

Opdatering af statusnotat om pesticidresistens 2024

Rådgivningsnotat fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug

Af Seniorforsker Solvejg K. Mathiassen, Seniorforsker Lise N. Jørgensen og Lektor Michael Kristensen Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet (2020)

Opdateret i 2024 af Seniorrådgiver Mette Sønderskov, Lektor Michael Kristensen, Tenure track adjunkt Isaac Kwesi Abuley, akademisk medarbejder Brittany D. Beck og seniorforsker Lise N. Jørgensen, Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet

Datablad

Titel:	Opdatering af statusnotat om pesticidresistens 2024
Forfattere:	Af Seniorforsker Solvejg K. Mathiassen, Seniorforsker Lise N. Jørgensen og Lektor Michael Kristensen Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet (2020) Opdateret i 2024 af Seniorrådgiver Mette Sønderskov, Lektor Michael Kristensen, Tenure track ad-junkt Isaac Kwesi Abuley, akademisk medarbejder Brittany D. Beck og seniorforsker Lise N. Jørgensen, Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet
Fagfællebedømmelse:	Professor Per Kudsk, Institut for Agroøkologi, AU (både i 2020 og 2024)
Kvalitetssikring, DCA:	Akademisk medarbejder Leslie Freya Hoeft, DCA Centerenheden, AU
Rekvirent:	Miljøministeriet
Dato for bestilling/levering:	07.02.2024 / 05.04.2024 / 08.04.2024 (m. mindre revision) / 10.04.2024 (m. mindre revision) / 11.04.2024 (m. mindre revision)
Journalnummer:	2024-0655126
Finansiering:	Notatet er udarbejdet som led i "Rammeaftale om forskningsbaseret myndighedsbetjening" indgået mellem Miljøministeriet, Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri og Aarhus Universitet under ID nr. 1.54 i "Ydelsesaftale Planteproduktion 2024-2027".
Ekstern kommentering:	Nej.
Eksterne bidrag:	AU-Flakkebjerg har fået resultater gennem SEGES fra AGRIS42 omkring herbicidresistenstest af ukrudtspopulationer indsendt af landmænd og rådgivere.
Kommentarer til bestilling:	Nærværende notat er en opdatering af "Opdatering af "Notat om status for og udvikling i ukrudt, svampe og skadedyrs resistens over for pesticider"" leveret september 2020. Opdateringerne er indsat som kommentar-bokse. Hvis ikke andet er angivet gælder teksten fra 2020 stadig. Notatet blev første gang leveret 05.04.24. I en revideret version fra den 08.04.24 blev forfatterlisten opdateret, miljøstyrelsen rettet til miljøministeriet og et kort resume af opdateringen tilføjet. I leveringen den 10.04.24 er der rettet en sætning i boks på side 7 og en tabel i boks på side 19. I leveringen den 11.10.24 er der rettet 2 mindre fejl i resumeet.
Citeres som:	Sønderskov M, Kristensen M, Abuley IK, Beck BD, Jørgensen LN. 2024. Opdatering af statusnotat om pesticidresistens. Rådgivningsnotat fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet. 32 sider. leveret: 11.04.2024.
Rådgivning fra DCA:	Læs mere på https://dca.au.dk/raadgivning/

Miljøministeriet har i en bestilling modtaget af DCA den 7. feb. 2024 bedt om en opdatering af det notat, der blev udarbejdet til Miljøstyrelsen i september 2020. Nærværende notat er efter aftale leveret som en opdateret udgave af det tidligere notat. De nødvendige opdateringer er indsat som kommentarbokse (som denne). Hvis ikke andet er nævnt, så gælder teksten fra 2020 stadig.

Bilagene er ikke bibeholdt fra statusnotat 2020, men der er indsat opdaterede versioner eller slettet, hvis ikke længere relevant.

Besvarelse

Resumé af tilføjelser (2024)

Opdatering 2024 af "Notat om status for og udvikling i ukrudts, svampe og skadedyrs resistens over for pesticider" bygger på notatet fra 2020, som for mange skadevolderes vedkommende stadig er dækkende. På ukrudtsområdet er der siden 2020 primært sket en udbredelse af de allerede kendte resistenstilfælde, italiensk rajgræs og agerrævehale, men der er desuden konstateret yderligere resistenstilfælde hos enårig rapgræs, som kun var observeret hos få populationer før 2020. Flere arter af både en- og tokimbladede ukrudtsarter, såsom alm. hanespore og ferskenpileurt, er desuden kommet i søgelyset. På svampeområdet er der et nyt resistenstilfælde hos kartoffelskimmel over for mandipropamid, der nødvendiggør en nytænkning af bekæmpelsesstrategierne. Bekæmpelsen af kartoffelskimmel er i dag i vid udstrækning bygget op omkring et aktivstof, hvor der tidligere er konstateret resistens. I kornafgrøderne har der været en udvikling i resistens over for både SDHI-midlerne hos septoria og bygbladplet og over for azolerne hos septoria. Blandt insekterne har der været en udvikling, der betyder, at bekæmpelse af glimmerbøsser nu kun kan foretages med pyrethroider, da der stadig forventes at være høj og udbredt resistens over for lambda-cyhalothrin. Siden 2020 er der konstateret resistens over for pyrethroidet lambda-cyhalothrin hos kløverhovedgnaveren, *Hypera meles*. Der er også tegn på begyndende resistens hos hvidkløversnudebille, *Protapion fulvipes*. Det er nødvendigt med et styrket fokus på at forebygge resistens, hvilket i praksis betyder, at jordbrugerne i højere grad skal anvende integrerede bekæmpelsesstrategier (IPM), hvor pesticider kombineres eller erstattes af andre tiltag, end tilfældet er i dag. AU-Flakkebjerg deltager i internationale fora med fokus på resistensudvikling og -forebyggelse og har et tæt samarbejde med rådgivningstjenesten i Danmark med henblik på at sikre, at ny viden om resistens implementeres i praksis.

Baggrund

De stigende problemer med pesticidresistens på verdensplan vækker bekymring blandt forskere og rådgivere inden for planteproduktion. Årsagen er, at der samtidig med det stigende antal tilfælde af pesticidresistens sker en løbende reduktion i antallet af registrerede pesticider som følge af en mere restriktiv godkendelsesprocedure. I modsætning til tidligere er det i dag ofte ikke muligt at løse et resistensproblem ved blot at skifte til et andet pesticid. Denne tendens er forstærket med den nye EU-forordning om markedsføring af pesticider, som trådte i kraft i juni 2011. Danmarks strengere godkendelseskrav på udvaskningsområdet er med til yderligere at mindske antallet af midler sammenlignet med vores nabolande.

Miljøstyrelsen har i en bestilling modtaget af DCA den 26. maj 2020, bedt om en opdatering af et tidligere notat leveret i januar 2016. Nærværende notat er udfærdiget på baggrund af dette.

Status for resistens

Ukrudt

Institut for Agroøkologi ved Aarhus Universitet (AU-Flakkebjerg) har gennem en årrække fulgt resistensudviklingen hos ukrudt via et tilbud til landmænd og konsulenter om resistenstest af frøprøver indsamlet i marker, hvor der på baggrund af utilstrækkelig effekt af en herbicidbehandling er mistanke om resistens. I de første år var der tale om et gratis tilbud, men siden 2016 er der opkrævet et gebyr for disse tests (bilag 1). Status for antallet af positive fund i de indsendte prøver er vist i tabel 1. Af tabellen fremgår det, hvornår det første tilfælde af resistens blev fundet i Danmark, og hvilken type resistens der er tale om.

Tabel 1. Oversigt over herbicidresistens i Danmark i frøprøver indsamlet i marker med mistanke om resistens, August 2020.

Ukrudsart	Resistenstype*	Første tilfælde	Totalt antal af tilfælde pr. august 2020
Fuglegræs	ALS TSR	1991	36
Hanekro	ALS TSR	1999	1
Agerrøvehale	ACCcase TSR, NTSR	2001	104
Kornvalmue	ALS TSR	2003	12
Ital. rajgræs	NTSR (ALS TSR)	2010	53
Alm. Rajgræs	NTSR	2014	3
Kamille	ALS TSR	2010	20
Gul okseøje	ALS TSR	2010	2
Vindaks	NTSR	2010	8
Hyrdetaske	ALS TSR	2011	1
Enårig rapgræs	ALS TSR?	2015	3

*ALS=acetolactat-syntase, ACCcase= acetyl-CoA-carboxylase, TSR= target site resistens, NTSR= non-target site resistens

Hos de tokimbladede ukrudsarter er der udelukkende fundet resistens over for ALS-hæmmere (HRAC* B), som er den herbicidgruppe, som sulfonylureamidlerne hører til. Årsagen til resistens er en mutation, som ændrer det sted i planten, hvor herbicidet virker, også kaldet target site resistens (TSR). Udviklingen af resistens inden for ukrudtsgræsserne er gået stærkere end for de tokimbladede arter. I begyndelsen fandt vi primært TSR resistens overfor ACCcase-hæmmere (f.eks. fenoxaprop-P og

clodinafop, HRAC A). Sidenhen synes udviklingen af non-target site resistens (NTSR) at være blevet mere udbredt hos græsukrudsarterne og vurderes i dag at være den mest fremherskende resistensmekanisme i de resistente danske populationer (Keshtkar et al., 2015). Resistensen skyldes en øget metabolisme, som medfører en hurtigere nedbrydning af herbicider. Det betyder, at det ikke kun er én type af herbicider, hvis effekt er påvirket, men at effekten af flere herbicider med forskellige virkningsmekanismer reduceres. Da det ikke er muligt at forudsige hvilke virkemekanismer, der er påvirket, er det i disse tilfælde vanskeligt at udarbejde bekæmpelsesstrategier.

Udvikling i antal af resistentilfælde hos fuglegræs og agerrævehale, som var de første arter, der blev fundet resistens hos, er ikke voldsom. Der er fundet 36 tilfælde af resistens hos fuglegræs i løbet af 29 år og 104 fund hos agerrævehale over 19 år. Dette svarer til, at henholdsvis ca. 75 % og 65 % af de indsendte prøver har vist sig at være resistente. AU-Flakkebjerg har ikke modtaget prøver af fuglegræs og valmuer og kun få prøver af kamille til test i de senere år. Langt hovedparten af de indkomne prøver har været rajgræs. Problemer med bekæmpelse af hanespore har medført, at vi har testet enkelte prøver uden at finde resistens hos denne art. Ligeledes er en enkelt flyvehavrepopulation testet uden fund af resistens. I efteråret 2015 blev der fundet resistens over for Broadway (pyroxsulam + florasulam + cloquintocet-mexyl) og Hussar OD (iodosulfuron) i en indsendt prøve af enårig rapgræs. Efterfølgende undersøgelser har vist, at resistensen skyldes en mutation, som medfører resistens over for ALS-hæmmere (HRAC B). Det er første tilfælde af denne type resistens hos enårig rapgræs i Europa, mens der er rapporteret om flere tilfælde på golfbaner og græsplæner i USA (Heap, 2020). Der er nu fundet yderligere to tilfælde af resistent enårig rapgræs. De tre tilfælde af resistent enårig rapgræs er indsamlet i marker med vidt forskellige sædskifter – et kornrigt sædskifte, et sædskifte med frøgræs og et med monokultur af majs. Fælles for de tre lokaliteter er en udbredt anvendelse af ALS-hæmmere – i de pågældende marker var der anvendt sulfonyleamidler i 7 ud af 8 år (Mathiassen, 2020). Disse eksempler understreger, at risikoen for resistens ikke er isoleret til enkelte sædskifter. Enårig rapgræs er den hyppigste ukrudsart i Danmark og en af de få arter, som har flere generationer på et år. Pollen spredes med vinden (fremmedbestøvning), og hver plante producerer mange frø. Disse egenskaber gør enårig rapgræs til en potentiel 'superspredere'.

I 2013-15 blev forekomsten af herbicidresistens undersøgt i en landsdækkende monitoring. Undersøgelsen omfattede 334 prøver af frø fra 8 ukrudsarter og havde til formål at skabe en baseline for forekomst af resistens, som fremover kan bruges som et referencegrundlag. Frøprøverne blev indsamlet i ubehandlede forsøgsled i ukrudtsforsøg udført af de lokale planteavlforeninger samt GEP (god eksperimentel praksis) anerkendte forsøgsheder. Resultaterne viste, at 8 % af de indsamlede prøver var resistente over for et eller flere herbicider. Resistens var hyppigst forekommende hos agerrævehale, hvor 30 % af de indsamlede prøver var resistente over for fop/dim- (HRAC A) og sulfonyleamidler (HRAC B). Hos fuglegræs og rajgræs var ca. 15 % af prøverne resistente over for sulfonyleamidler. Resistens var mindre udbredt i kornvalmue (5 % af prøverne) og lugtløs kamille (1 % af prøverne) (Mathiassen & Kudsk, 2016).

