 1998. Production of trichothecene mycotoxins on water damaged gypsum boards in Danish buildings. International Biodeterioration & Biodegradation, 42, 1-7.

Parry D.W., Jenkinson P. & McLeod L. 1995. *Fusarium* ear blight (scab) in small grain cereals-a review. Plant Pathology, 44, 207-238.

Pettitt T.R., Parry D.W. & Polley R.W. 1996. Effect of temperature on the incidence of nodal foot rot symptoms in winter wheat crops in England and Wales caused by *Fusarium culmorum* and *Microdochium nivale*. Agricultural and Forest Meteorology, 79, 233-242.

Proctor R.H., Hohn T.M., & McCormick S.P. 1995. Reduced virulence of *Gibberella zeae* caused by disruption of a trichothecene toxin biosynthetic gene. Molecular Plant-Microbe Interactions, 8, 593-601.

Smith J.E., Lewis C.W., Anderson J.G. & Solomons G.L. 1994. Mycotoxins in human nutrition and health. Directorate-General XII, Science, Research and Development, European Commission.

Fusarium i maltbyg

Fusarium in malting barley

Laboratorieleder Jørgen Larsen
Carlsberg Forsøgslaboratorium
Gamle Carlsberg Vej 10
DK-2500 Valby

Summary

It is well established that infection of barley or malt by fungi, and in particular by strains belonging to the genus *Fusarium*, may elicit gushing beer.

Some years, malting barley harvested in Finland, Sweden, Denmark and Scotland has a very heavy infection by *Fusarium*, and thus not all of them will be accepted by the brewing industry. In the later years, strong infections have also been reported from North America and Central Europe. In Europe, *Fusarium* infection is responsible for gushing beer, but in North America it is the forming of mycotoxins, which discriminate the barley for use in the brewing industry.

New and very quick determination methods for the *Fusarium* infections have been established, which are based on the antigen – antibodies systems.

Indledning

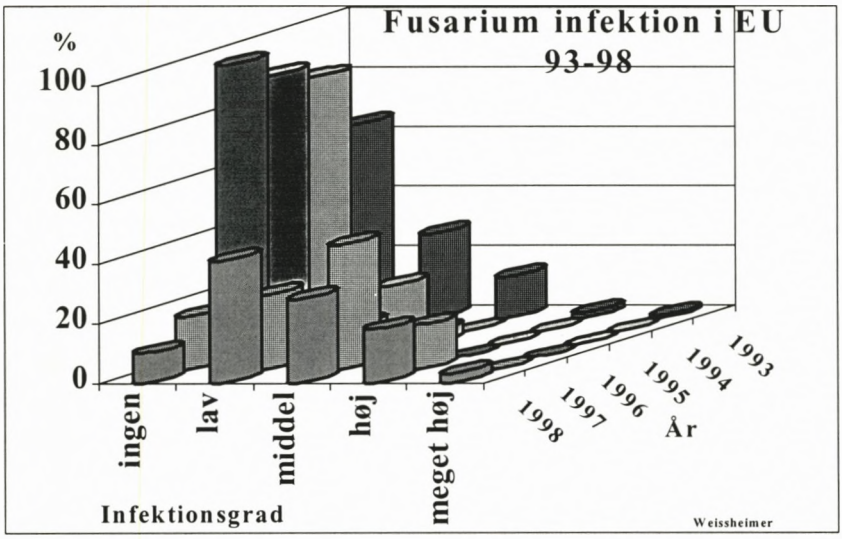
Skimmelsvampe infektioner, især med arten *Fusarium*, er en meget skadelig og uønsket kontaminering af råvarer til malteri- og bryggeriindustrien. En infektionen af kernerne vil altid forekomme i marken, men graden af infektionen og dermed en potentiel risiko for at maltbyggen ikke kan accepteres til bryggeriindustrien afhænger af nedbør og temperatur i perioden fra blomstring til høst. En kold og våd sommer vil næsten altid resultere i kraftige infektioner, som ikke kan stoppes eller imødegås selv med en optimal nedtørring og opbevaring af byggen. *Fusarium* infektion i maltbyg har altid været et tilbagevendende problem i Finland, Sverige Danmark og Skotland, men de seneste 10 år er meget maltbyg blevet kasseret i Nord Amerika og i Central Europa. Den stigende infektion her hænger sammen med et sædskifte med meget majs dyrkning og minimal jordbearbejdning.

I figur 1 er vist den fundne variation af infektionsgrad i Europa i årene 1993-98. Men infektionsgraden er meget lokalt afhængig, så selv inden for Danmarks grænser ser vi store forskelle fra egn til egn.

Problemet

Fusarium inficeret maltbyg kan direkte være årsag til det fænomen, der betegnes som **overskumning af øl**, hvilket betyder, at øllet kommer ovenud af flasken når den åbnes. Risikoen for overskumning i ølproduktioner er den primære årsag til, at europæisk maltbyg

analyseres for infektioner inden anvendelse til maltning, men der er også en potentiel risiko for, at byggen kan indeholde de meget giftige mykotoksiner, som svampen kan producere, og som derfor kan ende i øllet. I Europa har toxinerne endnu ikke været et problem i maltbyg.



Figur 1. *Fusarium* infektionsgrad i repræsentative maltbyg partier i Europa 1993 – 1998. Analyseret med EPS-test kit (Weissheimer). *Fusarium* infection in representative malting barley lots in Europe 1993 – 1998. Analysed with EPS-test kit (Weissheimer).

Hvilket måske hænger sammen med de fremherskende *Fusarium* arter men nok mere skyldes det tempererede klima vi har. I USA er det især dannelsen af toxiner, der er årsag til afvisning af mange maltbyg partier.

Overskumning kan også forårsages af andre svampeinfektioner end *Fusarium* f.eks. af lagersvampene *Aspergillus* og *Penicillium*, men så vil byggens spireevne være så påvirket, at der kasseres på grund af lav spireenergi. *Fusarium* infektion har ikke en vital nedsætning af spireevnen, så derfor må vi specifikt analysere kerner for mængden af *Fusarium* svamp eller stofskifteprodukter fra svampen for at undgå overskumningsproblemer.

Den direkte årsag til overskumningen er stadig ukendt, så der kan ikke analyseres specifikt for det "stof", der sætter reaktionen i gang.

Fusarium infektionsanalyser på maltbyg

For få år siden blev alle kontroltest lavet som **pladetest** på selektivt medie for *Fusarium* **Czapek-Doc-agar.** Metoden er sikker til bestemmelse af antal inficerede kerner men giver ikke et kvantitativt mål for den samlede mængde *Fusarium* svamp, der er i partiet, hvilket er den afgørende faktor for at vurdere partiets anvendelighed. Desuden er metoden langsom, da inkubationstiden er ca. 12 dage.

Industriens ønske for både en hurtig og sikker bestemmelsesmetode har nu resulteret i to tilgængelige immunologiske test, som giver oplysning om infektionsmængden i et parti, og er hurtige.

"Carlsberg testen" er baseret på en specifik immunologisk test til dediktion af *Fusarium* på byg ved hjælp af antibodies til Fusarium antigener, som bliver produceret, når svampen vokser. På få timer kan metoden kvantificere selv meget små mængder af *Fusarium* antigener. I forhold til vitaliteten af svampen over tid i lagre, er antigenerne meget stabile og giver derfor et godt billede af et byg parties fortid og egnethed til maltproduktion, uden fare for overskumning i den efterfølgende ølproduktion. Udfra års erfaring med *Fusarium* infektion i maltbyg, kan vi nu ret sikkert sætte en grænse for den kvantitative mængde *Fusarium* antigen, der kan tillades, uden vi senere får ølproblemer. (se også *www.crc.dk/flab/fusarium.htm*).

"LATEX AGGLUTINATION TEST, (EPS-TEST)"

Testen er udviklet af det store tyske malteri Weissheimer, men sælges nu igennem firmaet BioGenes, (se *www.biogenes.de*). Metoden er baseret på antibodies fra 6 forskellige sera, som dækker de gængse *Fusarium* stammer og tildels *Aspergillus* og *Penicillum*. Dette test-kit anvendes udbredt i den tyske maltbyg industri men vil nok blive den almindelig anvendte kontrolanalysemetode.

Litteratur

Vaag P. 1991. Immunological detection of *Fusarium* in barley and malt. Proceedings of the 23th European Brewing Convention, Lisbon 1991, 553 – 560.

Web-side, www.weissheimer.de/TECHNO/doc/epskom.htm

Forekomst og grænseværdier for *Fusarium* toksiner i korn

Occurrence and maximum limits for *Fusarium* toxins in grain

Kevin Jørgensen
Afdelingen for Kemiske Forureninger
Institut for Fødevareundersøgelser og Ernæring
Fødevaredirektoratet
DK-2860 Søborg

Summary

Fusarium fungi are important toxin-producing fungi in relation to Danish cereals. Data and knowledge concerning occurrence in food, toxicology and intake through food are limited. Danish maximum limits for content of *Fusarium* toxins in cereals do not exist at the moment.

Indledning

Skimmelsvampe fra slægten *Fusarium* er sandsynligvis de vigtigste toksinproducerende skimmelsvampe i korn i de nordlige tempererede områder i Europa. Arter af *Fusarium* kan danne en lang række toksiner, heriblandt stofgruppen trichothecener, indeholdende blandt andet stofferne deoxynivalenol, nivalenol, T-2 toksin og HT2 toksin. Derudover er det østrogene stof zearalenon og fumonisinerne de *Fusarium* toksiner, der er mest opmærksomhed omkring. Trichothecenerne og zearalenon kan dannes i Danmark i kornprodukter, mens fumonisiner dannes i specielt majs i områder med varmere klima.

Nedenfor gennemgås meget kort baggrund og status for *Fusarium* toksinerne i relation til fødevarelovgivningen. En mere udførlig gennemgang findes i publikationen "*Fusarium* toxins in cereals – a risk assessment" (Eriksen & Alexander, 1998).

Forekomst

Der findes kun meget begrænsede undersøgelser af forekomsten af *Fusarium* toksiner i danske kornprodukter (Levnedsmiddelstyrelsen, 1994). Der findes forholdsvis gode data for forekomst i andre lande, blandt andet fra de nordiske lande og Nordamerika (Eriksen & Alexander, 1998).

Fødevaredirektoratet vil foretage en kortlægning af forekomsten af trochothecener og zearalenon i danske kornprodukter i de kommende år.

Toksikologi og indtag

Den toksikologiske viden om *Fusarium* toksinerne er mangelfuld. Der findes en del dyretoksikologiske undersøgelser, men kvaliteten er generelt ringe og der er få gode langtidsstudier. Der findes meget få humantoksikologiske data, og de som findes er ofte anekdotiske.

Den nordiske gruppe for næringsmiddeltoksikologi og risikovurdering (NNT) har evalueret de tilgængelige toksikologiske data og foreslået midlertidige tolerable indtag (tTDI) for en del af toksinerne (Eriksen & Alexander,1998). Desuden har gruppen estimeret det daglige indtag af nogle af toksinerne på baggrund af beregninger med kombination af data for forekomst af toksinerne i fødevarer og kostdata for konsum af fødevarer. Kornprodukter er hovedkilden til indtaget.

Sammenligning af de foreslåede midlertidige tolerable indtag (tTDI) med de estimerede gennemsnitlige indtag viser, at indtaget af nogle af toksinerne er i nærheden af tTDI.

Grænseværdier

Der findes endnu ingen danske grænseværdier for maksimalt tilladte indhold af *Fusarium* toksiner i kornprodukter. Kun få lande har officielle reguleringer for nogle af toksinerne (Eriksen & Alexander,1998). Der er både i EU og FAO/WHO (Codex Alimentarius) påbegyndt arbejde med henblik på harmonisering. Danmark følger og deltager i det internationale arbejde vedrørende reguleringen af *Fusarium* toksiner. Den videnskabelige komité for levnedsmidler i EU er netop kommet med den første vurdering af et *Fusarium* toksin (Europa Kommissionen). Denne vurdering er primært bygget på den nordiske rapport (Eriksen G.S. & Alexander J.) og en ny hollandsk rapport (Pieters, Fiolet & Baars, 1999).

Det kan forventes, at det vil tage nogle år før harmoniserede grænseværdier vil blive gennemført, blandt andet som nævnt, fordi viden om forekomst og toksikologi er mangelfuld. Det er muligt at flere lande vil indføre nationale grænseværdier i de kommende år, blandt andet fordi det internationale arbejde går langsomt.

Sammendrag

Fusarium er vigtige toksinproducerende skimmelsvampe i relation til danske kornprodukter. Data og viden om forekomsten af toksinerne i fødevarer, deres toksikologi og indtaget via fødevarer er mangelfuld. Der findes endnu ingen danske grænseværdier for maksimalt tilladte indhold af *Fusarium* toksiner i kornprodukter.

Litteratur

Eriksen G.S. & Alexander J. (eds.). 1998. *Fusarium* toxins in cereals - a risk assessment. Nordic Council of Ministers, TemaNord: 502.

Europa Kommissionen – Scientific Committee for Food. 1999. Opinon on *Fusarium* toxins. Part 1: Deoxynivalenol. Expressed on 2 December 1999.

Levnedsmiddelstyrelsen. 1994. Mykotoksiner i danske levnedsmidler.

Pieters M.N., Fiolet D.C.M. & Baars A.J. 1999. Deoxynivalenol. Derivation of concentration limits in wheat and wheat containing products. RIVM report 388802018, Rijks Instituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven, The Netherlands.

Bekæmpelse af spiringsfusariose i korn

Control of seedling blight in cereals

Bent J. Nielsen
Danmarks JordbrugsForskning
Afdeling for Plantebeskyttelse
DK-4200 Slagelse

Summary

A number of *Fusarium* species can attack germinating seedlings and cause brown lesions at the base of the coleoptile or on the roots. Poor plant establishment and great yield loss due to seed borne infections of Fusarium spp. are, however, not so common in Denmark. Recommended value for seed treatments is 15% infection with *Fusarium* spp. in winter cereals, but 30% infection in spring barley. Although there is a basis for treatment after need, most of the Danish seeds will be treated on a routine basis. In winter cereals probably with bitertanol + fuberidazol (28 + 1,8 g/100 kg) or difenoconazol (3,8 g/100 kg) and in barley for the most part with imazalil (5 g/100 kg).

Field trials in wheat and triticale with seed lots infected with different level of *Fusarium* spp. showed good control with most of the tested products. There was only a minor increase in plant emergence in the field after seed treatment of seed lots with infection levels around the threshold value 15%, whereas at more severe attacks there were an increase in plant numbers on 40-80%. There is a great need for more research in the complex of seedling blight diseases and a need for precision of the threshold values.

Indledning

En række *fusarium* arter kan forårsage forsinket fremspiring af korn, reduceret plantetal eller svækkede planter med efterfølgende udbyttetab til følge. Det er dog sjældent, at det under danske forhold har givet årsag til større udbyttetab. Problemet er værst i vintersæd efter en våd sommer, men sygdomskomplekset er kun ufuldstændigt belyst.

Flere arter indgår i sygdomskomplekset, hvoraf de mest almindelige er:

Fusarium culmorum
Fusarium avenaceum
Fusarium graminearum
Microdochium nivale (Fusarium nivale)

I år med megen nedbør, især ved kornets skridnings- og blomstringsfase, er der optimale forhold for infektion på kernerne af forskellige svampe herunder også forskellige *Fusarium* arter. Der er en sammenhæng mellem den samlede nedbørsmængde i juni, juli og august og procent kerner med *Fusarium spp.* (og *Septoria nodorum*) i hvede (Jørgensen, 1992). Svampene trænger ind i frøkappen (mesocarp) og er ikke kun en overfladisk infektion,

hvilket har betydning for muligheder for bekæmpelse af svampen. Da Fusariumarterne også forekommer hyppigt i jorden, kan angreb herfra ikke udelukkes, men spiringsfusariose vil overvejende skyldes frøbåren infektion. Forskellige forhold, der forsinker planternes fremspiring som f.eks. dyb såning, ubekvemt såbed eller sen såning om efteråret, favoriserer angreb på den spirende plante. Sunde planter påvirkes ikke så meget af disse forhold, og spiringsfusariose er typisk en skade på planter, der på en eller anden måde er hæmmet i vækst. Jordtemperaturen ved fremspiring spiller en stor rolle, og samme inficerede kornparti kan skades mere af *Microdochium nivale* i kold jord end i varm jord. Det er ikke muligt ud fra symptomerne at skelne mellem *Fusarium* arterne, og kun en isolation af svampene kan afgøre, hvilke patogener der forekommer.

Symptomerne kan variere fra svag spiring af planterne til stærkt reduceret eller ingen fremspiring. På de opgravede planter er spiren svag eller forkrøblet med misfarvede rødder og koleoptiler. Rødderne og undertiden nederste del af strået kan skades permanent og give anledning til svage planter. Angrebne planter kan senere få brunlige misfarvninger samt råddannelse på stængelbasis og nedre bladskeder (*Fusarium*-fodsyge). Ved angreb af *Microdochium nivale* (sneskimmel) kan der ved vedvarende snelag udvikle sig egentlig sneskimmel. Både ved *Fusarium*-fodsyge og sneskimmel kan infektionerne komme fra jorden, og selv planter fra et rent frøparti kan blive angrebet.

Fra de angrebne planter kan svampen spredes i vækstsæsonen til blade og aks, men bidraget til aksfusariose af frøbåren *Fusarium* er meget beskedent i forhold til smitte fra jord og planterester.

Skadetærskler for spireskadende svampe

Bejdsebehovet kan bestemmes ved at lade en analyse udføre for spireskadende svampe. I tabel 1 er angivet vejledende grænser for, hvornår bejdsning tilrådes. Disse grænser er fastsat ud fra forsøg og erfaringer, og er skønnede værdier for, hvornår det er rentabelt at bekæmpe spireskadende svampe. På kernerne kan der foruden *Fusarium spp.* også forekomme *Cochliobolus sativus,* og ved svampeanalysen kan der ikke skelnes mellem disse arter.

Meget af den forsøgsmæssige baggrund for skadetærskler vedrørende spiringsfusariose stammer fra forsøg i de landøkonomiske foreninger i perioden 1967-70, hvor der indgik sædekorn med forskellig niveau af spireskadende svampe (Lindegaard og Christensen, 1971; Jørgensen, 1982).

Grænseværdierne har været diskuteret en del, og på baggrund af erfaringer med forekomst af spireskadende svampe i vårbyg blev grænsen i vårbyg ændret fra 15% til 30%. Først ved mere end 15% angreb kunne der i forsøgene 1967-70 måles udbyttefremgang i vårbyg, og ved 30% var udbyttefremgangen kun ca. 0,5 hkg/ha. Kun i 2 ud af 23 år (1965-87) forekom der infektioner af fusariose over 30% i Plantedirektoratets analyser af vårbyg (Jørgensen, 1988). I hvede var det kun i 4 ud af 10 år (1981-91), at den gennemsnitlige grænseværdi på 15% blev overskredet (Jørgensen, 1992).

I oversigten over spireskadende svampe er også medtaget frøbåren *Septoria nodorum* (brunplet). Også denne svamp favoriseres af fugtige vejrforhold, og angreb på kernerne kan medføre skade på spireevnen. Ved vurdering af bejdsebehov bør især denne svamp tillægges

betydning (Jørgensen, 1992). På grund af det våde vejr og problemer med fremskaffelse af såsæd til den økologiske planteavl, er grænseværdien (kassationsgrænsen i økologisk planteavl) midlertidigt ændret fra 5% til 15% i hvede og triticale.

Det er sjældent, at vi under danske forhold har registreret store udbyttetab, som følge af spireskadende svampe. Det forventede tab som følge af kraftigere angreb af spireskadende svampe fremgår af tabel 1, og det vurderes, at omfanget ligger i størrelsesordenen 10% tab. Vurderingen er dog behæftet med meget stor usikkerhed og bygger på den forudsætning, at dansk såsæd normalt er af god kvalitet med høj spireevne, samt at såmængde, såbed med videre er optimale. Det er et væsentligt problem, at det forsøgsmæssige grundlag er så spinkelt. Der er et stort behov for undersøgelser, der mere præcist kan fastlægge sammenhængen mellem svampeforekomst på frø, efterfølgende spirenedgang samt omfang af udbyttereduktion.

Tabel 1. Frøbårne svampesygdomme i hvede, byg, rug, triticale og havre, vejledende grænser for bejdsebehov og forventede tab ved kraftige angreb. Seed borne diseases in cereals, recommended threshold values for seed treatment and estimation of yield loss due to severe attacks.

Afgrøde Crop	**Sygdom/** Disease	**Bejdsebehov/** Need for seed treatment	**Forventet tab ved kraftige angreb/** Expected yield loss at severe attacks
Vinter- og vårhvede (wheat)	Spireskadende svampe (*Fusarium spp.*)	Over 15% angrebne kerner	I størrelsesordenen 5%
	Hvedebrunplet (*Septoria nodorum)*	Over 5% angrebne kerner	I størrelsesordenen 5-10%
Triticale		15%, midlertidig	
Vinter- og Vårbyg (Barley)	Spireskadende svampe *(Fusarium, Cochliobolus)*	Vinterbyg (*Winter*): Over 15% kerner Vårbyg (*Spring*): Over 30% kerner	I størrelsesordenen 3-5%, højest i vinterbyg
Rug (Rye)	Spireskadende svampe (*Fusarium spp.*)	Over 15% angrebne kerner	I størrelsesordenen 5%
Havre (Oat)	Spireskadende svampe (*Fusarium spp.*)	Over 15% angrebne kerner	Under 5%

Anerkendte bejdsemidler til bekæmpelse af spireskadende svampe

Ved Danmarks JordbrugsForskning udføres forsøg med nye bejdsemidler med henblik på tildeling af anerkendelse. Der er ikke noget eksakt niveau for, hvornår et middel kan anerkendes tilsvarende som f.eks. med stribesyge eller stinkbrand. Produkterne skal sikre en god fremspiring også i partier, som er kraftigt angrebet af spireskadende svampe. Det er

desuden vigtigt, at bejdsemidlerne ikke i sig selv har spireskadende egenskaber. For blandt andet at undersøge potentialet for dette afprøves midlerne også i dobbelt dosering (Nielsen, 1999).

Tabel 2. Bejdsemidler anerkendt af DJF til bekæmpelse af spiringsfusariose (*Fusarium spp.*) i rug og hvede. Seed treatments approved by DJF for control of Fusarium seedling blight (*Fusarium spp.*) in rye and wheat.

Produkt Product	**Dosering pr. 100 kg/**	**Godkendt til brug**	**Virksomt stof**	**g pr. l**
Sibutol LS 280	100	G	bitertanol + fuberidazol	280 + 18
Dividend 37,5 LS	150	G	difenoconazol	37,5
Dividend FS 030	200	-	difenoconazol	30
Celeste 025 FS	200	G	fludioxonil	25
Beret 050 FS	200	G	fenpiclonil	50
Beret Combi	200	G	fenpiclonil + difenoconazol	50 + 50
Premis delta	200	-	triticonazol + iprodion	12,5 + 125

Kun midler mærket med G er for nærværende godkendt af Miljøstyrelsen til anvendelse i rug og hvede. Only products marked with "G" are registrated for use in Denmark.

I triticale er der for nærværende kun godkendt Sibutol LS 280 til anvendelse. Der er endnu ingen produkter anerkendt af DJF i denne afgrøde.

Tabel 3. Bejdsemidler anerkendt af DJF til bekæmpelse af fusariose (*Fusarium spp.*) i byg. Seed treatments approved by DJF for control of Fusarium seedling blight (*Fusarium spp.*) in barley.

Produkt	**Dosering pr. 100 kg**	**Godkendt til brug**	**Virksomt stof**	**g pr. l**
Fungazil A	100	G	imazalil	50
Fungazil bejdse	100	G	imazalil	50
Fungazil E	100	G	imazalil	50
Fungazil MLF.	100	G	imazalil	50
Fungazil C	200	G	carboxin + imazalil	400 + 25
Premis delta	400	-	triticonazol + iprodion	12,5 + 125
Raxil IM 035 FS	300	G	tebuconazol + imazalil	15 + 20
Dividend 37,5 LS	200	G Vårbyg	difenoconazol	37,5

Kun midler mærket med G er for nærværende godkendt af Miljøstyrelsen til anvendelse i byg. Hvor andet ikke er angivet gælder "byg" både vinter- og vårbyg. Only products marked with "G" are registrated for use in Denmark. "Vårbyg": only spring barley.