I forbindelse med C-IPM projektet RELIUM blev der i 2017 indsamlet 126 prøver af rajgræs (94 prøver af italiensk rajgræs, 26 prøver af almindelig rajgræs), som var mistænkt for at være resistente. Resultater af resistentest viste, at 66 % af prøverne af italiensk rajgræs var helt eller delvist resistente over for Atlantis OD (HRAC B), mens 42 % af prøverne var resistente over for Topik (clodinafop, HRAC A). I 35 % af prøverne var der resistens over for begge herbicider (multiple resistens), mens kun 28 % af prøverne var følsomme over for begge herbicider (Mathiassen, 2017; 2018). For almindelig rajgræs blev der fundet resistens over for Atlantis OD (mesosulfuron + iodosulfuron + mefenpyr) i 26 % af prøverne og over for Topik i 19 % af prøverne, mens ca. 70 % af prøverne var følsomme over for begge herbicider. I supplerende undersøgelser af et mindre antal af de resistente populationer

fandt vi i nogle af planterne en af de punktmutationer, som medfører resistens over for ALS hæmmere (HRAC B), men ingen af de mutationer, som medfører resistens over for ACCase hæmmere (HRAC A), blev fundet. Resultaterne indikerer, at den fremherskende resistensmekanisme i de danske rajgræspopulationer er øget metabolisme (Scarabel et al., under udarbejdelse) i lighed med, hvad der tidligere er fundet for agerrævehale (Keshkta et al., 2015) og vindaks (Babineau et al., 2017).

*Herbicide Resistance Action Committee (HRAC) klassificering af virkemåde
<https://www.hracglobal.com/>

Moniteringen fra 2013-15 blev fulgt op af en ny indsamling af prøver i 2021-22. Her blev fokuseret på arter, hvor der blev observeret resistens i 2013-15. Tidligere observationer af resistens hos enårig rapgræs over for ALS hæmmere gjorde, at denne art blev inkluderet i moniteringen. Resultaterne viste, at der er en tendens til et stigende antal lokaliteter med resistens hos fuglegræs og lugtløs kamille, hvor henholdsvis 23% og 7% blev klassificeret som resistente. Antallet af prøver af agerrævehale og rajgræsarterne var for lille til at konkludere om udbredelsen af resistens er ændret for disse arter. Der blev ikke observeret resistens hos enårig rapgræs på de undersøgte lokaliteter i undersøgelsen (Sønderskov 2024).

Da fundene af resistens hos enårig rapgræs er bekymrende, specielt i forhold til produktionen af græsfrø, der kræver en meget høj renhedsgrad, blev der indsamlet frø af enårig rapgræs i 34 engrapgræsfrømarker. Engrapgræs blev valgt da der i denne afgrøde kun er aktivstoffet iodosulfuron, som er en ALS hæmmer, til bekæmpelse af enårig rapgræs. Der blev indsamlet frø i marker, hvor der var behandlet med iodosulfuron tidligere i sæsonen. Resultaterne af en screening viste, at der var resistens i en stor del af markerne: i en tredjedel af markerne var der en effektivitet på mindre end 90 % og for fem prøver var effektiviteten under 60 %. For den følsomme reference var der 99 % effekt på antallet af planter (Frøafgiftsfonden 2022).

AU-Flakkebjerg tilbyder ikke længere test af frø af ukrudtsplanter indsendt af landmænd, men SEGES har i 2023 udbudt test i samarbejde med AGRIS42 (tysk firma, der tester for resistens i flere lande). AU-Flakkebjerg følger disse test og holder sig opdateret om resultaterne. Der blev testet 65 populationer af italiensk rajgræs, 12 populationer af agerrævehale og 1 population af alm. rajgræs. Test af 1-2 populationer af vindaks, gold hejre, lugtløs kamille, enårig rapgræs, fuglegræs, væselhale og ferskenpileurt var ikke afsluttet ved levering af dette notat. De testede populationer kommer typisk fra marker med mistanke om resistens. Sådanne resultater kan sige noget om hvor stor en andel af mistænkte tilfælde, der reelt viser resistens. Ud af de 77 testede populationer, hvor resultatet foreligger, er der kun 4 tilfælde, hvor der ikke er fundet resistens i de indsendte prøver. Resultaterne fra disse test viste, at der var udbredt resistens over for ALS-hæmmere hos italiensk rajgræs (iodosulfuron alene og i kombination med mesosulfuron eller foramsulfuron samt pyroxsulam+florasulam). Hos agerrævehale var resistens over for iodosulfuron mest udbredt, men enkelte populationer var resistente over for flere ALS-hæmmere. Over for ACCase hæmmere er der en nedsat følsomhed hos mange populationer af både italiensk rajgræs og agerrævehale. For fenoxaprop-p gælder, at der typisk er et meget lavt effektivitetsniveau (< 50%), mens der generelt er observeret middelniveauer for clodinafop (50-85% effekt), hvor der er en nedsat følsomhed. Propaquizafop blev kun testet på hhv. 10 italiensk rajgræs og 5 agerrævehale populationer, og der blev observeret nedsat følsomhed hos 2 populationer af hver art. Hos italiensk rajgræs blev der ikke konstateret resistens over for cycloxydim, men hos agerrævehale var der nedsat følsomhed hos 3 ud af 11 populationer. Status for herbicidresistens er, at der er en stadig stigning i antallet af populationer med resistens, og at der stadig kommer nye arter på listen, dog er der længere mellem de nye arter end tidligere. Nye arter, hvor der er interesse hos landmænd for resistenstest: grøn skærmaks, hanespore, hejrearter og pileurtsarter.

Svampe

Der er ikke foretaget en systematisk overvågning af fungicidresistens i Danmark. Specifikke tilfælde, hvor der har vist sig problemer, har været fulgt i et samarbejde mellem AU-Flakkebjerg, konsulenttjenesten og de agrokemiske firmaer. Resultater heraf er opsummeret i tabel 2.

I slutningen af 1970'erne og begyndelsen af 1980'erne blev de første specifikke fungicider markedsført. De var mere effektive end tidligere fungicider, men samtidig var de mere følsomme over for udvikling af resistens. I Danmark blev de første tilfælde af fungicidresistens fundet i 1980'erne hos meldug i korn overfor azoler (FRAC* 3) og hos knækkefodsyge overfor MBC-midler (FRAC B1). Den historiske udvikling af resistens er bl.a. beskrevet i Jørgensen et al. (2018).

I slutningen af 1990'erne blev en ny gruppe af fungicider, strobilurinerne (FRAC 11), markedsført. Disse midler er meget specifikke og har høj risiko for udvikling af resistens. Strobilurinresistens er nu udbredt hos kornmeldug, hvedegråplet (septoria), hvedebrunplet, hvedebladplet, sneskimmel, m.fl. I dag anvendes strobiluriner mere begrænset, men da visse svampe erfaringsmæssigt ikke kan udvikle resistens på grund af en specifik mekanisme (intron), er strobilurinerne stadig effektive overfor f.eks. rustsygdomme, bygbladplet og skoldplet i korn.

Azoler har været på markedet i mere end 30 år og er vores mest anvendte fungicidgruppe. Gruppen har moderat risiko for udvikling af resistens. Siden starten af 00'erne er der set svigtende markeffekter på septoria af tebuconazol og propiconazol, og de sidste 5-8 år er der ligeledes set ca. en halvering af effekterne af både epoxiconazol og prothioconazol (Heick et al., 2020). Denne udvikling er bekymrende og i tråd med, hvad man har set i andre lande - især i Storbritannien og Irland (Kildea et al., 2020). Udviklingen i EC₅₀-værdierne for epoxiconazol og prothioconazol følges i årlige surveys, da disse to midler i en længere årrække har været vigtige i bekæmpelsen af septoria i Danmark (Heick et al., 2020). Azoler bruges også til bejdsning imod udsædbårne sygdomme i korn. Her bruges i dag hovedsageligt prothioconazol og tebuconazol, mens man tidligere har brugt imazalil, der i dag er trukket ud af markedet. Der er rapporteret problemer med resistens over for disse midler hos bygbladplet i bl.a. Sverige og Finland. I Danmark mangler der en tilbundsående undersøgelse af, om *Pyrenopora teres*, som forårsager bygbladplet, har udviklet resistens over for azoler. Fra enkelte firmamoniteringer er der dog kendskab til, at azol-resistens hos *P. teres* forekommer i vidt omfang.

Fungicider med indhold af SDHI'er (FRAC 7) er også ret udbredte til både landbrug- og gartneriafgrøder. To aktivstoffer fra denne gruppe er godkendte og indgår i forskellige kombinationer med azoler og strobiluriner. Der er fundet en lang række eksempler på udvikling af resistens overfor SDHI'er. Dette gælder både inden for kornsygdomme, bladplet (*Alternaria solani*) i kartofler og gråskimmel i flere specialafgrøder. Der er fundet mange forskellige mutationer i de forskellige svampepopulationer, som i varierende grad har indflydelse på markeffekterne (Heick et al., 2019; Jørgensen et al., 2018). Fra udlandet, hvor der er flere SDHI'er på markedet, har man set stigende problemer med SDHI-resistens, som også har givet anledning til reducerede markeffekter (Rehfus et al., 2016).

Hvor der er konstateret resistens i udlandet, eller der er set utilstrækkelig bekæmpelse i markforsøg i Danmark, tilbyder AU-Flakkebjerg i samarbejde med de kemiske firmaer at teste indsamlede bladprøver med sygdomme for resistens. Vi anvender både bioassays og PCR-metoder til monitoreringen. AU-Flakkebjerg har igennem en længere årrække haft et samarbejde med det svenske landbrugsuniversitet (SLU) omkring monitorering af følsomheden hos udvalgte sygdomme. AU-Flakkebjerg har ligeledes indgået i flere europæiske projekter bl.a. EURO-WHEAT og EURO-RES, hvor man på tværs af flere lande har testet markeffekten af fungicider og udviklet DNA-baserede metoder til bestemmelse af de vigtigste mutationer hos *Zymoseptoria tritici* (Hellin et al., 2020; Jørgensen et al., 2020a).

Uden for kornområdet er der i de senere år lavet flere undersøgelser af resistens hos meldug i roer (Heick et al., 2019) hvor der er konstateret stigende forekomst af strobilurinresistens (FRAC 11).

Strobilurinresistens er også kendt for at forekomme i et vist omfang fra firmamonitering hos cercosporablادplet. Også hos bladplet i kartofler har man set faldende markeffekter med strobiluriner (fra 80 % til 36 %), når der er stor forekomst af F129L mutationen (Nielsen and Abuley, 2018) og hos gråskimmelsvampen (*Botrytis cinerea*) i jordbær har man set stigende problemer med bekæmpelse med flere typer af fungicider (tabel 2) (Nielsen et al. 2020).

Tabel 2. Oversigt over fungicidresistens i Danmark

Sygdomme	Resistens overfor	Første	Udbredelse
Knækkefodsyge	MBC	1982	Hele landet. MBC-midler må ikke længere bruges
Septoria tritici	MBC	1985	Hele landet. MBC-midler må ikke længere bruges
	Strobilurin	2002	Udbredt i hele landet
	Azoler	2003	Udbredt til visse azoler
	SDHI	2017	Fund af de først få mutationer
Hvedebladplet	Strobiluriner	2005	Få lokaliteter undersøgt
Hvedebrunplet	Strobiluriner	2011	Få lokaliteter undersøgt
Hvedemeldug	Azoler	1985	Udbredt til visse azoler
	Strobilurin	1998	Udbredt i hele landet
	Metrafenon	2011	Moderat til høj resistens
Bygmeldug	Azoler	2010	Udbredt til visse azoler
	Strobilurin	2002	Udbredt i meste af landet
	Metrafenon	-	Ikke kendt
Ramularia, bladplet i byg	Strobilurin	2010	Udbredt i hele landet
	SDHI	2018	Nogen udbredelse
	Triazolol	2018	Nogen udbredelse
Bygbladplet	Strobiluriner	2010	Moderat resistens
	SDHI	2013	Få tilfælde konstateret p.t.
Gråskimmel	SDHI	2011	Udbredt forekomst
	Strobiluriner	2018	Udbredt forekomst
	Anilinpyrimidins	2018	Udbredt forekomst
	Fenhexamid	2018	Udbredt forekomst
Kartoffelskimmel	Phenylamider	1983	Ret udbredt, phenylamider må ikke længere bruges
Bladplet i kartofler	SDHI	2017	Ret udbredt resistens, nogen påvirkning af markedet
Meldug i bederoer	Strobiluriner	2017	Ret udbredt resistens
Cercospora i roer	Strobiluriner	2018	Få prøver er testet. Stor udbredelse i udlandet med store konsekvenser for dyrkning.

*Fungicide Resistance Action Committee (FRAC) klassificering af virkemåde <https://www.frac.info/>

Svampe

Korn

Monitering for resistens overfor azoler og SDHI'er hos *Zymoseptoria tritici* og *Pyrenophora teres* er stadig i gang (Heick et al 2023). Der er sket en stigende udvikling i andelen af SDHI-mutationer (C-T79N, C-N86S) i den danske *Zymoseptoria tritici* population. Disse forventes i nogen grad at mindske effekten af denne middelgruppe, men SDHI'erne ses stadig som vigtige blandingspartnere for azolerne.

De gamle azoler (prothioconazole, metconazole, tebuconazole, difenoconazole) giver fortsat ca. 40-50% bekæmpelse af septoria i marken, og følsomhedstest i laboratoriet viser stadig ret stabil udvikling. Dog ses der fortsat en forøgelse i andelen af flere CYP51 mutationer (bl.a. S524T), som indikerer, at populationen stadig ændrer sig. Den nye azol, mefentrifluconazole, som blev introduceret i 2021, giver fortsat en meget høj effekt på septoria og påvirkes ikke markant af de nuværende CYP51 mutationer. Godkendelsen af mefentrifluconazole er begrænset til 1 behandling pr. sæson, hvilket skønnes vigtigt for at mindske risikoen for resistensudvikling. Gode og stærke blandingspartnere til mefentrifluconazole mangler desværre, hvilket mindsker mulighederne for at lave en optimal anti-resistensstrategi.

Også overfor bygbladplet (*Pyrenophora teres*) er der set ændring i SDHI'ernes følsomhed (Heick et al 2023). I moniteringen hos AU-Flakkebjerg i både 2022 og 2023 havde ca. halvdelen af de testede isolater en reduceret følsomhed, hvilket viser et skred i retning af nedsat følsomhed. Over for azolerne er der også set en mindre nedsættelse af følsomheden, hvilket ligger i tråd med fund fra udlandet. Da landmænd hovedsageligt bruger blandinger af strobiluriner, azoler og SDHI'er til bekæmpelse af sygdomme i byg, vil en nedsat effekt i marken ofte sløres af den samlede effekt af blandingen.

Svampe
Tabel 2, opdatering.
Kartofler

Følgende resistenstilfælde tilføjes

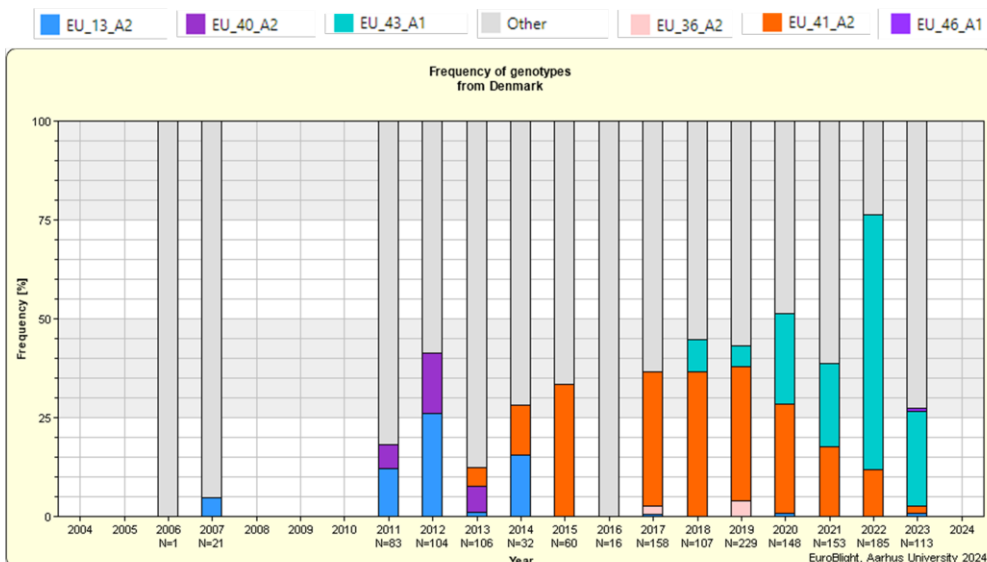
Kartoffelskimmel	Mandipropamid	2022	Udbredt resistens, stærkt forbundet med EU43 P. infestans genotype.
Kartoffelbladplet	Strobiluriner	2013	Udbredt resistens (af F129L mutation)

Det kan desuden tilføjes til resistens over for SDHI for kartoffelskimmel, at den mest almindelige mutation er H134R.

Resistens over for mandipropamid er kommet til siden 2020.

Mandipropamid er et aktivstof i carboxylsyreamidgruppen (CAA) af fungicider og er en nøglekomponent i bekæmpelsen af kartoffelskimmel (*Phytophthora infestans*). Der blev fundet udbredt resistens over for mandipropamid i 2022 i Danmark (Abuley et al., 2023). Denne resistens har ført til et fuldstændigt tab af effekt af mandipropamid under markforhold. Resistensen over for mandipropamid kan tilskrives skimmeltypen EU43, som blev fundet i Danmark for første gang i 2018. I 2022 udgjorde EU43 ca. 65% af den danske skimmelpopulation. EU43 er også blevet påvist i andre europæiske lande, herunder Holland, Belgien, Sverige, Norge, Tyskland og Portugal (EuroBlight, 2023). Monitoringsresultater fra 2024 viser et fald i andelen af EU43-kartoffelskimmeltypen som følge af en målrettet bekæmpelsesstrategi baseret på andre aktivstoffer, så den kun udgjorde 24 % af den samlede population af skimmel i Danmark (se figur nedenfor). Der ses krydsresistens over for andre CAA-fungicider hos skimmelpopulationer af EU43-typen.

Genotypes

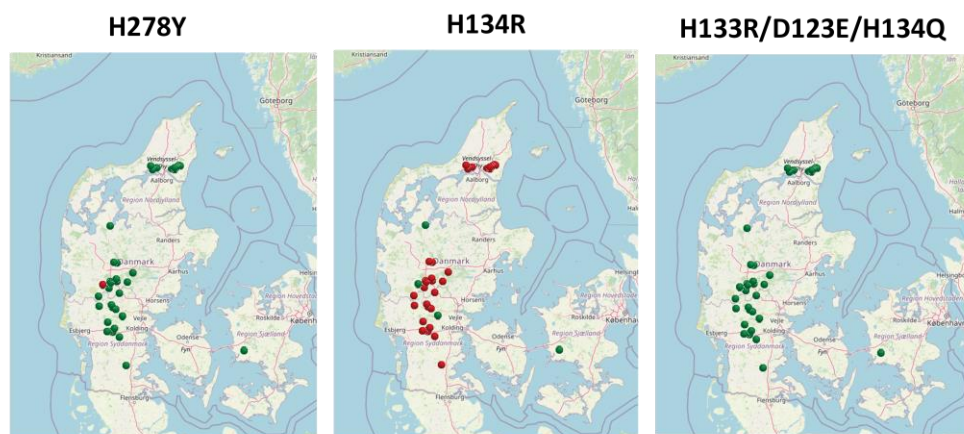


Hyppighed af skimmel fra 2004 til 2023 i Danmark

Oxathiapiprolin tilhører piperidinythiazolisooxazolin-klassen af fungicider og viser en meget høj effekt mod plantesygdomme forårsaget af oomycete-patogener. Dette aktivstof kom på markedet i Danmark i 2022. Fungicide Resistance Action Committee (FRAC) klassificerer dog oxathiapiprolin som en medium til høj risiko for fungicidresistens. Indtil videre viser vores monitoringsresultater, at den danske skimmelpopulation er meget følsom over for oxathiapiprolin. Imidlertid er udbredt resistens over for oxathiapiprolin blevet observeret i Holland, Belgien og Tyskland (Anonym, 2024a).

Der er observeret tilfælde i Sverige (Bjørn Andersen, Personlig kommunikation) og Holland, hvor skimmelteryper har vist resistens over for både mandipropamid og oxathiapiprolin. Denne udvikling kan i betydelig grad påvirke bekæmpelse af kartoffelskimmel, da mandipropamid og oxathiapiprolin i øjeblikket er vigtige fungicider, der anvendes til bekæmpelse af kartoffelskimmel.

I forlængelse af teksten omkring SDHI-resistens over for boscalidfungiciderne hos kartoffelbladplet fra det tidligere statusnotat kan det nævnes at der er gennemført et studie hos AU-Flakkebjerg, som undersøgte udbredelsen af mutationer fundet på europæisk plan, der medfører targetsite-resistens for SDHI'er. I Danmark fandt man, at det var H134R mutationen, som var udbredt, mens to andre mutationer (H278Y og H133R/D123E/H134Q) ikke blev fundet eller kun i meget begrænset omfang (Anonym 2023) (se figur nedenfor).



Fordeling af mutationer i forskellige succinatdehydrogenase underenheder (SDH) i *Alternaria solanica*-populationer i Danmark. Rødfarvede punkter indikerer tilstedeværelsen af mutation, mens grønfarvet punkt indikerer fraværet af mutationer i det analyserede isolat.

Mutationen F129L, som fører til nedsat effekt af quinon outside hæmmer (QoI) fungicider, blev først gang fundet med lav frekvens (7%) i 2013 i Danmark (Bent Nielsen (AU-Flakkebjerg, upubliceret). Yderligere undersøgelser i 2015-2016 afslørede en høj frekvens af F129L-mutationen (figur 3). AU-AGRO har siden 2016 ikke foretaget nogen overvågning af resistens over for QoI fungicider. FRAC rapporterede imidlertid om udbredt forekomst af F129L-mutationer i Danmark og andre lande som Holland, Belgien og Sverige (Anonym, 2024b). Indtil videre er der ikke fundet *noget Alternaria-isolat* med G134A-mutationen i Danmark (Anonym, 2024b).

Skadedyr

Insekticidresistens er et mindre problem end herbicid- og fungicidresistens i Danmark. Det kan i vid udstrækning tilskrives, at skadedyr generelt er et mindre problem end ukrudt og sygdomme, og at insekticidforbruget derfor er mindre intensivt end forbruget af herbicider og fungicider. Der er i mange tilfælde kun ét eller få aktivstoffer godkendt mod forskellige arter af skadedyr.

Insekticidresistens hos skadedyr i frilandsafgrøder kendes i Danmark fra 1980'erne, hvor der blev fundet resistens overfor pyrethroider, organofosfater og carbamater hos ferskenbladlus i sukkerroer. Ferskenbladlusens betydning som skadedyr i produktionen af sukkerroer har været ubetydelig, siden man i 1990erne begyndte at bejdse roefrø med neonikotinoider. Det vurderes, at ferskenbladlusen igen vil blive et betydeligt skadedyr, når der ikke længere bejdses med neonikotinoider. Der er mulighed for at anvende aktivstofferne lambda-cyhalothrin (IRAC* 3A), pyrethrin I og II (IRAC 3A), tau-fluvalinate (IRAC 3A), acetamiprid (IRAC 4A), pirimicarb (IRAC 1A), flonicamid (IRAC 29) og spirotramat (IRAC 23A) mod forskellige bladlusarter i en række forskellige afgrøder.

Der er udbredt resistens hos ferskenbladlus overfor mange forskellige insekticider i Europa, men vi kender ikke status i Danmark. Den seneste undersøgelse fra det nordlige Europa omfatter nogle få populationer fra Danmark, Holland og Belgien indsamlet i 2016. Der er udbredt pyrethroidresistens i Europa, og det vurderes, at det er en dårlig strategi at anvende pyrethroider (IRAC 3A) til bekæmpelse af ferskenbladlus i Danmark, hvorimod pirimicarb og imidacloprid formodes at have en god effekt (Kristensen og Skovgård, 2019). For pirimicarb (IRAC 1A) vurderes det, at der kan opstå et resistensproblem i Danmark, idet der i Europa kendes en mutation i insekticidets bindingspunkt, som forårsager høj resistens (Kristensen og Skovgård, 2019). Risikoen for resistens er reduceret ved en begrænsning til én anvendelse årligt i mange afgrøder.

I landbrugsafgrøder blev den første resistente glimmerbøssepopulation fundet i 1999. Gennem 00'erne blev resistensen systematisk undersøgt i et mindre antal populationer. Det generelle billede var kraftig resistens over for første generationspyrethroider såsom lambda-cyhalothrin (IRAC 3A), mens der var mindre udbredt resistens overfor anden generationspyrethroider, f.eks. tau-fluvalinate (IRAC 3A). I 2014 blev glimmerbøsser fra mere end 50 lokaliteter i Danmark testet for resistens overfor pyrethroider ved anvendelse af en international standardtest. Der blev observeret nogle regionale forskelle i omfang og niveau af resistens (Kaiser et al., 2018). Sådanne forskelle vil stadig være til stede og følge forbruget af pyrethroider. Der findes et alternativ med aktivstoffet indoxacarb (IRAC 22A), som det eneste ikke-pyrethroid godkendt mod glimmerbøsser, og det er således vigtigt inden for nogle få år at undersøge en potentiel udvikling af resistens over for indoxacarb. Det skal bemærkes, at indoxacarbs skæbne i EU p.t. er usikker.