Forsøg ved DJF med bejdsning mod spiringsfusariose

I anerkendelsesforsøgene ved DJF udføres undersøgelser af midlernes virkning over for de almindeligt forekommende frøbårne sygdomme herunder også spiringsfusariose. I det følgende bringes udvalgte resultater af disse undersøgelser i hvede og triticale.

Materialer og metoder

Kornpartierne analyseres for forekomst af spireskadende svampe ved anvendelse af filterpapirmetode: 50 kerner anbringes på fugtigt filtrerpapir i mørke ved 10°C, 4 gentagelser. Efter 5 dage og 14 dage opgøres planter med brune rødder (misfarvning inden for 2 cm fra kernen) og koleoptiler. Metoden er et udtryk for det samlede antal spireskadende svampe, hovedsageligt *Fusarium* spp., men *Cochliobolus sativus* kan også indgå.

Kernerne sås i marken i rækkeforsøg med rækker á 9 m og 200 planter. 4 gentagelser og tilfældig parcelfordeling. Efter fremspiring ved planternes 1-2 bladstadie tælles antal fremspirede planter.

Forekomst af *Fusarium* på rødder og koleoptiler af de fremspirede planter gøres op umiddelbart efter ved udtagning af 25 planter pr. parcel og inddeling af planterne efter omfang af misfarvede rødder/koleoptiler, som angivet under tabel 4.

Tabel 4. Bejdsning mod spireskadende svampe (*Fusarium spp.*, *Septoria nodorum*) i hvede. 6 forsøg 1999-2000. Seed treatment against *Fusarium spp.*, *Septoria nodorum* in

		Forholdstal for fremspiring Relative emergence **Ubehandlet = 100** Untreated = 100							
Produkt Product	**Dosis** Dose	99505-1	99505-2	99505-3	**Gns.** Mean 1999	00504-1	00504-2	00504-3	**Gns.** Mean 2000
Ubehandlet Untreated		**100 j**	**100 a**	**100 efg**	**100 ijk**	**100 d**	**100 e**	**100 a**	**100 h**
Planter pr. m række Plants per m row		*4,9*	*6,0*	*8,3*	*6,4*	*10,7*	*10,7*	*13,3*	*11,6*
Panoctine 30	100 ML/100 KG	165 c-i	94 a	106 c-g	117 ef	-	-	-	-
Panoctine 30	150 ML/100 KG	196 b-f	89 a	118 c-f	129 d	-	-	-	-
Panoctine 30	200 ML/100 KG	222 abc	82 a	113 c-g	131 d	-	-	-	-
Panoctine 30	400 ML/100 KG	214 a-d	113 a	121 bcd	142 c	-	-	-	-
Sibutol LS 280	50 ML/100 KG	154 d-j	79 a	111 c-g	112 fgh	140 ab	127 ab	97 a	119 b
Sibutol LS 280	75 ML/100 KG	197 b-f	87 a	121 bcd	130 d	142 ab	120 abc	101 a	119 b
Sibutol LS 280	100 ML/100 KG	183 c-h	88 a	115 c-g	124 de	143 a	125 ab	104 a	122 a
Sibutol LS 280	200 ML/100 KG	191 b-g	87 a	120 cde	128 d	144 a	134 a	98 a	123 a
Dividend 37,5 LS	75 ML/100 KG	147 e-j	79 a	98 fg	105 hij	-	-	-	-
Dividend 37,5 LS	113 ML/100 KG	138 f-j	74 a	95 g	99 jk	-	-	-	-
Dividend 37,5 LS	150 ML/100 KG	152 d-j	72 a	95 g	102 ijk	-	-	-	-
Dividend 37,5 LS	300 ML/100 KG	153 d-j	54 a	101 d-g	100 jk	-	-	-	-
Dividend FS 030	100 ML/100 KG	132 g-j	85 a	123 bc	113 efg	123 c	115 bcd	93 a	109 f
Dividend FS 030	150 ML/100 KG	124 hij	76 a	97 g	98 jk	132 abc	118 bc	95 a	113 de
Dividend FS 030	200 ML/100 KG	146 e-j	74 a	111 c-g	108 ghi	133 abc	121 abc	99 a	116 c
Dividend FS 030	400 ML/100 KG	130 g-j	81 a	100 efg	102 ijk	139 abc	115 bcd	90 a	113 e
DLG Manebbejdse	100 ML/100 KG	208 a-e	90 a	151 a	146 c	-	-	-	-
DLG Manebbejdse	150 ML/100 KG	248 ab	120 a	147 a	164 b	-	-	-	-
DLG Manebbejdse	200 ML/100 KG	262 a	101 a	153 a	164 b	-	-	-	-
DLG Manebbejdse	400 ML/100 KG	271 a	139 a	140 ab	173 a	-	-	-	-
Premis 25 FS	100 ML/100 KG	-	-	-	-	127 abc	107 cde	100 a	111 f
Premis 25 FS	150 ML/100 KG	-	-	-	-	137 abc	113 b-e	97 a	114 d
Premis 25 FS	200 ML/100 KG	-	-	-	-	125 bc	101 de	98 a	108 g
Premis 25 FS	400 ML/100 KG	-	-	-	-	128 abc	108 cde	95 a	109 f
Antal forsøg No. of trials		1	1	1	3	1	1	1	3
Kerneanalyse: Seed analysis									
Fusarium ssp.		46%	12,5%	15,5%		46,5%	27%	6,5%	
Septoria nodorum		21,5%	7%	3,5%					
Sort Variety		Rialto	-	-		Kosack	Stratego	Terra	

Såmængde 22.2 kerner pr. m række. Sowing rate: 22,2 kernels per m row.

Resultater

I efteråret 1998 og igen i 1999 forekom en del hvedepartier med spireskadende svampe som følge af fugtige vejrforhold. Der blev etableret nogle bejdseforsøg i udvalgte partier og resultaterne fremgår af tabel 4. Ældre – og udgåede bejdsemidler, Panoctine 30 samt DLG manebbejdse er medtaget i 1999 for at sammenligne med virkning af nye midler. Det er tidligere fundet, at guazatine (Panoctine 30) samt maneb (DLG Manebbejdse) har god virkning mod *Fusariose*. I planen indgår Dividend FS 030, der er en ny formulering af Dividend 37,5 LS, jævnfør tabel 2. Premis 25 FS er kun medtaget i denne plan for at vurdere virkningen over for *fusariose*.

I partier med høj forekomst af spireskadende svampe giver bejdsning en betydelig fremgang i spiretallet. Af de markedsførte midler har Sibutol LS 280 (100 ml/100 kg) en god virkning med en spirefremgang på omkring 40-80% i partier med kraftige angreb. Ved infektion omkring grænseværdien (15%) er der i gennemsnit ingen spirefremgang. Det samme gør sig gældende for Dividend-produkterne om end niveauet er lidt lavere. Premis 25 FS (ren triticonazol) har en lidt lavere virkning, mens maneb og guazatine (Panoctine 30), som forventet, klarer sig godt. Talmaterialet skal dog vurderes med det forbehold, at der forekommer *Septoria nodorum* i nogle partier.

Tabel 5. Bejdsning mod spireskadende svampe (*Fusarium spp.*; *Septoria nodorum*) i hvede. 8 forsøg 1999-2000. Seed treatment against *Fusarium spp.* and *Septoria nodorum* in wheat. 8 trials 1999-2000.

		Forholdstal for fremspiring Relative emergence **Ubehandlet = 100** Untreated =100							
Produkt Product	**Dosis** Dose	99506-1	99506-2	99506-3	99506-4	99506-5	00505-1	00505-2	00505-3
Ubehandlet Untreated		**100 a**	**100 a**	**100 a**	**100 a**	**100 a**	**100 f**	**100 c**	**100 a**
Planter pr. m række Plants per m row		*3,4*	*11,1*	*11,9*	*5,6*	*8,4*	*5,6*	*6,2*	*7,9*
Panoctine 30	200 ML/100 KG	211 a	129 a	102 a	104 a	120 a	156 a	122 ab	99 a
Sibutol LS 280	100 ML/100 KG	176 a	120 a	107 a	107 a	127 a	154 ab	120 ab	95 a
Dividend 37,5 LS	150 ML/100 KG	165 a	120 a	95 a	99 a	108 a	140 cde	120 ab	98 a
Dividend FS 030	200 ML/100 KG	159 a	120 a	109 a	95 a	120 a	136 de	115 b	98 a
DLG Manebbejdse	200 G/100 KG	229 a	126 a	115 a	104 a	122 a	150 abc	127 ab	101 a
Celeste 025 FS	200 ML/100 KG	219 a	129 a	106 a	89 a	121 a	143 bcd	123 ab	99 a
Premis delta	400 ML/100 KG	149 a	123 a	90 a	84 a	115 a	143 bcd	131 a	94 a
Premis geta	300 ML/100 KG	191 a	129 a	113 a	93 a	111 a	143 bcd	132 a	97 a
Premis 25 FS	200 ML/100 KG	130 a	114 a	86 a	85 a	109 a	129 e	101 c	83 a
Vitavax 200 F	250 ML/100 KG	172 a	126 a	108 a	79 a	116 a	146 a-d	127 ab	93 a
Antal forsøg No. of trials		1	1	1	1	1	1	1	1
Kerneanalyse: Seed analysis									
Fusarium ssp.		46%	11%	12,5%	15,5%	11%	46,5% (21,5%)[1)]	27% (8,5%)[1)]	6,5% (2%)[1)]
Septoria nodorum		21,5%	19,5%	5%	2%	2,5%			
Sort Variety		Rialto	-	-	-	-	Kosack	Stratego	Terra

[1)] **% Kerne med angreb på koleoptile**

[1)] % Kernels with attack on coleoptile

I tabel 5 er til orientering medtaget alle nye og gamle bejdsemidler for at afprøve potentialet over for spireskadende svampe. Sibutol LS 280 og Dividend 37,5 LS har også i denne forsøgsserie en god virkning og øger fremspiringen med 40-76% ved kraftige angreb. Også i disse forsøg bemærkes det, at der kun er beskeden effekt efter bejdsning af partier med angreb omkring grænseværdien.

Der er udført 4 forsøg i triticale og billedet er stort set som i hvede (tabel 7).

Tabel 6. Index for *Fusarium spp.* på rødder og koleoptiler af hvede. 3 forsøg 1999. Index for *Fusarium* on roots and koleoptile of wheat. 3 trials 1999.

Produkt Product	**Dosis** Dose	00505-1	00505-2	00505-3	**Gns.** Mean
Ubehandlet Untreated		**27,8 a**	**12,8 a**	**9,5 a**	**16,7 a**
Panoctine 30	200 ML/100 KG	1,7 c	2,0 c	3,5 c	2,4 gh
Sibutol LS 280	100 ML/100 KG	2,1 c	4,0 bc	5,5 abc	3,9 e
Dividend 37,5 LS	150 ML/100 KG	7,7 bc	6,0 bc	4,3 bc	6,0 d
Dividend FS 030	200 ML/100 KG	10,8 b	8,3 ab	8,3 ab	9,1 b
DLG Manebbejdse	200 G/100 KG	2,9 c	2,8 c	3,3 c	3,0 g
Celeste 025 FS	200 ML/100 KG	1,7 c	1,8 c	3,3 c	2,2 h
Premis delta	400 ML/100 KG	4,2 c	2,8 c	4,3 bc	3,7 ef
Premis geta	300 ML/100 KG	2,2 c	2,5 c	4,3 bc	3,0 g
Premis 25 FS	200 ML/100 KG	7,4 bc	11,8 a	5,8 abc	8,3 c
Vitavax 200 F	250 ML/100 KG	1,7 c	4,3 bc	3,3 c	3,1 fg
Antal forsøg No. of trials		1	1	1	3
Kerneanalyse Seed analysis					
Fusarium spp., rødder Roots		46,5%	27%	6,5%	
Koleoptiler Coleoptiles		21,5%	8,5%	2%	
Sort Variety		Kosack	Stratego	Terra	

$$\text{Index} = \frac{(a\times 0 + b\times 1 + c\times 2 + d\times 3 + e\times 4)\times 100}{4N}$$

a = Ingen symptomer
No symptoms

b = Svage angreb på koleoptile
Weak attack on coleoptiles

c =Mere angreb på koleoptile, noget på roden. Sunde planter i øvrigt
More attack on coleoptiles and some on roots. Healthy plants in general

d = Planter tydeligt hæmmet. Meget angreb på koleoptile og rødder
Plants diseased. Severe attack on coleoptiles and roots

e = Døde planter
Dead plants

N = Antal planter
No. of plants

Tabel 7. Bejdsning mod spireskadende svampe (*Fusarium spp.*) i triticale. 4 forsøg 1999-2000. Seed treatment against *Fusarium spp.* in triticale. 4 trials 1999-2000.

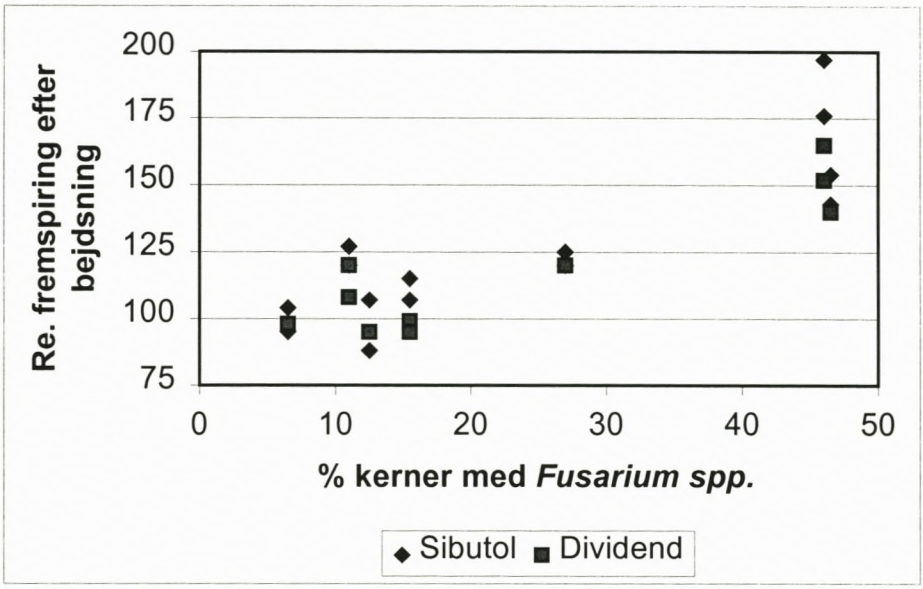
Produkt Product	**Dosis** Dose		**Forholdstal for fremspiring** Relative emergence **Ubehandlet = 100** Untreated = 100			
			99503-1	99503-2	00503-1	00503-2
Ubehandlet Untreated			**100 a**	**100 a**	**100 d**	**100 bc**
Planter pr. m række Plants per m. row			*3,5*	*17,5*	*11,1*	*10,8*
Sibutol LS 280	50	ML/100 KG	159 a	94 a	121 abc	119 ab
Sibutol LS 280	75	ML/100 KG	147 a	94 a	131 ab	134 a
Sibutol LS 280	100	ML/100 KG	172 a	95 a	109 cd	123 ab
Sibutol LS 280	200	ML/100 KG	147 a	95 a	132 ab	118 ab
Dividend 37,5 LS	75	ML/100 KG	116 a	95 a	-	-
Dividend 37,5 LS	113	ML/100 KG	121 a	101 a	-	-
Dividend 37,5 LS	150	ML/100 KG	135 a	100 a	-	-
Dividend 37,5 LS	300	ML/100 KG	137 a	91 a	-	-
Dividend FS 030	100	ML/100 KG	140 a	95 a	122 abc	109 ab
Dividend FS 030	150	ML/100 KG	146 a	101 a	118 bc	123 ab
Dividend FS 030	200	ML/100 KG	146 a	96 a	114 bcd	114 ab
Dividend FS 030	400	ML/100 KG	168 a	93 a	138 a	118 ab
Premis 25 FS	100	ML/100 KG	128 a	88 a	99 d	108 b
Premis 25 FS	150	ML/100 KG	138 a	92 a	97 d	114 ab
Premis 25 FS	200	ML/100 KG	121 a	86 a	107 cd	82 c
Premis 25 FS	400	ML/100 KG	131 a	86 a	101 d	106 bc
Antal forsøg No. of trials			1	1	1	1
Kerneanalyse; *Fusarium spp.* Analysis, F.spp.			35,5%	1,5%	47%	42%
Sort Variety			Modus	Prego	Modus	Prego

Såmængde 22.2 kerner pr. m. række. Sowing rate: 22.2 kernels per m row.

I figur 1 er vist sammenhængen mellem kerneinfektion af spireskadende svampe i vinterhvede og efterfølgende virkning på spiretallet efter bejdsning med to aktuelle midler, Sibutol LS 280 samt Dividend 37,5 LS i standarddoseringen (henholdsvis 100 ml/100 kg og 150 ml/100 kg). Talmaterialet er uddrag fra tabel 4 og 5, hvor ubehandlet er sat til 100. Figuren er et udtryk for, hvad der maksimalt kan opnås af spirefremgang med de nuværende bejdsemidler. I nogle

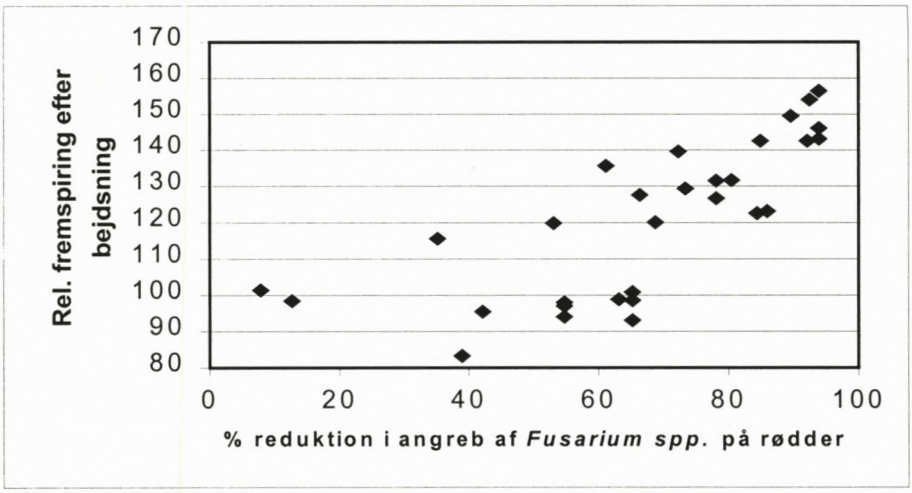
af partierne forekom også *Septoria nodorum* på kernerne, hvorfor relationen kun kan anvendes med forbehold.

Da planterne kan kompensere meget for reduktion i plantetal, må det forventes, at det kun er ved høje angrebsgrader af spireskadende svampe, der kan måles merudbytte ved bejdsning.



Figur 1. Sammenhæng i vinterhvede mellem kerneinfektion af *Fusarium* spp. og relativ fremspiring i mark (Ubehandlet = 100) efter bejdsning med Sibutol LS 280 (100 ml/100 kg) og Dividend 37,5 LS (150 ml/100 kg). I flere af hvedepartierne forekom vekslende angreb af *Septoria nodorum*. Relationship in winter wheat between seed infection with *Fusarium* spp. and relative emergence in the field (untreated = 100) after seed treatment with Sibutol LS 280 (100 ml/100 kg) and Dividend 37,5 LS (150 ml/100 kg). In several of the seed lots there were different levels of *Septoria nodorum*.

Der er efter fremspiring i 1999 udtaget planter i nogle af forsøgene, hvor rødder og koleoptiler er bedømt for forekomst af *Fusarium* (indeks beskrevet under tabel 6). Det fremgår af tabel 6, at der er overensstemmelse mellem kerneinfektion og efterfølgende misfarvning af rødder og koleoptiler (*Fusarium* indeks). Bejdsning har reduceret skadevirkningen betydeligt med bedst virkning i gennemsnit af forsøgene efter bejdsning med fludioxonil (Celeste 025 FS), guazatine (Panoctine 30) og maneb (DLG Manebbejdse). I figur 2 er vist sammenhængen mellem reduktion i misfarvede rødder (bedømt som indeks, jævnfør tabel 6) og fremgang i spiretallet. Der er en del variation i materialet, men ved en reduktion i *Fusarium* angreb (% bekæmpelse) på 80-95% er der en spirefremgang på 20-60%.



Figur 2. Sammenhæng mellem reduktion i angreb af *Fusarium* spp. (indeks) på rødder af hvede efter bejdsning med forskellige midler og fremgang i plantetal (relativt til ubehandlet). Talmateriale fra tabel 6. Relationship between reduction in attack of *Fusarium* spp. on roots and coleoptiles of winter wheat after seed treatment with different products and relative increase in plant emergence. Data from table 6.

Diskussion og konklusion

I mange år har der ikke været så stor opmærksomhed omkring spiringsfusariose, men på grund af de våde vejrforhold i 1998 og 1999 har mange kornpartier været inficeret med spireskadende svampe. Det må formodes, at de værst angrebne partier er kasseret som udsæd, og resten bejdset. De bejdsemidler, der er til rådighed, har en god effekt mod spireskadende svampe med en forøgelse af fremspirede planter på 40-80% ved kraftige angreb. I kraftigt inficerede partier kan selv et godt bejdsemiddel dog ikke bringe plantetallet op på normalt niveau, og sådanne partier bør kasseres som såsæd. Det er vanskeligt at opnå fuld bekæmpelse, muligvis fordi *Fusarium* arterne sidder inde i frøkappen. Sekundær infektion fra jorden kan muligvis bidrage til angrebet, og bejdsemidlerne har ofte en lavere virkning mod jordbåren infektion.

Problemet med spireskadende svampe er størst i efterårssåede afgrøder, mens det i vårbyg er uden større betydning. Den anbefalede grænseværdi i vårbyg er mere end 30% inficerede kerner, og dette niveau forekommer sjældent. Udbyttefremgangen ved bejdsning af inficerede kerner er endda kun meget begrænset (Lindegaard og Christensen, 1971; Jørgensen, 1982). I vinterhvede og vinterbyg er grænseværdien 15%, men der foreligger ingen nyere forsøg, der kan bekræfte dette. I vårhvede er grænseværdien 15%, som i vinterhvede, og det er nok et spørgsmål, om ikke grænseværdien i vårhvede burde følge vårbyg.

Der er et stort behov for forsøg med moderne sorter og bejdsemidler samt nutidig dyrkningspraksis, hvor sammenhængen mellem kerneinfektion, spireskade og høstudbytte/kvalitet kan bestemmes. En øget viden, blandt andet en præcisering af grænseværdierne, vil forbedre mulighederne for en mere optimal anvendelse af bejdsemidlerne. Fremover vil der sandsynligvis blive satset mere på udvikling af en dyrkningspraksis med behovsbestemt anvendelse af bejdsemidlerne, hvor sorter med resistens mod de "tunge" frøbårne sygdomme som stinkbrand, stribesyge og nøgen bygbrand indgår. Her kan de spireskadende svampe blive et af de problemer, som kan afgøre, hvorvidt der skal bejdses eller kasseres (Nielsen *et al.*, 1998 + 1999b).

Også i den økologiske planteavl er der behov for præcisering af grænseværdierne (Nielsen *et al.*, 1999a). Ved produktion af økologisk såsæd er det ikke muligt at anvende bejdsemidler, og partier med infektion over de fastsatte grænser må kasseres. Dette kan i visse år med udbredt forekomst af spireskadende svampe give problemer, og det er derfor vigtigt, at tærskelværdierne er bestemt så nøjagtigt som muligt for at undgå unødig kassation.