Rapsjordlopperne kunne tidligere bekæmpes ved bejdsning af frø med neonikotinoider men kan nu kun bekæmpes ved at anvende pyrethroider (IRAC 3A). I flere lande er der problemer med pyrethroidresistens hos dette skadedyr. Der er begyndende udvikling af resistens overfor pyrethroider hos rapsjordlopper i Danmark, men der er ikke svigt i bekæmpelsen af rapsjordlopper, som følge af resistens (Højland et al., 2015). Tyve danske populationer blev undersøgt i 2014-15, og kun to af disse var resistente overfor pyrethroider i det bioassay, der blev anvendt, og der var ikke tale om et højt niveau af resistens. Ved en dosis ækvivalent til den der anvendes i marken, var dødeligheden henholdsvis 90 % og 87 % i modsætning til normalt 100 % (Højland og Kristensen, 2018). Det vurderes ikke at ville udgøre et problem for bekæmpelsen i Danmark i de nærmeste år.

Inden for væksthushproduktion er der adskillige skadedyr, som har potentiale til at udvikle insekticidresistens, men da der anvendes insekticider med forskellige virkemekanismer samt biologisk bekæmpelse, forventes der kun mindre problemer med resistens. Den største fare på dette område vil være import af resistente skadedyr i forbindelse med f.eks. pottede planter.

Resistens hos skadedyr i husdyr- og fødevarerproduktion er ikke undersøgt i mange år. Resistens hos stuefluen blev senest undersøgt 2000-01, hvor der blev fundet en enkelt population med

neonikotinoidresistens, men vi kender ikke udviklingen af resistens, siden der blev skiftet til neonikotinoider for mere end 10 år siden. Dette gælder også den lille stueflue og den lille melbille inden for henholdsvis minkavl og kyllingeproduktionen, hvor resistens over for et meget lille udvalg af midler kan være problematisk. Endelig udsættes kakerlakkerne for et meget stort selektionspres med pyrethroider på trods af, at der anvendes få men effektive ædegifte med fipronil og neonikotinoid, hvilket også kan blive et resistensproblem.

*Insecticide Resistance Action Committee (IRAC) klassificering af virkemåde <https://irac-online.org/>

Opdatering 2024

De sidste par år er der typisk set svage forekomster af ferskenbladlus og bekæmpelse har sjældent været nødvendig. Der er ikke set en udvikling i Danmark, hvor der er kommet flere eller mere omfattende angreb af ferskenbladlus. Der er ikke nye data vedr. resistens, som forventes at være uændret.

Bekæmpelse af glimmerbøsser kan nu kun foretages med pyrethroider, hvor der stadig forventes at være høj og udbredt resistens over for lambda-cyhalothrin. Bekæmpelse af glimmerbøsser vil oftest ikke give et netto-merudbytte, idet de nuværende vinterrapsorter er gode til at kompensere for angreb af skadedyr. Da der kun findes et aktivstof, tau-fluvalinate, bør bekæmpelse kun foretages ved meget kraftige angreb.

Der er ikke udviklet pyrethroid-resistens hos rapsjordloppen selvom der kun kan anvendes pyrethroid til bekæmpelsen. Landbruget har de seneste år fået testet enkelte populationer i Tyskland, som var følsomme over for lambda-cyhalothrin (Landsforsøgene 2023).

Der er udviklet udbredt resistens over for pyrethroidet lambda-cyhalothrin hos kløverhovedgnaveren, *Hypera meleis*, som er et skadedyr i hvidkløver. Et produkt registreret til mindre anvendelse har været anvendt i den dosis, der er godkendt til andre anvendelser, men som formodes at være i den lave ende til bekæmpelse af kløverhovedgnaveren, og der er således blevet selekteret for resistens som følge af en for lav dosis. Den noget mindre hvidkløversnudebille, *Protapion fulvipes*, kan stadig bekæmpes med lambda-cyhalothrin, men der er tegn på begyndende udvikling af resistens. Der findes ingen regelrette godkendte produkter mod skadegørere i hvidkløver, men et produkt med aktivstoffet acetamiprid, som har en anden virkemekanisme, er også registreret til mindre anvendelse i hvidkløver mod disse snudebiller.

Pesticidafgiftens betydning for priser samt udvikling/ændring i forbrug

Pr. 1. juli 2013 blev der indført en ny pesticidafgift i Danmark. Den nye afgift er, i modsætning til den tidligere, baseret på midlernes iboende egenskaber og ikke på salgsværdien. Da midler tilhørende den samme kemiske gruppe ligner hinanden mere med hensyn til deres sundheds- og miljøpåvirkning end midler tilhørende forskellige kemiske grupper, medfører afgiften, at nogle kemiske grupper prismæssigt er blevet mere attraktive end andre. Eksempler på pesticidafgiftens betydning for pris af udvalgte pesticider kan ses af bilag 2, som viser pris før pesticidafgiftens indførelse og pris ved udgangen af 2014.

For herbiciderne betød pesticidafgiften, at især sulfonyleareherbiciderne (f.eks. tribenuron, iodosulfuron, HRAC B) blev billigere, men også prisen på ACCase-herbiciderne (f.eks. fenoxaprop og clodnafop, HRAC A) blev reduceret. Derimod blev pendimethalin (HRAC K1) og prosulfocarb (HRAC N), som i dag anbefales til forebyggelse af resistens, væsentligt dyrere. Med den nye afgift er der således et økonomisk incitament til at øge anvendelsen af de herbicider, hvor erfaringerne fra ind- og udland har vist, at risikoen for udvikling af resistens er størst.

Baggrunden for at gennemføre projektet 'Etablering af en status for forekomst af herbicidresistens i Danmark' var et ønske om at få kortlagt udbredelsen af herbicidresistens, inden effekten af afgiften slog igennem med henblik på at etablere en baseline, så man i fremtiden kan vurdere forskellige agronomiske tiltags og/eller politiske beslutningers effekt på udbredelsen af resistens. I første omgang var det specifikt med tanke på, om pesticidafgiften ville føre til et mere ensidigt herbicidvalg og dermed få negative konsekvenser i relation til herbicidresistens.

Bekæmpelsesmiddelstatistik 2017 (Ørum & Martensen, 2019) viser, at salget af prosulfocarb (Boxer) er mere end halveret i 2017 sammenlignet med 2011. I samme periode er salget af clodinafop (Topik) og pyroxulam (Broadway) mere end firedoblet, mens salget af mesosulfuron (Atlantis OD) er tredoblet. Disse ændringer i salgstal tyder på, at landmændene har substitueret en del af Boxer behandlingerne med en ekstra sprøjtning mod græsukrudt senere på vækstsæsonen – en tilpasning som er negativ set ud fra en resistensmæssigt synsvinkel.

Inden for svampemidlerne har afgiftssystemet øget prisen på produkter, som indeholder epoxiconazol, ligesom kontaktmidler med mancozeb (FRAC M) er steget i pris. Som konsekvens af dette er salget af epoxiconazolholdige produkter reduceret, mens salget af produkter indeholdende prothioconazol er steget betydeligt (Ørum & Martensen, 2019). Det er ligeledes sket en betydelig reduktion i salget af mancozebholdige midler, som er erstattet med andre løsninger. Det vurderes at være vigtigt, at man skifter mellem forskellige azoler for at mindske resistensudviklingen. Derfor anbefales det fortsat, at man ikke kun anvender et enkelt af disse midler. I kartofler anbefales det også stadig, at man i et vist omfang fortsætter med at anvende mancozebmidler, da disse reducerer risikoen for resistensudvikling. Man har således set et stigende problem med strobilurinresistens hos bladplet (*Alternaria*), hvilket har betydet at salget af produkter med difenonconazol (FRAC 3) er steget betydeligt.

Inden for insekticiderne har det nye afgiftssystem gjort pyrethroiderne dyrere, og de nyere midler med andre virkemekanismer billigere. Dette fremmer en rotation af midler med forskellige mekanismer og forhindrer eller forsinker dermed udviklingen af resistens. Blandt de forskellige pyrethroider, som er på markedet, er der store afgiftsforskelle, og nogle af de midler, der blev ramt af den største afgift (bl.5zypermetrin), er efterfølgende blevet udfaset.

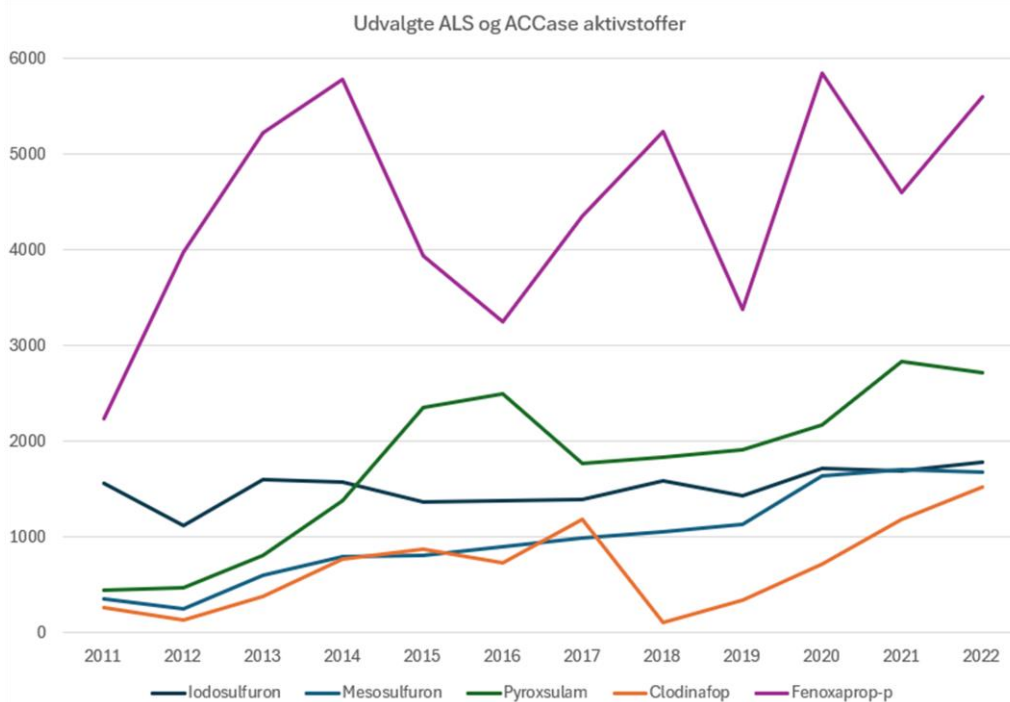
Hvad den ændrede pesticidafgift fra 2023 vil betyde for forbruget af de enkelte aktivstoffer er uklart på nuværende tidspunkt, da det først vil kunne ses i statistikken senere. Bekæmpelsesmiddelstatistik 2022 (Miljøstyrelsen 2024a) viste imidlertid, at der er sket hamstring af flere af de produkter, hvor afgiftsomlægningen har resulteret i stigning i afgiften. Prisændringer fra 2022 til 2023 kan ses i bilag 2. Der er ikke altid en sammenhæng mellem afgiftsændringer og prisændringer, f.eks. har en lille stigning i afgift for clodinafop-propargyl (Topik EC) ikke ført til en stigning i pris, og for mandipropamid (Revus) er prisen steget på trods af en lavere afgift.

Herbicerider

HRAC har ændret på klassificeringen af herbicider i 2020 og HRAC A er nu HRAC 1, HRAC B er HRAC 2 og HRAC K1 er nu HRAC 3 og prosulfocarb tilhører HRAC 15.

Det monitoringsprojekt, der blev gennemført i 2021-22 for at følge op på 'Etablering af en status for forekomst af herbicidresistens i Danmark' (Mathiassen og Kudsk 2016) kunne ikke entydigt vise, om der er sket en ændring i de mellemliggende år, men der var en tendens til flere tilfælde af alm. fuglegræs og lugtløs kamille, som typisk bekæmpes med ALS-herbicerider (HRAC 2) (Sønderskov 2024).

Siden 2017 har der været et stadigt stigende forbrug af herbicider fra HRAC 2 (ALS hæmmere), hvilket inkluderer aktivstoffer som mesosulfuron og pyroxsulam i forskellige produkter (Bekæmpelsesmiddelstatistik 2022 (Miljøstyrelsen 2024a)). Salget af iodosulfuron har ligget stabilt fra 2011 til 2021. Der er store årlige variationer for clodinafop-propargyl (HRAC 1, ACCase hæmmer), hvilket formodentlig skyldes, at vejret har stor indflydelse på, om det bliver brugt om efteråret i vintersæd. Salget af en anden ACCase hæmmer (HRAC 1), fenoxaprop-P, er fordoblet i samme periode (2011-2021), dog også med store årlige udsving. Salget af prosulfocarb (Boxer) er fortsat lidt lavere end i 2011 og har ligget på omkring 30 % af 2011-forbruget i 2020 og 2021. Salget af pendimethalin faldt med 91 % fra 2011 til 2017 og er yderligere reduceret med 42 % fra 2017 - 2022.



Udviklingen i salg af specifikke ALS og ACCase-hæmmere fra 2011-2022

Fungicider

Kartofler

Siden 2017 er salget af mandipropamid steget med 26 %, og sammenlignet med 2011 er salget steget med 825 %. Denne drastiske stigning i brugen af mandipropamid kan have bidraget til udvikling af resistens. For den fortsatte anvendelse af mandipropamid, vil anbefalingen være at reducere antallet af behandlinger med dette aktivstof for at begrænse spredningen af den resistente kartoffelskimmelvej. For eksempel blev det i 2023 anbefalet at reducere antallet af mandipropamid sprøjtninger til 2, sammenlignet med tidligere, hvor der kunne være mere end 5 behandlinger.

Oxathiapiprolin kom på markedet i 2022. I modsætning til mandipropamid har den ændrede pesticidafgift øget prisen på oxathiapiprolinprodukter (dvs. Zorvec og Enicade) (Miljøstyrelsen, 2024). Men lige som med mandipropamid forventes den øgede pris ikke at forhindre brugen af oxathiapiprolin, da strategien mod resistens har højere indflydelse end prisen.

Der er andre ændringer i forbrug af individuelle aktivstoffer, men disse antages at være forbundet med andre faktorer end ændringer i afgifterne. Azoxystrobin er det eneste aktivstof, tilhørende QoI-klassen af fungicider, der blev anvendt i kartofler i 2022. Salget af azoxystrobin til kartofler varierede lidt i årene fra 2018 til 2022 men var relativt stabilt (fra 15 % i 2017 til 16 % i 2022). I forhold til tidligere år (dvs. før 2018) er det samlede forbrug af azoxystrobin dog faldet til ca. en tredjedel (Miljøstyrelsen, 2024a), hvilket sandsynligvis skyldes den udbredte resistens over for QoI. SDHI-fungiciderne, der anvendes i kartofler, er boscalid og fluopyram. Salget af boscalid til kartofler faldt fra 3 % i 2017 til 1 % i 2022 af den samlede mængde boscalid (alle afgrøder, hvor det benyttes). Den udbredte resistens i kartoffelbladplet i Danmark er en sandsynlig årsag til dette fald.

Særligt problematiske områder

Ukrudt

Hos tokimbladet ukrudt findes i Danmark kun resistens overfor sulfonyleureamidlerne, som hører til ALS-hæmmerne (HRAC B). Da der udelukkende er tale om TSR uden krydsresistens til andre herbicidgrupper, er der stadig muligheder for bekæmpelse af resistente arter med alternative midler. AU-Flakkebjerg vurderer, at reduktionen i antallet af prøver af tokimbladede arter, som indsendes til test for resistens, ikke skyldes, at problemet er aftaget men derimod, at de fleste sprøjteplaner i dag anbefaler, at sulfonyleureamidler blandes med herbicider med andre virkemekanismer, når det drejer sig om bekæmpelse af fuglegræs, kornvalmue og kamille.

Græsukrudt udgør det største problem, da der i Danmark kun findes to grupper af midler (ACCase- og ALS-hæmmere, HRAC A og B) til bekæmpelse af græsukrudt efter fremspiring. Ved metabolisk resistens (NTSR) påvirkes effekten af begge disse herbicidgrupper ofte. De eneste alternativer i korn er Boxer (prosulfocarb, HRAC N) og Stomp CS (pendimethalin, HRAC K1), som har effekt på nogle græsukrudsarter, når de anvendes før eller lige efter fremspiring. Disse midler tilhører andre herbicidgrupper, som erfaringsmæssigt er mindre påvirket af metabolisk resistens, og de anbefales anvendt som del af en antiresistensstrategi. I de seneste år har der været øget interesse for resistenstest af rajgræs, mens der kun er testet få prøver af vindaks og agerrøvehale. Rådgivningstjenesten har udtrykt bekymring omkring udvikling af resistens hos hanespore (personlig

komm.), som specielt kan medføre problemer i majs. De nye fund af resistens hos enårig rapgræs er stærkt bekymrende og bør følges op af en systematisk monitoring for at afklare problemets omfang.

Svampe

Der findes fortsat kun få virksomme grupper af fungicider på det danske marked til bekæmpelse af de almindeligt forekommende sygdomme. Dette betyder, at det i praksis er vanskeligt at implementere en anti-resistenstrategi ved at blande eller veksle mellem midler. De sidste år er der under markforhold set faldende effekter af både epoxiconazol og prothioconazol, hvilket er bekymrende i forhold til bekæmpelse af septoria. Det samme gælder for en række andre sygdomme inden for frugtavl og grønsagsproduktion. Det vurderes vigtigt, at man fremadrettet har adgang til et udvalg af azoler, idet man øger risikoen for resistens, hvis man kun bruger en enkelt eller få forskellige azoler. Azolerne propiconazol og imazalil er trukket ud af markedet, og epoxiconazol forsvinder fra 2021, hvilket mindsker mulighederne for at veksle imellem azoler. Den nye azol mefentrifluconazol, som er markedsført i de fleste af vores nabolande, har vist sig at kunne øge effekten i forhold til tidligere godkendte azoler (Jørgensen et al., 2020 b). Det er endnu usikkert om og hvornår, denne nye azol godkendes i Danmark.

SDHI- midlerne boscalid og fluopyram (FRAC 7) er godkendt til bl.a. bekæmpelse af de vigtigste kornsygdomme, men resistensudvikling ses i stigende grad til disse midler bl.a. hos bygbladplet, ramularia bladplet i byg og septoria (Heick et al., 2019). En ny aktivstofgruppe bl.a. med aktivstoffet fencicoxamid (Inatreq) er under udvikling og afprøvet til bekæmpelse af septoria. Evt. godkendelse af dette middel vil øge mulighederne for at diversificere valget af aktivstoffer og dermed mindske risikoen for resistensudvikling.

Man har længe ment, at kartofler er en afgrøde med høj risiko for udvikling af fungicideresistens. Konkret er det kun bekræftet, at resistens er udviklet i forhold til phenylamidmidlerne, som nu er totalt forbudte i Danmark. I de senere år er der kommet flere nye midler til bekæmpelse af skimmel i kartofler, hvilket kan medvirke til at mindske risikoen for resistens. Kartoffelbladplet (*Alternaria solani*) er blevet mere hyppig i de seneste år, og der ses nu en øget anvendelse af strobiluriner i kartoflerne mod denne svamp. I Danmark såvel som i flere europæiske lande (Sverige og Tyskland) er der set udbredt forekomst af moderat resistente typer af *Alternaria solani*. Denne resistens udvikling betyder, at landmænd i stigende grad bruger azolen difenoconazole til bekæmpelse af kartoffelbladplet, hvilket igen kan øge risikoen for resistensudvikling.

Gråskimmel er en vigtig skadegører i mange havebrugskulturer. I et GUDP-projekt er der over flere vækstsæsoner (2015-2019) undersøgt for resistens hos gråskimmelsvampen i jordbær. Undersøgelsen viste betydelige problemer med resistens over for testede midler (40 % over for fenhexamid (FRAC 17), 76 % over for strobliurin (FRAC 3), 57 % over for SDHI (FRAC 7) og 59 % over for anilinopyrimides (FRAC 9)), hvilket reducerer mulighederne for at opnå god bekæmpelse. 10 % af isolaterne var resistente overfor 5 forskellige fungicidgrupper. Resistensudviklingen var størst i ældre jordbærmarker, hvilket klart indikerer en opbygning af resistens over tid, som følge af flere års bekæmpelse (Nielsen et al., 2020, personlig komm.)

Skadedyr

Som følge af et meget lille udbud af insekticider i Danmark kan resistens potentielt blive et stort problem. Bekæmpelsen af de fleste skadedyr i frilandsafgrøder er baseret på anvendelsen af pyrethroider, som der er mange eksempler på resistens overfor i udlandet. Dette gælder især ferskenbladlus og kornbladlus.

Der er i raps ud over glimverbøsser og rapsjordlopper en lang række skadegørere, som alle kun kan bekæmpes med pyrethroider (IRAC 3A). Hvis man i raps får kraftige angreb af ét skadedyr eller angreb af flere skadedyr, rammer man meget let loftet for antal af behandlinger og har ikke mulighed for at løse problemet. Det vil være ønskværdigt, at der fandtes godkendte insekticider med andre virkemekanismer til bekæmpelse af skadedyr i raps.

Ukrudt

Der er ingen større ændringer i forekomsten af særlige problematiske ukrudtsarter. Siden 2020 er der dog fundet en række resistente populationer af enårig rapgræs, og bekæmpelse af denne ukrudtsart kan blive problematisk, specielt i frøgræsafgrøder, hvis denne udvikling fortsætter. Det er stadig rajgræs og agerrøvehale, der udgør de største problemer med resistens hos ukrudt i kornafgrøder. Der er ikke sket væsentlige ændringer i grupperne af aktivstoffer, der er til rådighed for ukrudtsbekæmpelse. Det kan dog nævnes, at kombinationen af aclonifen og diflufenican, som er kommet på markedet som en tidlig bekæmpelse i korn i efteråret, bidrager til en mere varieret anvendelse af aktivstoffer. Der er desuden en mindre anvendelse af aclonifen+diflufenican i frøgræs, som giver en mulighed for bekæmpelse af enårig rapgræs, men frøgræssernes følsomhed over for denne kombination er variabel.

Svampe

Fungicider med aktivstoffet epoxiconazol blev forbudt i EU fra oktober 2021, og mefentrifluconazol blev godkendt i 2021.

Aktivstoffet fenpicoxamid er nævnt i statusnotatet fra 2020 men er på nuværende tidspunkt ikke godkendt i Danmark og kan derfor ikke bruges til at diversificere valget af aktivstoffer.

Godkendte grupper af fungicidaktivstoffer til korn i 2024 (Planteværn 2023, www.frac.info)

FRAC Gruppe nr. 3 Sterol Biosyntese i membraner	FRAC Gruppe nr. 7 Respiration C2	FRAC Gruppe nr. 11 Respiration C3 Qol	FRAC Gruppe nr. 13 Signal Transduktion
Prothioconazole	Boscalid	Azoxystrobin	Proquinazid
Difenoconazol	Fluopyram	Pyraclostrobin	
Mefentrifluconazol			
Metconazol			
Tebuconazol			

Før 2023 var der produkter med seks forskellige virkemekanismer på markedet i Danmark til bekæmpelse af kartoffelskimmel. Mandipropamid og cyazofamid var de mest effektive og mest anvendte, hovedsagelig pga. deres gode forebyggende effekter. Da der opstod resistens over for mandipropamid i 2022, og cyazofamid blev forbudt i 2021, er mulighederne for vekslen mellem aktivstoffer blevet væsentlig mindre. Oxathiapiprolin er blevet godkendt men er i høj risiko for resistensudvikling. Bekæmpelsen er i høj grad afhængig af fluazinam, hvilket øger risikoen for resistens overfor dette aktivstof. Derudover er propamocarb kommet på markedet.

Aktivstof	FRAC kode
Cyazofamid, forbudt fra 2021	F21
Propamocarb*	F27
Cymoxanil	F28
Fluazinam	F29
Mandipropamid	F40
Dimethomorph**	
Oxathiapiprolin	F49

*Kun i blanding med cymoxanil, **Kun i blanding med fluazinam, men er forbudt fra 2024

Forebyggelse af resistens

Den bedste måde at forebygge udvikling af resistens på er ved at anvende foranstaltninger, som mindsker trykket af skadegørere i overensstemmelse med IPM (Integreret Pest Management). Implementering af IPM er et krav fra 2014. Pesticidanvendelsen bør begrænses via et alsidigt

sædskifte, men afgrødevalget bestemmes ofte af andre faktorer (priser, foderbehov m.m.). Jordbearbejdning, sen såning, øget udsædsmængde og sortsvalg er nogle af de kulturtekniske tiltag, som kan mindske behovet for kemisk bekæmpelse og dermed resistensudvikling. Ved kemisk bekæmpelse bør der veksles mellem midler med forskellige virkemåder, eller de bør anvendes i blanding. Efter sprøjtning bør der følges op på, om den ønskede effekt er opnået for tidligst muligt at opdage en eventuelt begyndende udvikling af resistens (bilag 3).

I modsætning til insekter og svampe er ukrudt stedbundet, og problemet med resistens vil derfor forblive på arealet i en årrække. Hvor der er konstateret resistens, bør der laves en dyrknings- og bekæmpelsesplan, som sigter mod at udtynke mængden af frø med resistens i marken. Massiv forekomst af resistens i f.eks. agerrøvehale kan medføre, at man må ændre afgrødevalg fra vintersæd til vårsæd, hvilket kan have økonomisk betydning for landmanden. Udbredelsen af græsukrudt kan begrænses ved at udskyde såning i efteråret. Dette er i konflikt med et ønske om tidlig såning af vinterhvede som tiltag til begrænsning af kvælstoftab (godkendt fra 2014). Tidlig såning af vintersæd kan efter de nuværende regler bruges til at opfylde efterafgrødekravet. Ifølge SEGES er der givet tilsagn til 97.000 ha tidligt sået vintersæd svarende til ca. 20% af vinterhvedearealet i efteråret 2020 (SEGES, 2020).