Litteratur

Jørgensen J. 1982. Om den forsøgsmæssige baggrund for vejledning om bejdsebehov på grundlag af laboratorieanalyser af vårbyg. Statsfrøkontrollen, Beretning 111, 114-117.

Jørgensen J. 1988. Om forekomst af Fusarium spp. på udsæd af vårbyg i Danmark og om behov for bejdsning. Statsfrøkontrollen, Beretning 117, 147-152.

Jørgensen J. 1992. Forekomst af udsædsbårne svampe på vinterhvede høstet i Danmark i årene 1981 til 1991. Plantedirektoratet, Beretning nr. 2, Frø, sædekorn, sortsafprøvning, genteknologi og bier, 106-112.

Lindegaard J. & Christensen V.A. 1971. Forsøg med afsvampning af såsæd. Afsluttende beretning. Beretning om fællesforsøg i Landbo- og Husmandsforeningerne 1970, 68-78. Odense.

Nielsen B.J., Borgen A., Nielsen G.C. & Scheel C. 1998. Strategies for controlling seed borne diseases in cereals and possibilities for fungicide seed treatments. The 1998 Brighton Conference - Pest and Diseases, vol. 3: 893-900.

Nielsen B.J. 1999. Bekæmpelse af frøbårne sygdomme i korn. Pesticidafprøvning 1998. DJF Rapport nr. 8, Markbrug (1999), 67-81.

Nielsen B.J., Nielsen G.C., Pedersen J.B. & Tersbøl M. 1999a Muligheder for produktion af sygdomsfri, økologisk såsæd. 16. Danske Planteværnskonference 1999, Sygdomme og Skadedyr. DJF Rapport nr. 10 (1999) 29-40.

Nielsen B.J., Christiansen S. & Bagge J.O. 1999b. Ny resistens mod frøbårne sygdomme i korn. 16. Danske Planteværnskonference 1999, Sygdomme og Skadedyr. DJF Rapport nr. 10 (1999) 149-160.

Bekæmpelse af aksfusarium i hvede

Control of *Fusarium* ear blight in winter wheat

Lise Nistrup Jørgensen
Afdeling for Plantebeskyttelse
Danmarks JordbrugsForskning
Forskningscenter Flakkebjerg
DK-4200 Slagelse

Summary

Under Danish conditions no specific control measures are normally taken in order to reduce *Fusarium* ear blight. In most years, ear blight is not regarded to reduce yields or quality significantly. However, in wet seasons like 1987, 1998 and 1999 attacks are found in several fields at a level, which have impact on both yield and quality. Rainy periods during flowering are important for creating infection. Little is known about which species of *Fusarium* dominate under Danish conditions. From abroad, the two species *F. culmorum* and F. *graminearum* are known to be the most aggressive and yield reducing. *F. graminearum* requires high temperature and is therefore not likely to be of major importance for Danish conditions. No specific information is available about the variation in variety response to *Fusarium* under Danish condition. Based on results from other countries, ploughing as well as avoiding of 2nd year wheat can reduce the amount of inoculum, but under very humid condition during flowering, attack can not entirely be avoided.

Tebuconazole is known to have 50-60% effect on *F. culmorum* and *F. graminearum* and also metconazole has been seen to have some effect. Azoxystrobin has been found to give moderate to good effect on *M. nivale*. As it is not possible to distinguish which of the *Fusarium* species which are present in the field, a mixture of tebuconazole and azoxystrobin could provide a broad and good solution. This solution is supported by results from 1 trial carried out in Denmark 1999 with a mixture of *F. culmorum, F. avenaceum* and *M. nivale*. In this trial 0,5 l/ha of Amistar alone or Amistar+Folicur used at 1/4+1/4 rate or 1/8+1/8 were the best solutions. The mixture gave good control from gs 61 to gs 71; 2 days before and 4 and 11 days after inoculation. At harvest *F. avenaceum* dominated in the trial.

Many trials indicate that use of tebuconazole can reduce the level of attack and the production of mycotoxins. In some trials use of specific fungicides have been found to increase the level of mycotoxin, which can be explained by the fact that some of the fungicides have good effect on several fungi on the plant, but are less efficient on *Fusarium*. This creates an unbalance between the fungi and can lead to significant increase of *Fusarium* spp. and mycotoxin production.

Indledning

Aksfusarium i hvede hører ikke til de sygdomme i Danmark, der generelt bekæmpes med svampemidler. Erfaringerne viser dog, at med mellemrum optræder der angreb, som kan have betydning for kornets udbytte, kvalitet og lagerstabilitet.

Adskillige Fusariumarter er associeret med aksfusarium. Dem, der mest almindeligt er isoleret fra akset, er *F. avenaceum*, *F. culmorum*, *F. graminearum*, *F. poa og Microdochium nivale*. I litteraturen er det generelt *F. culmorum* og *F. graminearum,* der er beskrevet som værende de mest aggressive patogener inden for gruppen. I Danmark findes ingen specielle oplysninger over hvilke Fusariumarter, der optræder mest hyppigt. Men en række af de mest udbredte Fusariumarter er isoleret fra kerneprøver i Danmark. *F. graminearum,* der er knyttet til majs og varme forhold, regnes dog ikke for særligt udbredt.

Udbyttetabene i Syd- og Mellemeuropa efter angreb af *Fusarium* er beskrevet til at kunne svinge mellem 10-50%. I Holland er der fundet udbyttereduktioner på mellem 3-4% i år med relativt høje angreb (Daamen, 1981). *F. culmorum* og *F. graminearum* er kendt for at kunne give de største udbyttetab. I Danmark er der ikke foretaget undersøgelser over den udbyttemæssige betydning af aksfusariose, men niveauet vil formodentlig ligge omkring det hollandske.

Forsøg peger på, at angreb af *M. nivale* kræver betydelig fugtighed i forbindelse med blomstring for at give signifikante angreb. Hvorimod *F. poa* er mindre afhængig af fugtighed for at etablere sig. Mens *M. nivale* har givet omkring 12% reduktion i kernestørrelse, så har *F. culmorum* og *F. graminearum* givet 20-25% reduktion. *M. nivale* er mindre konkurrencedygtig, når den er sammen med *F. culmorum, F. avenaceum* og *F. graminearum* (Jennings & Turner, 1996). Normalt er fusariumsvampenes inkubationstid på 1-2 uger, mens der går 2-3 uger fra infektionen sker til syge aks starter på at sporulere.

Det er velkendt, at problemerne er størst i fugtige vækstsæsoner, hvor der er gode muligheder for spredning af inokulum fra planterester på jorden til aksene. I Danmark ses kun yderst sjældent bladangreb af *Microdochium nivale*, hvilket mere almindeligt kan optræde i blandt andet Tyskland og Frankrig. Aksfusarium kan foranledige små og syge kerner, ligesom der kan ske produktion af mykotoxiner, som har betydning for kornets værdi til konsum og foder.

Angreb med aksfusarium kan ske mest optimalt enten omkring åbningen af fanebladets bladskede vs 45-55 eller omkring blomstring vs 65 (Diehl & Fehrmann, 1989). For forskellige sorter er der observeret forskelligt optimum for infektion. Angreb af *F. culmorum* sker mest hyppigt ved fanebladets fremkomst eller ved blomstring, mens *F. graminearum* hovedsageligt inficerer ved blomstring. Fusariumangreb kan desuden starte med angreb fra udsæd eller ved kolonisering af planten fra tidligt i vækstsæsonen uden nødvendigvis at give synlige symptomer. Fusariumarter kan således vokse systemisk inde i hvedestængler og på den måde nå frem til akset. *M. nivale* og *F. avenaceum* er beskrevet som arter, der på den måde kan nå frem til akset (Hutcheon & Jordan, 1992; Duben & Fehrmann, 1980). Risikoen for akssmitte

ved systemisk vækst op gennem strået anses dog for at være ringe (Duben & Fehrmann, 1980).

Aksangreb kan også udvikle sig ved spredning af inokulum direkte fra ascosporer fra jord og planterester (Buschhaus, 1999).

Fusariumarterne kan ikke adskilles ud fra visuelle angreb i akset. Det er nødvendigt med dyrkning på selektive medier for at adskille arterne fra hinanden. Hvilken mængde af Fusariumsvampe man isolerer fra kerner afhænger i høj grad også af, om man overfladedesinficerer før bestemmelsen (Elen et *al.*, 1999).

Flere mykotoxiner har en meget høj giftighed. Det er således ikke ualmindeligt, at de har en LD_{50} værdi, der ligger 100-1000 gange højere end de fungicider, der bruges til bekæmpelse af Fusarium. F.eks. har mykotoxinet DON, der kommer fra *F. graminearum/F. culmorum* en LD_{50} værdi på 50 mg/kg kropsvægt af rotter. Tilsvarende har tebuconazole og azoxystrobin en LD_{50} værdi på henholdsvis 4000 og >5000 mg/kg. Værdien for ADI (Acceptable daily intake) af DON er fastslået til 0,06 mg/dag. Ved sammenligning af data for DON i kornprøver og ADI værdien har man fundet, at kontamineret korn kan foranledige en sundhedsrisiko (Mueller & Reiman, 1997), da den estimerede daglige indtagelse vurderet på baggrund af kornprøver med *Fusarium* svinger mellem 0,03 – 0,92 mg/kg.

I det følgende vil blive opsummeret hvilke muligheder, der er for bekæmpelse vurderet ud fra danske såvel som udenlandske erfaringer. Erfaringer med sortsresistens, kulturtekniske faktorer og kemisk bekæmpelse vil blive inddraget.

Brug af sortsresistens til bekæmpelse

Der eksisterer et grundlag for at indbygge egenskaber med mindre modtagelighed over for aksfusarium ind i nye sorter. Der er 2 former for resistens. Den ene er en morfologisk resistens knyttet til sortens højde, aksformen og blomstringstiden. Den anden er en fysiologisk resistens. Desuden udviser visse sorter også en vis tolerance, der gør, at deres udbytte ikke reduceres væsentligt ved angreb (Mesterhazy, 1989).

Høje sorter giver mindre muligheder for spredning af smitstof fra jorden til akset. Det er således velkendt, at dværgsorter angribes lettere end langstråede sorter. Oprette og kompakte aks med stak giver de største angreb på grund af, at fugtigheden bedre bibeholdes i akset og giver de bedste infektionsbetingelser. Sorter med en langvarig blomstringsperiode og mange blomster vurderes generelt at have en større risiko for angreb af *Fusarium* end tilsvarende sorter med kort blomstringsperiode, men eksempler på det modsatte er også fundet. Sorter, som har deres støvknapper hængende længe, er også mere modtagelige for infektion, ligesom sorter, der modner sent, har en større risiko for angreb. Høje og tidligt modne sorter er de mest resistente (Ablova & Slusarenko, 1996). Gode resistensgener er især hentet fra vårhvedesorter.

I sorter med god resistens, som er inokuleret med *F. culmorum* eller *F. graminearum*, er der målt DON værdier på mellem 0,2-9,7 mg/kg, mens der i modtagelige sorter inokuleret med de samme isolater er målt DON-værdier på 17-121 mg/kg kerner (D´Mello et *al.*, 1996). Inden for *F. culmorum* er der observeret betydelig forskel i isolaternes pathogenicitet

(Snijders & Perkowski, 1990), ligesom der er variation i deres DON-produktion. Visse modtagelige sorter kan nedbryde DON eller hæmme opbygningen. Det tyder resultater med forskellige sorter på, uden at mekanismerne er kendt (Mesterhazy, 1996). Der er således i forædlingsarbejdet generelt fundet dårlig sammenhæng mellem % angreb og de målte DON-værdier. Visse sorter viser lave angreb men høje DON-værdier og omvendt.

Vedrørende specifik sortsresistens ved man, at resistensen er polygent nedarvet og afhænger af forskellige gener (Snijders, 1990). Arbejde med DNA markører har dog senest vist, at det især er 4 loci for kvantitets egenskaber (QTL), som er associeret med resistens (Anderson *et al.,* 1998). Den vigtigste af disse er at finde på kromosom 3BS. Generelt er det fundet, at sorter, der er resistente over for *F. culmorum,* også er resistente over for *F. graminearum* (Mesterhazy, 1987). Det bør dog bemærkes, at den rangordning, som sorterne får ud fra forsøg med kunstig smitte, ikke er ens i f.eks. engelske og tyske undersøgelser, hvilke tyder på, at det ikke er så nemt at overføre resultater fra et land til et andet.