Reglen synes således at motivere landmændene til tidlig etablering af vintersæd, hvilket kan fremme græsukrudtets udbredelse og dermed risikoen for resistens. Jordmidler som Boxer, DFF og Stomp er mindre påvirket af resistens end bladmidler og bør anvendes, hvor det er relevant.

Fungicider er essentielle for at minimere tab som følge af plantesygdomme i afgrøder som korn og kartofler, især hvor der ikke er adgang til sorter med tilstrækkelig resistens (f.eks. vinterhvedesorter med resistens overfor septoria og kartoffelsorter med resistens over for skimmel og alternaria). Nye undersøgelser med sortsblandinger i hvede har vist, at blandinger kan bidrage til at reducere sygdomstryk og behovet for sprøjtning og ses som en god mulighed for at mindske sygdomspresset generelt (Kristoffersen et al., 2020). Sprøjtningen bør tilpasses det enkelte års behov ved anvendelse af monitoring og skadetærskler. Dette forudsætter en løbende udvikling af monitoringsmetoder og tilpassede skadetærskler, som er pålidelige og lette at anvende i praksis.

I de tilfælde, hvor der er konstateret resistens, gælder det om at variere brugen af aktivstoffer hen over sæsonen og bruge dem korrekt for både at få god effekt mod svampesygdommene og undgå yderligere opbygning af resistens. På baggrund af engelske undersøgelser er der nu konsensus om, hvilke forhold, der kan modvirke resistensopbygning (Van den Bosch et al., 2014). Forsøg udført i 2015 hos AU-Flakkebjerg, som del af et PhD –projekt, har bekræftet, at det er vigtigt at differentiere (veksle og blande) anvendelsen af azoler mest muligt, ligesom man i videst mulige omfang skal holde antallet af behandlinger nede for at sænke opbygningen af resistente mutationer (Heick et al., 2017). AU-Flakkebjerg har sammen med SEGES udarbejdet en vejledning for brug af azoler i korn (bilag 4). Dette er et eksempel på en handleplan, som forhåbentlig kan mindske risikoen for yderligere resistensudvikling.

Der findes flere barrierer for at få implementeret antiresistensløsninger:

Manglende forståelse hos jordbrugerne betyder, at mange ser resistens som noget, der ikke specifikt vedkommer dem. Og ofte er det først, når det er gået galt, at man indser, at man skulle have handlet anderledes. Et forhold der på engelsk betegnes "Tragedy of the Commons". Implementering af antiresistensstrategier kan være svært, hvis der ikke umiddelbart er noget økonomisk incitament til at ændre nuværende praksis, eller hvis det ligefrem giver ekstra omkostninger.

Forventning om at industrien løser problemet ved at markedsføre nye aktivstoffer, men desværre er det yderst begrænset, hvad der kommer af nye aktivstoffer. Så derfor er der et stort behov for at beskytte de midler, som er til rådighed.

Få aktivstoffer til rådighed medfører, at antiresistensstrategier ikke kan udnyttes, da der ikke findes alternative midler eller blandingskomponenter.

Politiske tiltag kan modarbejde løsninger for eksempel i relation til at udskyde såning af vintersæd for at mindske udbredelsen af græsukrudt og septoria, hvor man af hensyn til næringsstofudvaskning ønsker at fremme tidlig såning.

Opdatering 2024

Udbredelsen af resistens hos især græsukrudsarterne over for både ALS- og ACCase-hæmmere er blevet et opmærksomhedspunkt for mange landmænd, og bl.a. SEGES har iværksat flere projekter som skal hjælpe med at udbrede viden om IPM-strategier der kan hjælpe med at kontrollere skadevoldere (IPM Innovationsbrug finansieret af MST 2023-2026, Bæredygtig kontrol af ukrudt, sygdomme, skadedyr og lejesæd finansieret af Promilleafgiftsfonden for Landbrug). AU-Flakkebjerg deltager i EU projektet IPMWORKS, som arbejder for et europæisk netværk til understøttelse af IPM-implementering.

Sortsblandinger er blevet en mere integreret del af sygdomsbekæmpelse siden 2020, og i 2023 udgjorde sortsblandinger 37 % af vinterhvedearealet sammenlignet med 2 % i 2020, mens kun 20 % blev sået med den mest populære enkelt sort i 2023 (baseret på salg af certificeret udsæd). En sortsblanding kan have en reducerende effekt på forekomsten af septoria på op til 12-23% (Vestergaard & Jørgensen 2024).

Det er altafgørende i forebyggelsen af fremtidig resistens er at forstå, hvad der driver udviklingen af resistens (f.eks. doseringens betydning). Der er derfor fokus på dette i et nyt projekt finansieret af Miljøstyrelsens bekæmpelsesmiddelforskningsprogram (Potato-FRAS).

Samarbejde om resistens

Der er for nyligt skabt fokus og dialog omkring manglende koordineret europæisk aktivitet på området. I vid udstrækning er det de agrokemiske firmaer, som driver resistensmonitoringen, mens man i forskningsregi kun har enkelte større forskningsinstitutioner, som har betydelige aktiviteter på området (INRA i Frankrig, Rothamsted i Storbritannien, AU-Flakkebjerg). På europæisk plan har man samarbejde omkring pesticidresistens i EPPO-regi, hvor AU-Flakkebjerg er repræsenteret. Man arbejder i EPPO-regi på at skabe en bedre koordinering og tilgængelighed af informationer, herunder en 'alert'-liste, som samler, hvad der foreligger af data og test.

De agrokemiske firmaer afholder årlige møder i deres resistensgrupper (FRAC, IRAC, HRAC). Data og konklusioner fra deres monitoringer og møder er tilgængelige på nettet.

Resistenssituationen i vores nabolande følges via samarbejdet i NORBARAG (Nordic-Baltic Resistance Action Group <https://projects.au.dk/norbarag/>), hvor også monitoring koordineres. Endvidere samarbejdes på europæisk plan gennem diverse internationale projekter og kontakter. Nationalt er der et tæt samarbejde med SEGES og de agrokemiske firmaer.

Der er taget initiativ til en europæisk resistensdatabase i EPPO-regi. Denne database dækker både, herbicid- fungicid- og insekticidresistens. Det er op til de enkelte lande at udpege en kontaktperson og sørge for at databasen er opdateret for landet. <https://resistance.eppo.int/>

Der er en ny aktør på markedet indenfor herbicidresistenstest, det tyske firma AGRIS42. Dette firma tilbyder resistenstest og flere rådgivningsvirksomheder har taget imod dette tilbud, bl.a. SEGES og det svenske Jordbruksverket. I Tyskland er AGRIS42 meget aktive, idet de overvåger resistensudviklingen i et større antal marker. På sigt kan der være en fordel at have ét firma, som foretager resistenstest i flere nabolande.

EuroWheat er et europæisk samarbejde om sygdomme i hvede og fungicidresistens (<https://agro.au.dk/forskning/internationale-platforme/eurowheat/>).

Flere lande har startet resistenstestprogrammer for fungicider, bl.a. Irland. Specifikt er der flere lande, der tester for resistens over for azoler hos septoria.

AU-Flakkebjerg er en del af EuroBlight-netværket, hvor en af kerneopgaverne er at overvåge bestanden af *Phytophthora infestans* samt deres fænotypiske egenskaber (f.eks. fungicidresistens). EuroBlight-netværket udgør et stærkt netværk mellem forskere og andre interessenter med henblik på monitorering af populationerne af kartoffelskimmel og bladpletarter og udveksling af data for resistens over for aktivstoffer, der anvendes mod disse sygdomme i kartoflerne. EuroBlight-netværket er et samarbejde mellem europæiske lande og står for monitorering og organisering af workshops (<https://agro.au.dk/forskning/internationale-platforme/euroblight>).

AU-Flakkebjerg har desuden modtaget støtte fra Miljøstyrelsens Pesticidforskningsprogram til at undersøge fungicidresistens i *Phytophthora infestans* populationer i Danmark. Midlerne støtter også udviklingen af antiresistensstrategier for at forbygge resistensudviklingen i *P. infestans*-populationerne i Danmark som led i 'Potato-FRAS'-projektet. AU-AGRO modtog støtte fra kartoffelafgiftsfonden i 2020 til monitorering af resistens af *Alternaria* spp. over for QoI fungicider (dvs. strobiluriner) og succinatdehydrogenasehæmmere (SDHI) fungicider.

For insekticidresistens: Julius Kühn Institutet i Tyskland tester i nogle tilfælde populationer for SEGES.

Kommunikation til jordbrugeren

AU-Flakkebjerg har et tæt samarbejde omkring pesticidresistens med SEGES, som via deres hjemmeside og konsulentmeddelelser formidler de nyeste resultater ud til praksis. På hjemmesiden findes f.eks. inspirationsarkene: Forebyg resistens mod ukrudtsmidler/svampemidler/insektmidler (bilag 5-7). Resistens er også et fast emne på planteværnsseminarerne, som SEGES afholder flere steder i landet i januar/februar måned.

De agrokemiske firmaer afholder årligt minimum to møder med planteavlskonsulenterne. Også på disse møder informeres om resistens. Enkelte firmaer har arrangeret specifikke møder om resistens for planteavlskonsulenterne. Dansk Planteværn har med hjælp fra Aarhus Universitet udarbejdet informationsmateriale om resistens (bilag 8), som er distribueret til erhvervet ved Plantekongres 2012 samt via deres hjemmeside.

Resistens indgår i pensum for undervisning til sprøjtecertifikat og bliver også behandlet i forbindelse med opfølgingskurserne, som skal følges hvert 4. år.

Opdatering 2024

Der er ingen væsentlige ændringer til ovenstående afsnit. Samarbejdet med SEGES fortsætter. Det materiale, som blev udarbejdet sammen med Dansk Planteværn er ikke blevet opdateret og er ikke længere fuldt dækkende. Bilag 8 er derfor fjernet fra dette notat. Ved forespørgsel til Dansk Planteværn er det oplyst, at der ikke er planer om at opdatere informationsmaterialet, og at det vil blive fjernet ved en kommende opdatering af hjemmesiden. Bilag 4 fra 2020 notatet er desuden fjernet, da det ikke var relevant længere.

Referencer (opdateret med yderligere referencer fra statusnotat i 2024)

Abuley, I.K., Lynott, J.S., Hansen, J.G., Cooke, D.E.L., Lees, A.K., 2023. The EU43 genotype of displays resistance to mandipropamid. *Plant Pathology* 72, 1305-1313.

Anonymous, 2023. Protocol of the discussions and use recommendations of the SDHI Working Group of the Fungicide Resistance Action Committee

Anonymous, 2024a. Minutes of the FRAC OSBPI Working Group Meeting.

Anonymous, 2024b. Protocol of the discussions and use recommendations of the QoI Working Group of the Fungicide Resistance Action Committee (FRAC)

Babineau M, Mathiassen SK, Kristensen M, Holst N, Beffa R, Kuds, P (2017): Spatial Distribution of Acetolactate Synthase Resistance Mechanisms in Neighboring Populations of Silky Windgrass (*Apera spica-venti*). *Weed Science*, **65**, 4, s. 479-490.

Heap (2020): International Herbicide-resistant weed database
<http://www.weedscience.org/Home.aspx>

Heick TM, Hansen AL, Justesen AM & Jørgensen LN (2019). Strobilurin insensitivity in sugar beet powdery mildew (*Erysiphe betae*) in Scandinavia, short communication, *Plant health progress*, 2019. <https://doi.org/10.1094/PHP-01-19-0004-BR>.

Heick TM, Justesen, A.F.; Jørgensen LN. (2017) Fungicide Spray Strategies Avoiding Resistance Development in Winter Wheat Pathogen *Zymoseptoria tritici*. *Crop Protection*. 99, 108-117

Heick TM, Jørgensen LN, Christiansen H, Frederiksen BB (2019). Fungicide resistance-related investigations. DCA rapport, 152, Applied Crop Protection 2018, s. 60-66.

Heick TM, Matzen N, Jørgensen LN (2020). Reduced field efficacy and sensitivity of azole fungicides in the Danish and Swedish *Zymoseptoria tritici* populations. *European Journal of Plant Pathology* (accepteret maj 2020).

Hellin P, Heick TM, Jørgensen LN, Kildea S (2020). Development of an allele-specific multiplex qPCR for the quantification of S524T and H152R conferring DMI and SDHI resistance to *Zymoseptoria tritici*, *Plant Pathology*. Accepteret July 2020.

Heick TM, Matzen M, Frederiksen BB, Larsen AM, Jørgensen LN (2023) Fungicide resistance-related investigations. DCA rapport, 216, *Applied Crop Protection* 2022, s. 66-79.

<http://www.plantevaern.dk/publikationer/resistens.aspx>

<https://www.landbrugsinfo.dk/Planteavl/Plantevaern/IPM/Sider/inspirationsark.aspx>

<https://projects.au.dk/norbarag/>

Højland DH, Kristensen M (2018). Target-site and metabolic resistance against λ -cyhalothrin in cabbage stem flea beetles in Denmark. *Bulletin of Insectology* **71** (1): 45-49.

Højland DH, Nauen R, Foster SP, S Williamson MS, Kristensen M (2015). Incidence, spread and mechanisms of pyrethroid resistance in European populations of the cabbage stem flea beetle, *Psylliodes chrysocephala* L. (Coleoptera: Chrysomelidae). *PLoS ONE* **10** (12):e0146045.

Jørgensen LN, Matzen N, Havis N, Holdgate S, Clark B, Blake J, Glazek M, Korbas M, Danielewicz J, Maumene C, Rodemann B, Weigand S, Kildea S, Bataille C, Brauna-Morževska E, Gulbis K, Ban Rita, Berg, G.(2020 b), Efficacy of common azoles and mefentrifluconazole against septoria, brown rust and yellow rust in wheat across Europe. In: Deising HB; Fraaije B; Mehl A; Oerke EC; Sierotzki H; Stammler G (Eds), *Modern Fungicides and Antifungal Compounds*, Vol. IX., pp. 27-34. © 2020. Deutsche Phytomedizinische Gesellschaft, Braunschweig, ISBN: 978-3-941261-16-7.

Jørgensen LN, Matzen N, Heick TM, Havis N, Holdgate S, Clark B, Blake J, Glazek M, Korbas M, Danielewicz J, Maumene C, Rodemann B, Weigand S, Kildea S, Bataille C, Brauna-Morževska E, Gulbis K, Ban Rita, Berg G. Semaskiene R, Stammler G. (2020 a). Decreasing azole sensitivity of *Z. tritici* in Europe contributes to reduced and varying field efficacy. *Journal of plant diseases and protection*. Accepted 21 July 2020.

Jørgensen LN, Oliver RP and Heick TM (2018). Fungicide resistance in cereal diseases; Occurrence and avoidance. *Burleigh Dodds Science Publishing*. 235-252.

Kaiser C, Vagn Jensen KM, Nauen R, Kristensen M (2018). Susceptibility of Danish pollen beetles against λ -cyhalothrin and thiacloprid. *Journal of Pest Science* **91**: 447-458.

Keshtkar E, Mathiassen S K, Moss S R, Kudsk, P (2015): Resistance profile of herbicide-resistant *Alopecurus myosuroides* (black-grass) populations in Denmark. *Crop Protection*, **69**, 2015, s. 83-89.

Kildea S, Heick TM, Grant J, Mehenni-Ciz J, Dooley H (2020): A combination of target-site alterations, overexpression and enhanced efflux activity contribute to reduced azole sensitivity present in the Irish *Zymoseptoria tritici* population. : *European Journal of Plant Pathology*, **154**, Nr. 3, s. 529-540.

Kristensen M, Skovgård H (2019). Udredning om ferskenbladlus som skadedyr i dansk roeproduktion. DCA Project nr. 2019-760-001327.
https://pure.au.dk/portal/files/173638823/Redeg_relse_vedr_ferskenbladlus_Dec19ver2.pdf

Kristensen M, Skovgård H, Topbjerg HB, Boelt B (2024). White clover (*Trifolium repens* L.) seed crop: control and pyrethroid resistance of weevils. *Insects* **14**, in press.

Kristoffersen R, Heick TM, Møller G., Eriksen LB, Nielsen GC, Jørgensen LN (2020). The potential of cultivar mixtures to reduce fungicide input and mitigate fungicide resistance development, *Agronomy for Sustainable Development* (accepteret august 2020).

Mathiassen SK (2018): Notat vedr. Monitoring af resistens hos alm. og italiensk rajgræs. Rapport til Miljøstyrelsen.

Mathiassen SK (2017): Herbicide resistance in *Lolium multiflorum* and *Lolium perenne*. DCA rapport, **117**, *Applied Crop Protection* 2017, s.108-13.

Mathiassen SK, Kudsk P (2016). Etablering af en status for forekomst af herbicidresistens i Danmark (2013-2016). DCA rapport, **84**.

Mathiassen SK (2020). Enårig rapgræs er nu også resistent. MARK, **nr. 9**, s. 36-37.

Miljøstyrelsen, 2024a. Bekæmpelsesmiddelstatistik 2022 Behandlingshyppighed og pesticidbelastning baseret på salg og forbrug.

Miljøstyrelsen, 2024b. Bekæmpelsesmiddeldatabasen 2024, besøgt Marts 2024: <https://mst.dk/erhverv/sikker-kemi/database-for-bekaempelsesmidler/bmd>.

Nielsen BJ & Abuley I (2018): Control of late blight and early blight in potatoes. DCA rapport, **117**, s. 94-107.

Nielsen BJ, Jensen NL, Hartvig P, Hjelmroth L, Weber RWS (2020). Fungicides resistance in Botrytis in Danish Strawberry production. Submitted til Erwerbs-Obstbau.

Pedersen JB, Pedersen CÅ (2022): Oversigt over Landsforsøgene 2013. Videncentret for Landbrug, Aarhus.

Pedersen JB (2014): Oversigt over Landsforsøgene 2014. Videncentret for Landbrug, Aarhus.

Pedersen JB (2023): Oversigt over Landsforsøgene 2022. SEGES Innovation, Aarhus.

Rehfus A, Miessner S, Achenbach J, Stroble D, Bryson R, Stammler G 2016. Emergence of succinate dehydrogenase inhibitor resistance of Pyrenophora teres in Europe. Pest Management Science, **72**, 1977-88. (doi:10.1002/ps.4244).

SEGES :

https://www.landbrugsinfo.dk/basis/0/a/f/afgroeder_tidlig_saning_grasukrudt_giftig_cocktail.

Sønderskov, M. (2024): Undersøgelse af udviklingen af herbicidresistens 2021. DCA rapport (i trykken). Vil være at finde som udgivet rapport senere i 2024.

Van den Bosch F, Oliver R, van den Berg F, Paveley N (2014): Governing Principles Can Guide Fungicide-Resistance Management Tactics. Annual Review in Phytopathology **52**:175-195.

Vestergård, Niels & Jørgensen, Lise. (2024). Variety mixtures of winter wheat: a general status and national case study. Journal of Plant Diseases and Protection. Online publicering: 10.1007/s41348-023-00856-z

Ørum JE, Martensen (2019): Bekæmpelsesmiddelstatistik 2017. Miljøstyrelsen, København.

Ørum JE, Samsøe-Petersen L (2014): Bekæmpelsesmiddelstatistik 2013. Miljøstyrelsen, København.

Scarabel L, Panozzo S, Loddo D, Mathiassen SK, Kristensen M, Kudsk P, Gitsopoulos T, Travlos I, Tani E, Chachalis D, Sattin M (2020): Diversified resistance mechanisms in multi-resistant Lolium spp. in three European countries. Under udarbejdelse til Frontiers in Plant Science.

Bilag

Bilagene fra statusnotat 2020 er opdateret eller slettet, hvis ikke længere relevant. De tidligere bilag er ikke en del af rapporten.

1. Sådan får du ukrudt testet for resistens
2. Pesticidafgiftens indflydelse på pris på udvalgte pesticider og udvikling over tid
3. Principper for IPM
4. Forbyg resistens mod ukrudtsmidler
5. Vejledning i bekæmpelse af svampesygdomme i korn
6. Forebyg resistens mod insektmidler

Planter

Få dit ukrudt testet for resistens

Du kan få testet ukrudtsfrø for resistens, så du ved, om der stadig er ukrudtsmidler, som virker. Din planteavlskonsulent formidler, at prøven sendes til test.

Viden om

Opdateret 20. juni 2023



Efterhånden som mange bestande af græsukrudt er blevet resistente, er det afgørende at vide, hvilke græsukrudtsmidler, der om foråret måske stadig har effekt.

Du kontakter din lokale planteavlsrådgiver, som via SEGES Innovation formidler, at frøprøver indsamles og sendes til test hos firmaet Agris42. Resistenstesten bliver udført i løbet af efteråret, så du har resultatet i god tid før næste sæson. Det er også planteavlsrådgiveren, som oplyser dig om pris og de praktiske forhold omkring indsamling af frøene.

Følgende arter af græsukrudt kan du få testet: italiensk rajgræs, alm. rajgræs, agerrævehale, vindaks, gold hejre, enårig rapgræs og hanespore.

Test af tokimbladede ukrudtsarter og andre græsser end de nævnte kan udføres efter aftale. Resistenstesten af hanespore udføres forår.

Standardpakken omfatter test af følgende midler:

0,1 l Hussar OD
220 g Broadway
0,9 l Atlantis OD
150 g MaisTer
0,4 l Topik
1,5 l Focus Ultra

Det er muligt at tilvælge yderligere midler, hvis du ønsker det. Det koster 150 kr. pr. middel. Det er også muligt at få testet effekten af jordmidler. Det koster 300 kr. pr. middel.

Bladmidlerne testes i én dosis og jordmidler i to doseringer. På laboratoriet udføres løbende test på referencepopulationer af de forskellige græsarter, så din bestand af græsukrudt blive sammenlignet med en følsom og en resistent bestand.

Før høstbesøget i markerne er en god lejlighed til at indsamle frø til test.

Se mere: https://www.landbrugsinfo.dk/basis/d/7/0/plantebeskyttelse_test_ukrudt_resistens

Bilag 2

Pesticidafgiftens indflydelse på pris på udvalgte pesticider. Udarbejdet efter Pedersen & Pedersen (2013), Pedersen (2014) og Pedersen (2023) En anden udgave af tabellen indgik i det tidligere statusnotat, og produkter, der ikke længere er på markedet, er markeret med **rød tekst**.

Produkt	Dosering (L /Kg pr ha)*	Pris-cændring 2013-2014 (%)	Pris-cændring 2013-14 (kr pr. ha)	Pris 2022 (Kr pr. Kg/L)	Pris 2023 (Kr pr. Kg/L)	Pris-cændring 2014-2023 (Kr pr. ha)	Ændring i belastnings-afgift 1. april 2023 (Kr pr. Kg/L)	Pris-cændring 2022-2023 (Kr pr. ha)
Boxer	2	+105	+178	180	180	+12	-5	0
Stomp CS	1,2	+123	+178	328	360	+92	+28	+38
Hussar OD	0,05	-28	-51		3060	+24	+7	
Atlantis OD	0,9	-21	-82	329	379	+35	+4	+45
Express ST	1 tabl.	-22	-9					
Express 50 SX*	0,075				285	-10	+32	
Topik (EC)	0,3	-16	-47	822	760	-24	+5	-19
Primera Super	0,4	-10	-12	195	208	-17	+3	+5
Tomahawk 180/200	0,5	+6	+19		/ingen pris	/ingen pris	+16	
Proline EC 250	0,8	-12	-54	440	480	+6	-5	+32
Comet (250 g as)	1,0	-18	-4					
Comet Pro (200 g as)**	1,25			330	390	+74	+15	+75
Prosaro	1	-4	-16	320	355	-7	+6	+35
Amistar	1,0	-7	-23	235	240	-82	+6	+5
Revus	0,6	-15	-33	325	350	+17	-7	+15
Zorvec/Enicade	0,15			1457	2060		+23	+90
Signum	1,5	-5	-54		750	+184	+10	
Karate 2.5WG	0.2 - 0.4	+110	+50-99					
Lamdex*	0,2 - 0,4			476	515	+8-17	+80	+8-16
Mavrik	0,15-0,23	+31	+22-33	610	667	+7-10	+68	+8-13
Pirimor 500 WG	0,15-0,3	+16	+16-32	910	990	+31-39	+67	+12-25
Monitor	15	-13	-27					
Oxtril	0.2	+72	+14					
Bumper	0.5	+6	+5					
Bell	1.5	+18	+105					
Viverda	2.5	+90	+90					
Ceando	1.5	+42	+189					
Rubric	1	+8	+27					
Aproach	0.5	-13	-26					
Folicur	1	+7	+14					
Dithane NT	2	+168	+162					
Avaunt	0.17	+3	+5					
Biscaya	0.3	-19	-33					
Fastac 50	0.04 - 0.23	+444	+21 - 118					
Plenum	0.15	-27	-43					

*Det produkt, som var medtaget i 2020, er udgået (markeret med rødt), men et andet med samme aktivstofmængde er medtaget her (i linjen under).

** Det produkt, som var medtaget i 2020, er udgået (markeret med rødt), men et andet med samme aktivstof (as) er medtaget her (i linjen under). Pris pr. ha er beregnet for dosering med samme aktivstofmængde.

Principper for IPM (2020)



IPM

FOREBYG RESISTENS MOD UKRUDTSMIDLER

UDFORDRING

Det kan true din planteproduktion ikke at forebygge udvikling af resistens mod ukrudtsmidler, for du opdager ikke noget, før det er for sent. Når du først har fået resistens hos ukrudtet i dine marker, er det en lang og kostbar vej igen at få styr på ukrudtsbestanden.