Kulturteknisk bekæmpelse

Aksfusariose kan reduceres ved at ændre på dyrkningstekniske metoder, hvilket kan være med til at minimere mængden af inokulum eller ændre på mikroklimaet, så risikoen for infektion mindskes. Pløjning, der giver god dækning af halm og stubrester, vil reducere mængden af smitstof. Især hvor der har været majs som forfrugt, er der set mere *F. graminearum,* men også hvede som forfrugt øger risikoen for smitstof. Der er fundet 6-7 gange så kraftige angreb i hvede efter majs, som i hvede efter andre forfrugter (Teich & Hamilton, 1985; Hartleb & Herold, 1999), se tabel 1.

Høje plantetal er i flere undersøgelser fundet som værende en faktor, der øger risikoen for angreb. Dette skyldes fugtigere forhold i afgrøden, som giver optimale betingelser for spredning og infektion (Mesterhazy, 1987).

Øgede gødningsmængder har generelt givet anledning til højere angreb. Et forhold der blandt andet kan skyldes, at blomstringsperioden forlænges ved højere gødningsmængder. Sengødskning har i sig selv givet anledning til øget kerneangreb (Ellen & Langerak, 1987). Ureagødning har vist sig at give lavere angreb end ammoniumnitrat, hvilket muligvis skyldes urea's hæmning af ascosporedannelse (Teich, 1987).

Tabel 1. Sammenhæng mellem forfrugt, pløjning og procent angreb af aksfusarium. Tyske forsøg med dominans af *F. graminearum* (Hartleb & Herold, 1999). Relationship between previous crop, ploughing and attack of Earblight. German results with dominance of F. *graminearum*.

Forfrugt Previous crop	**Procent angreb af *Fusarium*** (Range)	
	pløjet/plouged	**uden pløjning**/no plouging
tokimbladet forfrugt	5 (0-20)	5 (0-30)
byg, havre, rug	5 (0-18)	ikke testet
vinterhvede	12 (0-40)	17 (5-22)
majs	17 (0-55)	26 (0-75)

Vanding i blomstringsperioden bør undgås, da dette giver anledning til øgede angreb af aksfusariose (Strausbaugh & Maloy, 1986).

Fra Norge har man resultater, der viser, at reduceret jordbehandling, brug af vækstregulering og svampebehandling er forhold, der påvirker angrebsgraden (Elen, 1999). 10% reduktion af højden efter brug af CCC har øget angreb med 10% i forhold til ikke vækstregulerede sorter. Lejesæd er dog kendt for at give en væsentlig højere risiko for Fusariumangreb, idet der vil være gunstige betingelser for smitte og lille afstand fra smittekilden på jorden til akset.

Kombinationen af direkte såning og svampebekæmpelse med Tilt top har øget andelen af angrebne kerner med 26% enheder i forhold til efterårspløjning og ingen svampebekæmpelse i norske forsøg.

Smitstof af især *F. culmorum* kan overleve i op til 8-9 år i form af klamydosporer (Sitton & Cook, 1981). Dette betyder, at svampen kan være tilstede i næsten alle marker. Men stadigvæk har sædskiftet stor indflydelse på den samlede mængde af smitstof.

Kemisk bekæmpelse

Forsøg med *F. culmorum* har generelt vist god effekt af tebuconazolholdige midler, mens epoxiconazol og strobiluriner ikke har vist en høj effekt. Kombinationen af resistente sorter og bekæmpelse med tebuconazol har givet den bedste effekt (Mielke & Weinert, 1996). I forsøg med kunstig inokulering er der ofte høstet merudbytter på mellem 30-40% efter bekæmpelse med tebuconazol.

Engelske potteforsøg med kunstig smitte med *F. culmorum, F. graminearum, F. avenaceum og M. nivale* viste bedst effekt af tebuconazol efterfulgt af prochloraz, carbendazim, triadimenol, propiconazol og chlorothalonil. Der var nogen forskel på bekæmpelsen af de forskellige svampe (tabel 2), men generelt var tebuconazole bedst til alle svampe efterfulgt af prochloraz (Hutcheon & Jordan, 1992). Obst (1992) har fundet nogen effekt af prochloraz på *F. culmorum* og *F. graminearum*, mens tebuconazole havde dårlig effekt på *M. nivale*.

Mange undersøgelser har beskæftiget sig med problemerne omkring at ramme det rigtige sprøjtetidspunkt. Generelt opnås der bedst effekt fra 4 dage før til 4 dage efter inoculering (Suty et *al.*, 1996). Engelske undersøgelser med flourosence har vist, at der ligeledes kan forventes stor forskel i effekt afhængig af sorternes evne til at absorbere fungiciderne. Sorten Brigadier viste i forsøgene meget større tilbageholdelsesevne end f.eks. Hussar og Riband (Parry et *al.*, 1996).

Resultater fra forsøg med kemisk bekæmpelse inoculeret med *F. culmorum* og *F. graminearum* har i mange men ikke alle tilfælde vist god sammenhæng mellem % angreb, % udbyttetab, % kerneinfektion og % DON indhold (Mesterhazy, 1996).

Tabel 2. Procent bekæmpelse af aksfusarium fire uger efter inoculering med 4 forskellige arter af *Fusarium*. Per cent control of *Fusarium* earblight 4 weeks after inoculation with 4 different species of *Fusarium* (Hutcheon & Jordan, 1992).

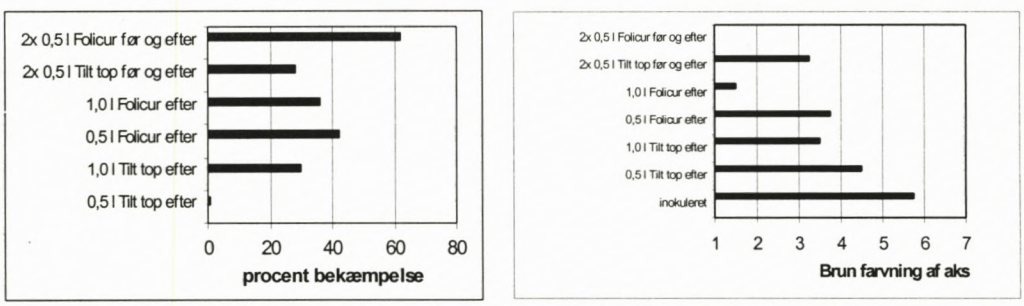
	F. avenaceum	*F. culmorum*	*F. graminearum*	*M. nivale*
Ubehandlet (% angreb)	71	60	57	45
Tebuconazol	92	92	93	83
Prochloraz	87	82	82	89
Carbendazim	60	69	73	54
Propiconazol	69	56	73	31
Triadimenol	51	60	67	22
Chlorothalonil	25	63	10	14

Der findes flere rapporter om, at visse mikrobiologiske midler har effekt på *F. graminearum*, det drejer sig om bl.a. *Bacillus subtilis og Sporobolomyces roseus*, som har givet nogen effekt og merudbytter (Perondi *et al.*, 1996).

Generelt er der udover positive effekter fra visse fungicider flere rapporter, der melder om forøgede angrebsgrader og øgede mykotoxinmængder efter brug af visse fungicider. Denne forøgelse hænger sammen med, at mange svampemidler bekæmper konkurrerende svampe, og dermed giver ekstra muligheder for opformering af de Fusariumsvampe, som kun i ringe grad bekæmpes.

Danske forsøg med kemisk bekæmpelse

I Danmark foreligger der kun begrænsede informationer fra forsøg med kemisk bekæmpelse af aksfusarium. I 1993 blev der under semifield forhold testet 2 midler og 2 doseringer af Folicur og Tilt top (Hansen, 1993). Der blev sprøjtet 3 dage før og 4 dage efter inokulering med *F. culmorum*. Resultatet fra dette forsøg er vist i figur 1. Som det fremgår, gav Folicur bedre effekt end Tilt top og 2 sprøjtninger var bedre end 1 behandling.



Figur 1. Procent bekæmpelse af aksfusarium bedømt på aks udfra et indeks, der vurderer mængden af mycelium fem dage efter afplukning, samt vurdering af mørkfarvning på aks bedømt på en skala fra 0-6. Per cent control of *Fusarium* ear blight in semi-field trials assessed on mycelium and browning of ears.

Tabel 3. Resultater fra bekæmpelse af *Fusarium* i et hvedeforsøg 1999, hvor der er smittet kunstigt med *F. avenaceum, F. culmorum* og *M. nivale. F. avenaceum* dominerede i forsøget. Results from control of *Fusarium* ear blight in 1 trial in winter wheat in 1999. The trial was artificially inoculated with F. *avenaceum*, F. *culmorum* and M. *nivale*.

Middel Treatment	**dosis** dose	**Tids-Punkt Vs** Time	**%angreb vs 77** % attack	**% angrebne småaks * vs 77** % attack	**Udbytte og merudb. Hkg/ha/** Yield	**TKV g relative tal** TGW	**Brune koleoptiler/ rødder** Brown coleoptiles/roots	**Sortering % >2,8**	**DON Toxin mcg/kg**
Ubehandlet/ Untreated			11,5 ab	9,9 a	86,2 f	44,3	22/21	42,3	<10
Amistar	0,5	61	7,3 e	5,7 de	4,52 b-e	107	14/14	51,3	-
Folicur	0,5	61	10,0 bc	7,1 cd	3,15 c-f	98	21/17	42,0	-
Amistar+Folicur	0,5+0,5	61	3,8 f	4,0 f	7,46 abc	108	16/12	55,0	<10
Amistar	0,5	67	3,5 f	4,4ef	7,73 ab	101	9/11	48,0	12,1
Folicur	0,5	67	9,5 cd	8,3 bc	2,97 def	102	21/17	45,5	<10
Amistar+Folicur	0,5+0,5	67	4,5 f	4,6 ef	7,35 abc	105	15/14	46,8	<10
Amistar+Folicur	0,25+0,	67	5,0 f	5,1 ef	7,19 a-d	107	10/9	49,3	-
Amistar+Folicur	25	67	8,5 cde	5,8 de	5,38 a-e	105	18/17	49,0	-
Amistar	0,125+0,	70	8,5 cde	5,3 ef	3,15 c-f	103	14/11	49,5	-
Folicur	125	70	12,3 a	9,4 ab	1,73 ef	103	20/14	43,0	-
Amistar+Folicur	0,5	70	7,8 de	5,7 de	8,96 a	106	16/12	51,5	-
	0,5								
	0,5+0,5								
LSD 95			1,99	1,6	4,3	ns	7 4	6,7	

*bedømt på 40-50 udtagne aks i laboratoriet

I et markforsøg udført i Stakado hvede i 1999 blev der smittet kunstigt den 17. juni med en blanding af *F. avenaceum, F. culmorum og M. nivale.* Forsøget blev fungicidbehandlet henholdsvis 2 dage før (vs 61), 4 dage efter (vs 65) og 11 dage efter (vs 71) inokulering. For ud for disse aksbehandlinger var behandlet med 0,25 l Diamant Plus på vs 31 og 0,3 l Diamant Plus på vs 39 for at undgå angreb af bladsygdomme. I forsøget blev bedømt procent angrebne småaks på 4 tidspunkter. På det ene tidspunkt blev udtaget 40-50 aks pr. parcel, som blev bedømt for angreb. Efter høst blev der målt tusindkornsvægt, foretaget sortering af kerner samt målt brune rødder og koleoptiler på spirende kerner samt mykotoxiner (DON, Zeralenon, nivalenol farenon 3-acetyl-deoxynivalenol)i udvalgte led. Efter høst blev der fundet mest *F. avenaceum* i forsøget, hvilket stemmer overens med, at der til trods for betydelige angreb kun blev målt begrænset mængde af toxiner. Resultaterne viste bedst effekt og merudbytte af Amistar og blandingen af Amistar + Folicur. Dårligst effekt og merudbytte blev fundet efter Folicur. Det bedste bekæmpelsestidspunkt var 4 dage efter inokulering. Ved beregning af

nettoudbyttet var det kun 0,5 l Amistar eller blandingen Amistar+Folicur (1/4+1/4 eller 1/8+1/8), der betalte for behandling.

Erfaringer fra Norge

Norge har i en årrække haft forsøg, der har beskæftiget sig med forekomsten og bekæmpelsen af *Fusarium*. I 800 prøver fra kornsiloer var der et DON-indhold på mere end 0,03 mg/kg i 66% af hvedeprøverne, 68% af bygprøverne og 97% af havreprøverne. I Norge er det *F. avenaceum* der dominerer, men også *F. poa, F. culmorum* og *F. tricinctum* forekommer (Elen, 1997). Forholdet mellem arterne varierer de enkelte år imellem, som det også er beskrevet fra andre lande. Angreb kan forekomme i alle kornarter, og der er også målt angreb på visse lokaliteter i mindre fugtige år, hvilket har ledt opmærksomheden hen imod, at også andre forhold end vejret har betydning. To års resultater fra i alt 16 forsøg med fungicider viste et signifikant forhøjet Fusariumangreb efter flere midler. 25% angrebne kerner i ubehandlet var forhøjet til 31% efter Tilt top, 33% efter Amistar og 37% efter Stereo (Elen & Henriksen, 1998).

Erfaringer fra Frankrig

I Frankrig har man også i visse år problemer med aksfusarium. Forsøg med kemisk bekæmpelse har vist, at der er forskel på midlernes effektivitet på de forskellige arter. Tebuconazol og metconazol er bedst til bekæmpelse af *F. culmorum*, hvor der er eksempler på stor forbedring af udbyttet efter behandling, ligesom der er betydelig reduktion i mængden af DON. I andre forsøg har man set god effekt af azoxystrobin, hvor det er *M. nivale*, der er inokuleret med. azoxystrobin har i forsøg med bekæmpelse af *M. nivale* reduceret mængden af nivalanol (toxin fra *M. nivale*) til det halve, mens der ikke er eksempler på, at Azoxystrobin har reduceret mængden af DON. Forsøg i petriskåle har vist, at Azoxystrobin har nogen effekt på *M. nivale* og lille effekt på *F. avenaceum*, mens den ikke har effekt på *F. culmorum* og *F. graminearum*. Modsvarende havde tebuconazol effekt på alle arterne, dog lavest effekt på *M. nivale*. Om forsøgene fra petriskåle kan overføres til markforhold er ikke endeligt klarlagt, men flere forsøg tyder på, at der en vis korrelation. Generelt anbefaler franskmændene, at der bruges en blanding af Amistar+Folicur for at bekæmpe Fusarium-komplexet.

Franske resultater har vist, at der kan opnås bedre effekt med tebuconazol, hvis sprøjteteknikken justeres, så der sprøjtes fra 2 vinkler i stedet for kun fra en side. Således blev der opnået 77% effekt med enkelt vinkel dyser, mens der blev opnået 93% med dyser, der sprøjtede fra 2 vinkler (Courbon, 1995).

Tabel 4. Resultater fra forsøg hos ITCF i Frankrig 1998 med bekæmpelse af *Fusarium culmorum* og *Microdochium nivale* i markforsøg med kunstig smitte. Percent attack on F. *culmorum* and M. *nivale* in field trials with artificial inoculation. Results from ITCF in France (Anon, 1998 a).

Behandling/Treatment	**% angreb af**/ % attacks of *M. nivale*	**% angreb af**/ % attacks of *F. culmorum*
Ubehandlet	50	45
Amistar 1.0 l vs 55	8	39
Amistar 1.0 l vs 65	4	40
Folicur 1.0 l vs 65	40	20
Amistar+ Folicur (0,5+0,5) vs 65	22	24

Erfaringer fra Tyskland

I løbet af de senere år er der fundet en stigning i angrebet af aksfusarium, især er det angreb af *F. graminearum,* der er steget, men også *F. poa* er øget i andel. Selv om *F. poa* ikke vurderes at have stor betydning for udbyttet, producerer den toxiner, der kan have betydning for afgrødernes kvalitet (Suty *et al.*, 1996). Den vigtigste smittekilde af *F. graminearum* har vist sig at være ascospore fra rester af majs, disse sporer kan spredes ved hjælp af vind over store afstande. Angreb fra conidiespore menes at have mindre betydning. Tebuconazol, som er det middel, der generelt anbefales til bekæmpelse, er effektivt over for begge sporeformer. Bekæmpelse kan ske mest optimalt 4 dage før eller 4 dage efter inokulering (Suty *et al.,* 1996).

I Tyskland havde man meget kraftige angreb af aksfusarium i 1998. Især *F. graminearum* var et problem syd på, hvor der er høje temperaturer (>15°C om natten), og hvor der dyrkes meget majs i området. I det nordlige var det *M. nivale,* der dominerede. Generelt regner man med, at der kan opnås 50-70% bekæmpelse med tebuconazol eller metconazol, hvilket samtidig har givet ca. 40% reduktion i DON værdier. Der er i visse, men ikke alle forsøg set en liniær sammenhæng mellem effekt af visuel bekæmpelse og indholdet af DON i hvede (Buschhaus, 1999). I Bavaria er der dog eksempler på, at fungicider har fordoblet mængden af mykotoxin, hvor der har været sprøjtet med blandt andet strobiluriner, se tabel 5 (Obst, 1999; Frahm, pers comm.). I tabel 6 er vist resultater fra Slesvig Holsten med bekæmpelse af *Fusarium culmorum* med forskellige fungicider (Anon. 1997, 1998 b). Bejdsning mod *Fusarium* samt 2 sprøjtninger med *Fusarium* aktive midler har givet højest effekt (Buschhaus, 1999).

Tabel 5. Resultater fra 3 forsøg med fungicidbekæmpelse i hvede med angreb af *F. graminearum* fra Tyskland. Bekæmpelse er udført mellem vs 55-69 (Obst, 1999). Chemical control of F. *graminearum* from Germany. Control is carried out at gs 55-69.

Behandling Treatment		**Relativt aksangreb vs 75-85**/Ear attack	**Relativt udbytte** Yield	**Relativt tusindkorns-vægt**/TGW	**Relativt DON indhold**/Relative DON content
ubehandlet		100	100	100	100
Folicur	1.0	52	119	110	66
Caramba	1.5	69	118	109	66
Amistar	1.0	104	118	110	234
Diamant	1.0	70	131	115	122

Tabel 6. Bekæmpelse af aksfusarium i hvede. Forsøgene er fra Schlesvig Holsten, og der er smittet med kerner, som er inficeret med *F. culmorum*. Per cent attack of ear blight in wheat in trials from Germany, which is infected with F. *culmorum* (Anon, 1997, 1998 b).

Behandling Treatment		1997 vs 77	1998 vs 77
Ubehandlet		30	21
1,0 l Folicur	vs 65	7	13
0,6 l Amistar+ 0,5 Pronto	vs 65	-	10
1,5 Juventus	vs 65	-	9
1,0 Juvel	vs 65	12	11

Pronto =tebuconazole+fenpropidin

I konventionelt jordbrug i Tyskland har man i 1997 målt, at et angreb af *Fusarium* på ca. 30% giver 250 µg/kg af DON. Fungicider kan reducere dette angreb til 20% og DON niveauet til 150 µg/kg. I økologisk jordbrug i Tyskland har man målt lavere værdier end i konventionelt, hvilket man tilskriver et anderledes sædskifte (Stähle *et al.*, 1998). Der er også fund, der viser, at nivalenol produceret af *F. culmorum* øges op til 4 gange ved sprøjtning med tebuconazol, hvilket stiller spørgsmålstegn ved de metoder, der traditionelt bruges til vurdering af mykotoxinindholdet (Careis & Ceynowa, 1994).

I Tyskland regner man med at kunne tolerere 0,5-0,7 mg/kg af DON i korn. I korn fra 1998 var der flere eksempler på meget høje indhold (4-30 mg/kg). Partier med meget høje værdier blev destrueret, og hvor der var tale om lavere niveauer, lavede man en blanding med sundt korn og brugte det som kvægfoder.

I Tyskland har man fundet kraftige angreb i Ritmo samt i lave engelske sorter. Reduceret jordbehandling og hvede efter majs eller hvede har givet anledning til de kraftigste angreb.

Diskussion

Hvor meget dyrkningsfaktorer generelt påvirker angreb af *Fusarium* er uvist under danske betingelser. Det er imidlertid vigtigt at kunne pege på dyrkningssystemer, som fører til mindst muligt *Fusarium* og mykotoxin i kornet. Byggende på den nuværende viden kan det dog ikke forventes, at ændret dyrkningspraksis altid vil kunne forebygge angrebene i en grad, så *Fusarium* og mykotoxin i korn helt kan undgås. God pløjning og valg af en forfrugt, der ikke er hvede eller majs, vil uden tvivl være med til at mindske angrebet. Der er imidlertid behov for at få større kendskab til udbredelsen og sammensætningen af Fusariumarter i dansk kornproduktion, både hvad angår indflydelse af jordtyper, sædskifter og sorter.

Ofte vil det være et problem at få lavet prøver for indhold af mykotoxin, da disse er bekostelige. Der er lavet modeller for sammenhæng mellem procent aks med fusariumsymptomer og DON indhold (Chelkowski, 1989). Disse foreslår, at hvis der er 10% aks med symptomer, skulle der være 1 mg toksin pr. kg korn. Andre undersøgelser har dog

vist, at modellen er meget usikker. Dette skyldes blandt andet, at sorter ved samme angrebsgrad kan give stor forskel i bl.a. DON-produktion, ligesom de visuelle symptomer af de forskellige Fusariumarter er identiske, og derfor ikke vil indikere hvilken Fusariumart, der dominerer, og dermed hvilke toxiner der er sandsynlige.

Ved at analysere historiske data for sammenhæng mellem klimaparametre og angreb af aksfusarium har man i England fundet, at tørre forår efterfulgt af varme fugtige forhold omkring blomstring er det mest optimale for udvikling af kraftige angreb (Parry *et al.*, 1994; Snijders, 1990). Om man på sigt kan udvikle en model, der gør det muligt under danske forhold at fremskrive kraftige angreb, er stadig uvist.

Med vores nuværende viden, kan der ikke generelt anbefales rutinemæssig bekæmpelse af *Fusarium*, da det i langt de fleste år ikke vil være lønsomt. Engelske undersøgelser i sorten Avalon har vist, at der er 5 hkg/ha i udbyttetab for hver 10% forøgelse af Fusariumangrebet (Parry et *al.*, 1996).

Hvor meget en septoriabekæmpelse omkring eller lige efter skridning med f.eks. en blanding af Folicur + Amistar vil kunne medvirke til at reducere et angreb, er der ikke dokumentation for på nuværende tidspunkt. Men det er ikke usandsynligt, at blandingen vil kunne reducere et angreb under blomstring, der indtræder ca. en uge senere. Flere forsøg bør udføres for at vurdere dette forhold. Ligesom man bør få større kendskab til, om mykotoxinproduktionen påvirkes i positiv eller negativ grad ved en bekæmpelse.

Konklusion

Aksfusarium giver i de fleste år ikke anledning til signifikante kvalitets- eller udbyttemæssige tab i Danmark. Derfor bekæmpes der normalt heller ikke under danske forhold aksfusarium ved specifikke sprøjtninger. I år med fugtige forhold under blomstring som f.eks. i 1987, 1998 og 1999, kan der dog opstå angreb, der forringer udbytte og kvalitet signifikant. Det vides ikke hvilke arter af *Fusarium,* der dominerer under danske forhold, ligesom der også kun er begrænset viden om sorternes resistens. Ritmo er fra tyske undersøgelser kendt som værende blandt de mest modtagelige sorter, men da der ikke foreligger sikre informationer om de øvrige danske sorters modtagelig, er det ikke umiddelbart muligt at inddrage denne information i forbindelse med sortsvalget. Pløjning kan sammen med valg af gode forfrugter være med til at minimere mængden af smitstof men dog ikke fjerne risikoen totalt.