SÅDAN FOREBYGGER DU RESISTENS

- Et sædskifte med flere forskellige afgrøder forebygger ensidig opformering af ukrudtsarter, og giver de bedste muligheder for at bruge midler med forskellig virkemekanisme. Det har særlige stor effekt, at der er både vinter- og vårafgrøder i sædskiftet.
- Giv ukrudtet så stor konkurrence fra afgrøderne som muligt. Derfor er en god etablering af afgrøden vigtig. Så ikke vintersæd tidligt, hvis du har agerævehale, italiensk rajgræs, alm. rajgræs eller væselhale.
- Brug midler med forskellig virkemekanisme i blanding eller på skift i de forskellige afgrøder. Så undgår du, at ukrudtsbestanden påvirkes i én bestemt retning.
- Brug mekanisk bekæmpelse, hvis det er muligt.
- Der er størst risiko for udvikling af ALS- og ACCase-resistens (virkningsklasse B og A). Brug derfor en effektiv dosis af et middel med en anden virkemekanisme i sekvens eller som blandingspartner, når det er muligt.

Valg af midler med forskellig virkemekanisme

VIRKNINGSKLASSE	VIRKEMEKANISME	EKSEMPLER PÅ MIDLER
A/1	ACCase-hæmning	Agil, Foxtrot, Primera Super, Topik (alle fop-midler), Focus Ultra (dim-midler)
B/2	ALS-hæmning	Accurate, Atlantis, Cossack, Express, Express Gold, Harmony, Hussar Plus, MaisTer, Nicanor, Nuance, Safari, Trimmer m.fl. (alle SU), Broadway, Rexade, Primus, Saracen (triazolopyrimidin)
C1/5	PSII-hæmning (a)	Betanal, Goltix
C3/6	PSII-hæmning (c)	Fighter 480, Onyx
F1/12	PDS-hæmning	DFE, Diflanil, Legacy, Semptra og andre diflufenican-holdige midler
F2/27	HPPD-hæmning	Totalis, Starship Max og andre mesotrion-holdige midler
F3/32	Carotenoid-hæmning	Fenix
F4/13	DOXP-synthase hæmning	Centium 36 CS, Kalif 36 CS, Clomate
G/9	EPSPS-hæmning	Glyphosat-midler (Roundup m.fl.)
I/18	DHPS-hæmning	Asulox (anvendes på dispensation)
K1/3	Mitose-hæmning (a)	Stomp, Kerb
N/15	Lipid-syntese (-ACC)	Boxer, Roxy, Fidox, Nortron og Oblix
O/4	Auxin-virkning	MCPA-midler, Starane/Flurostar, Matrigon/Cliophar, Ariane FG, Flaxaro, Belkar, Korvetto
A+B/1+2	Flere	Senate
B+O/2+4	Flere	Catch, Cleave, Starane XL, Mustang forte, Primus XL, Rexade, Zypar
B+F1/2+12	Flere	Othello
F3+F4/32+13	Flere	Novitron
F3+F1/32+12	Flere	Mateno Duo



Læs mere: www.dansk-ipm.dk

ARTER MED STØRST RISIKO



FOTO: POUL HENNING PETERSEN

Agerævehale er den art, der hidtil har voldt flest problemer med resistens. Men resistens hos italiensk rajgræs ses mange steder, og senest er der set ALS-resistens enårig rapgræs adskillige steder i Danmark.



FOTO: OLE HANSEN, LANDBRUGSRÅD GVININGSYD

Hos tokimbladede arter er fuglegræs mest udsat for udvikling af resistens, men også valmue og kamille er med i højrisikogrupper.

VIDSTE DU?

I alle populationer af ukrudt er der ganske få planter, der kan tåle et givet ukrudtsmiddel. Sandsynligheden for at en eller flere resistente planter overlever kemisk bekæmpelse, er derfor størst ved store ukrudtsbestande.

VIDSTE DU?

På basis af 10 års markdata, har engelske forskere vist, at sprøjteintensiteten, dvs. antal behandlinger, er den helt afgørende faktor for udvikling af resistens hos agerævehale. Skifte mellem forskellige virkemekanismer kunne ikke påvises at have sikker betydning.



KONTAKT
Poul Henning Petersen, landskonsulent
SEGES
php@seg.es.dk
+45 2010 2297



KONTAKT
Jens Erik Jensen, landskonsulent
SEGES
jjj@seg.es.dk
+45 2171 7706

SEGES Innovation P/S
Agro Food Park 15
DK 8200 Aarhus N

T +45 8740 5000
E info@seg.es.dk
W seg.es.dk

SEGES
INNOVATION

Bilag 5: Via følgende link hos SEGES innovation kan man finde en vejledning til bekæmpelse af svampesygdomme i korn, som blandt andet indeholder nedenstående tabel (opdateret feb. 2024).
https://www.landbrugsinfo.dk/basis/f/7/f/afgroder_dyrkningsvejledning_svampemidler_korn

Tabel 1. Relativ virkning af godkendte svampemidler i korn.

Sygdomme	Amistar Gold/Greteg Star (azoxystrobin + difenoconazol)	Amistar/Mirador (azoxystrobin)	Balaya (mefentrifluconazol + pyraclostrobin)	Comet Pro (pyraclostrobin)	Entargo (boscalid)	Folicur Xpert EC 240 (tebuconazol + prothioconazol)	Juventus 90/Plexeo 90 (metconazol)
Knækkefodsye	-	-	*	-	**	*	-
Hvedemeldug	*(*) ¹⁾	*1)	***	*1)	-	***(*)	**
Bygmeldug	-	*1)	***	***1)	-	***(*)	***
Gulrust	***	***	***	***(*)	*	****	***(*)
Brunrust	***	***(*)	***(*)	****	*	****	***(*)
Bygrust	-	****(*)	***(*)	***(*)	*	***(*)	****
Septoria	**(*)	*1)	***(*)	*1)	**	**(*)	**(*)
Hvedebladplet	*1)	*1)	**	*1)	-	**	*
Skoldplet	**	**(*)	***(*)	***(*)	*	***	***
Bygbladplet	-	**(*) ²⁾	***(*)	****	**	**(*)	**(*)
Ramularia	-	-	***(*)	-	**	*	-
Aksfusarium	-	-	*	-	-	**(*)	**
Normaldosering, liter/kg pr. ha ⁴⁾	1,0	1,0	1,5	1,25	0,7	0,5 ³⁾	1,0
Pris pr. normaldosering inkl. afgift, ekskl. moms	320	240	735	488	347	153	311
Sygdomme	Orius Gold (tebuconazol)	Pictor Active (pyraclostrobin + boscalid)	Proline (prothioconazol)	Proline Xpert EC 240 (tebuconazol + prothioconazol)	Propulse (prothioconazol + fluopyram)	Prosaro (tebuconazol + prothioconazol)	Talius EC (proquinazid)
Knækkefodsye	-	*(*)	**	**	*(*)	*(*)	-
Hvedemeldug	***(*)	*1)	***(*)	***(*)	***(*)	***(*)	***(*)
Bygmeldug	****	**1)	***(*)	***(*)	***(*)	***(*)	***(*)
Gulrust	***(*)	***	***	***(*)	***	****	-
Brunrust	***(*)	****	***	***(*)	***	****	-
Bygrust	****	****(*)	***(*)	****	***(*)	****(*)	-
Septoria	**(*)	**	**(*)	**(*)	***(*)	**(*)	-
Hvedebladplet	*	-	***(*)	***(*)	***(*)	***	-
Skoldplet	**	****	****	****	****(*)	***	-
Bygbladplet	**(*)	****	***	***	***(*)	**(*)	-
Ramularia	-	*	**	*	***	*	-
Aksfusarium	**	-	**(*)	**(*)	**(*)	**(*)	-
Normaldosering, liter/kg pr. ha ⁴⁾	1,25	1,0	0,8	0,75 ³⁾	1,0	1,0	0,25
Pris pr. normaldosering inkl. afgift, ekskl. moms	229	420	384	289	420	355	189

- = ikke aktuell, ikke godkendt eller ingen data

* = svag effekt (under 40 %)

** = nogen effekt (40-50 %)

*** = middel til god effekt (51-70 %)

**** = meget god effekt (71-90%)

***** = specialmiddel (91-100 %) (*) = en halv stjerne

1) På grund af resistensudvikling hos svampe mod strobiluriner er effekten mod hvedemeldug, Septoria, hvedebladplet og bygmeldug meget begrænset.

2) Mod bygbladplet kan også forventes tilfælde af nedsat effekt med Amistar/Mirador. En resistens, som for tiden kun forventes at berøre de øvrige strobiluriner i begrænset omfang.

3) Effekt vurderet ud fra 1,0 liter pr. ha.

4) Vær obs på, at for midler omfattet af triazolreglerne er de tilladte doser lavere end de angivne normaldoseringer. Dosis for Amistar/Mirador er også afhængig af vækststadiet.

IPM

FOREBYG RESISTENS MOD INSEKTMIDLER

UDFORDRING

Når skadedyrene udvikler resistens mod et skadedyrsmiddel, får du ikke længere effekt, når du sprøjter.

Risikoen for resistens stiger, når midler med samme virkemekanisme bruges ofte. Skadedyrsmidlerne i dansk landbrug beror på meget få forskellige virkemekanismer, og hovedparten af sprøjtningerne udføres med midler med samme virkemekanisme, nemlig pyrethroider. Derfor er det ikke så let at forebygge resistens ved at skifte mellem midler eller blandede midler med forskellig virkemekanisme. I Danmark ser vi i dag resistens hos glimmerbøsser og rapsjordlopper.

SÅDAN FOREBYGGER DU RESISTENS

Sprøjt kun efter behov. Det vil sige, når de vejledende bekæmpelsestærskler er overskredet.

OVERSIGT OVER GODKENDTE SKADEDYRSMIDLER

INSEKTMIDDEL	ANVENDES MOD
CARBAMATER	
Pirimor (pirimicarb)	Bladlus i flere afgrøder
NEONICOTINOIDER	
Mospilan (acetamiprid)	Bladlus og coloradobiller i kartofler
Biscaya (thiacloprid)	Skadedyr i raps, "mindre anvendelse" mod bladlus i vinterbyg efterår
PYRETHROIDER	
Fastac (alpha-cypermethrin)	Mange forskellige skadedyr
Karate og Kaiso Sorbie (lambda-cyhalothrin)	Mange forskellige skadedyr
Mavrik Vita (tau-fluvalinat)	Fleere forskellige skadedyr
PYRIDINCARBOXAMIDER	
Teppeki	Bladlus i kartofler og korn
ANDRE	
Avaunt 150 EC (indoxacarb)	Glimmerbøsser i raps

VIDSTE DU?

SENE SPRØJTNINGER GIVER FLERE GLIMMERBØSSER ÅRET EFTER

Hvis du sprøjter mod glimmerbøsser fra begyndende blomstring, slår du også snyltehvepsene ihjel, som ellers dræber 25-75 procent af glimmerbøssens larver. Dermed får glimmerbøsserne gode muligheder for at opformere sig til den kommende vækstsæson. Når du sprøjter inden begyndende blomstring, er der kun få snyltehvepse klækket, og dermed bevarer du glimmerbøssernes fjender i marken. De fleste larver af skadedyr i raps parasiteres af snyltehvepse, så sprøjt kun ved behov.



GLIMMERBØSSER



FOTO: GHITA CORDSEN NIELSEN/SEGES

I Danmark er resistens hos glimmerbøsser mod pyrethroider meget udbredt. Det gælder alle pyrethroider, men Mavrik Vita virker lidt anderledes og har effekt.

Pyrethroiderne, Mavrik Vita undtaget, kan derfor ikke bruges mod glimmerbøsser.

Behov for bekæmpelse i vinterraps

Antal biller pr. plante:	8
tidligt knopstadium	10
sent knopstadium	20
ved begyndende blomstring	20

RAPSDJORDLOPPER



FOTO: ERIK PEDERSEN

I udlandet er der fundet resistens hos rapsjordlopper mod pyrethroider. For at forebygge resistens i Danmark er det vigtigt kun at sprøjte efter behov. Sæt gule fangbakker ud i marken, så får du den mest præcise information om behovet.

Behov for bekæmpelse

De voksne biller bekæmpes, hvis over 10 procent af bladarealet er bortgnavet. Gælder til og med 4-løvbladsstadiet.

Der er behov for at bekæmpe larver, hvis der fanges mere end 25 rapsjordlopper pr. fangbakke indenfor tre uger.

Anvend to fangbakker pr. 10 ha.

KONTAKT

Ghita Cordsen Nielsen, landskonsulent
SEGES
gcn@seg.es.dk
+45 8740 5439 / +45 2028 2695



Læs mere: www.dansk-ipm.dk

SEGES
Landbrug & Fødevarer F.m.b.A.
Agro Food Park 15
DK 8200 Aarhus N

T +45 8740 5000
E info@seg.es.dk
W seg.es.dk