Tebuconazol har i forsøg givet 50-60% effekt af blandt andet Fusariumarterne, *F. culmorum* og *F. graminearum*, men også metconazol giver god effekt. Azoxystrobin har vist moderat til god effekt på *M. nivale*. Da det ikke er muligt at adskille Fusariumarterne i marken, kan det i situationer med megen nedbør under blomstring være aktuelt at bruge en blanding af tebuconazol og azoxystrobin for at dække hele spektret af Fusariumarter. Resultater fra et forsøg i Danmark i 1999 med en blanding af *F. culmorum, F. avenaceum og M. nivale* underbygger denne løsning. I dette forsøg gav 0,5 l/ha af Amistar eller Amistar+Folicur brugt i 1/4+1/4 dosering eller 1/8+1/8 god bekæmpelse og det bedste

nettoudbytte. Blandingen gav god bekæmpelse ved sprøjtning mellem vs 61-71 fra 2 dage før og 4 og 11 dage efter inokulation. Til høst dominerede *F. avenaceum* forsøget.

Mange forsøg har vist, at tebuconazol kan reducere angrebet og produktionen af mykotoxiner. I visse forsøg har brugen af specifikke fungicider dog forøget niveauet af mykotoxin, hvilket forklares udfra, at specifikke fungicider giver god effekt på adskillige svampe på planten men er mindre effektive på Fusariumarterne. Dette forstyrrer konkurrenceforholdet mellem svampene og kan skabe signifikant forøgelse af visse Fusariumarter og deres produktion af mykotoxiner.

Litteratur

Ablova I.A. & Slusarenko A.N. 1996. Problems Associated with breeding winter wheat for head scab resistance. Prooceedings of Workshop on: Fusarium Head Scab, Cimmyt, 93-96.

Anderson J.A., Waldron B., Moreno-Sevilla B., Stack R.W. & Frohberg R.C. 1998. Detection of Fusarium head blight resistance QTL in wheat using AFLPs and RFLP-s. Keynote addresses & Oral Presentations. Proceedings of the 9. th International Wheat Genetics Symposium. 135-137.

Anonym 1998 a. ITCF's rapport. Institut Technique des Cereales et des Fourrages. 8 avenue du president Wilson 75116 Paris.

Anonym 1998 b. Versuchsbericht 1998 ackerbau. Pflanzenschutzdienst des landes Schleswig Holstein.

Anonym 1997. Versuchsbericht 1998 ackerbau. Pflanzenschutzdienst des landes Schleswig Holstein.

Buschhaus H. 1999. A fungicide application system for control of Fusarium disease and minimisation of quality decrease in wheat. In: Modern fungicides and antifungal compounds II Ed. Lyr et al. 267-272.

Careis M. & Ceynowa J. 1994. Influence of the fungicide matador on mycotoxin production by F. culmorum. Zeitschrift für Lebensmittel Untersuchung und Forshung 198;3, 244-248.

Chelkowski J. 1989. Formation of mycotoxins produced by fusaria in heads of wheat triticale and rye. In Chelkowski, J. Ed: *Fusarium* mycotoxins, taxonomy, and patogenicity Elsevier, Amsterdam.

Courbon R. 1995. Intéret du traitment avec tebuconazole. Colloque epiaison et qualité. Bayer, S.A. Paris 47.

Daamen R.A. 1981. Surveys of diseases and pests of winter wheat in the Netherlands, 1979-1980. Med. Fac. Landboww. Rijksuniv. gent. 46: 933-937.

Diehl J. & Fehrmann H. 1989. Weizenfusariosen –Einfluss von infektionstermin, Gewebeschädigung und blattläusen auf blatt- und Âhren befall. Z. PflKrankh. PflSchutz 96: 393-407.

D'Mello J.P.F., Macdonald A.M.C. & Placinta C.M. 1996. Production and control of mycotoxins from *Fusarium* species pathogenic in cereals. Brighton Crop Protection Conference- Pest and Diseases 517-521.

Duben J. & Fehrmann H. 1980. Vorkommen und Pathogenität von *Fusarium*-Arten an Winterweizen in der Bundesrepublik Deutschland III. Zusammenhang zwischen dem Befall der Halmbasis und der Ähre. Z. PflKrankh. PflSchutz. 87: 1-12.

Elen O. 1997. Forekomst av *fusariose* i noen feltforsøk 1996. Informasjonsmøte i plantevern 1997. Fagmøte i korn. Planteforsk, Norges Landbohøgskole, Norge.

Elen O. & Henriksen B. 1998. The effect of preanthesis fungicide treatment on *Fusarium* spp. in cereals. Agricultural important fungic. Cost action 835. 1 Workshop in Greece 35.

Elen O., Henriksen B., Munthe K., Abrahamsen U. & Øverli A. 1999. Fusarium i norsk kornforekomst, virkning av klima og dyrkningsmessige tiltak Jord og plantekultur 1999 Forsøgsresultater 1998. Planteforsk, Norsk institut for planteforskning, Apelsvoll, Norge.

Ellen J. & Langerak C.J. 1987. Effects of plant density and nitrogen fertilization in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). 2. Incidence of *Gerlachia nivalis* and *Fusarium* spp. related to yield losses. Neth. J. Agric. Sci. 35: 155-162.

Hansen O.M. 1993. Aksfusariose i vinterhvede forårsaget af *F. culmorum* og *F. graminearum.* Hovedopgave fra KVL i Plantepatologi.

Hartleb H. & Herold H. 1999. Die Fruchtfolge optimereren. DLG Mitteilungen, 9, 44-45.

Hutcheon J.A. & Jordan V.W.L. 1992. Fungicide timing and performance for *Fusarium* control in wheat Brighton crop Protection Conference Pest and Diseases 633-638.

Jennings P. & Turner J.A. 1996. Towards the prediction of *Fusarium* ear blight epidemics in the UK – The role of humidity in disease development. Brighton Crop Protection Conference- Pest and Diseases 233-238.

Mesterhazy A. 1989. Progress in breeding of wheat and corn genotypes not susceptible to infektion by fusaria. In Chelkowski, J. Ed: *Fusarium* mycotoxins, taxonomy, and patogenicity Elsevier, Amsterdam.

Mesterhazy A. 1987. Selection of head blight resistant wheats through improved seedling resistance. Plant breeding 98: 25-36.

Mesterhazy A. 1996. Fungicide Control of *Fusarium* scab and Impact on toxin Contamination: Prooceedings of Workshop on: *Fusarium* Head Scab, Cimmyt, 120-124.

Mielke H. & Weinert J. 1996. Investigation on the effect of various fungicides in the patogen of partial head blight (F. *culmorum)* Nachrichtenblatt-des-Deutschen Pflanzennschutsdientstes. 48;5 93-95.

Mueller H.M. & Reiman J. 1997. *Fusarium* toxins in wheat harvested during six years in an area of South-West Germany. Natural Toxins 5 No. 1, 24-30.

Obst A., Lepschy J., Gleissenthal V. & Huber G. 1992. Zur gezielten bekämpfung der ährenfusarien bei wiezen-beobactungen und versuchsergebnesse aus Bayern. Gesunde Pfl. 44: 40-47.

Obst A., Lepschy J., Beck R. & Bauer G. 1999. Prognose und Bekämpfung des Ährenparasiten *fusarium graminearum* an Weizen. Vortr. Pflanzenzuchtg, 46, 144.

Parry D.W., Pettit T.R., Jenkinson P. & Lees A.K. 1994. The cereal *Fusarium* Complex. In Ecology of Plant Pathogens, P. Blakeman & B.Williamson (eds), Wallingford, UK CAB international Publication. 301-320.

Parry D.W.P., Jenkinson J., Liggitt A., Hilton & Clement J.A. 1996. Significance and Control of *Fusarium* Ear blight in winter wheat. Prooceedings of Workshop on : *Fusarium* Head Scab, Cimmyt, 115-119.

Perondi N., Luz-WC-da Thomas-R. & Da-Luz-WC. 1996. Microbiological control of Gibberella in wheat. Fitopatologia-Brasileira. 21:2, 243-249.

Sitton J.W. & Cook R.J. 1981. Comparative morphology and survival of chlamody spores of *Fusarium roseum* "Culmorum" and "Graminarum". Phytopathology 71: 85-90.

Snijders C.H.A. 1990. The inheritance of resistance to head blight caused by *Fusarium culmorum* in winter wheat. Euphytica 50: 11-18.

Snijders C.H.A. & Perkowski J. 1990. Effects of head blight caused by *Fusarium culmorum* on toxin content and weight of wheat kernels. Phytopathology 80; 566-577.

Stähle A., Oerke E.-C. & Dehne H.W. 1998. Occurence and control of *Fusarium* spp and mycotoxin Production in winter wheat in 1997. Phlazenschutstag 1998.

Strausbaugh C.A. & Maloy O.C. 1986. *Fusarium* scab of irrigated wheat in central Washington. Pl. Dis. 70: 1104-1106.

Suty A., Mauler-Machnik & Courbon R. New findings on the epidemiology of *Fusarium* ear blight on wheat and its control with tebuconazole. Brighton Crop Protection Conference-Pest and Diseases 511-516.

Teich A.H. & Hamilton J.R. 1985. Effect of cultural practices, soil phosphorus, potassim, and pH on the incidence of *Fusarium* head blight and deoxynivalenol levels in wheat. Appl. Environ. Microbiol. 49: 1429-1431.

Teich A.H., Sampson D.R., Shugar L., Smid A., Curnoe W.E. & Kennema C. 1987. Yield, Quality and disease response of soft white winter wheat cultivars to nitrogen fertilization in Ontario, Canada. Cer. Res. Comm. 15: 265-272.

DJF Foulum

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

Direktion
Direktionssekretariat, Økonomisekretariat

Afdeling for Animalske Fødevarer
Afdeling for Husdyravl og Genetik
Afdeling for Husdyrernæring og Fysiologi
Afdeling for Husdyrsundhed og Velfærd
Afdeling for Jordbrugssystemer
Afdeling for Plantevækst og Jord

Afdeling for Markdrift
Afdeling for Stalddrift
Centrallaboratoriet
Informationsenhed
IT-funktion
Biblioteksfunktion
International Enhed

DJF Årslev

Kirstinebjergvej 10, 5792 Årslev
Tlf. 63 90 43 43. Fax 63 90 43 90

Afdeling for Prydplanter
Afdeling for Vegetabilske Fødevarer
Afdeling for Infrastruktur

DJF Flakkebjerg

Flakkebjerg, 4200 Slagelse
Tlf. 58 11 33 00. Fax 58 11 33 01

Afdeling for Plantebiologi
Afdeling for Plantebeskyttelse
Afdeling for Infrastruktur

DJF Bygholm

Postboks 536, 8700 Horsens
Tlf. 76 29 60 00. Fax 76 29 61 00

Afdeling for Jordbrugsteknik
Driftsfunktion

Enheder på andre lokaliteter

Afdeling for Sortsafprøvning
Teglværksvej 10, Tystofte
4239 Skælskør
Tlf. 58 16 06 00. Fax 58 16 06 06

Askov Forsøgsstation
Vejenvej 55, 6600 Vejen
Tlf. 75 36 02 77. Fax 75 36 62 77

Bioteknologigruppen
(Afd. f. Plantebiologi)
Thorvaldsensvej 40, 1.
1871 Frederiksberg C
Tlf. 35 28 25 88. Fax 35 28 25 89

Borris Forsøgsstation
Vestergade 46, 6900 Skjern
Tlf. 97 36 62 33. Fax 97 36 65 43

Den Økologiske Forsøgsstation
Rugballegård
Postboks 536, 8700 Horsens
Tlf. 75 60 22 11. Fax 75 62 48 80

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

Jyndevad Forsøgsstation
Flensborgvej 22, 6360 Tinglev
Tlf. 74 64 83 16. Fax 74 64 84 89

Rønhave Forsøgsstation
Hestehave 20, 6400 Sønderborg
Tlf. 74 42 38 97. Fax 74 42 38 94

Silstrup Forsøgsstation
Højmarken 12, 7700 Thisted
Tlf. 97 92 15 88. Fax 97 91 16 96

Tylstrup Forsøgsstation
Forsøgsvej 30, 9382 Tylstrup
Tlf. 98 26 13 99. Fax 98 26 02 11

ISSN 1397-9884