

ETABLERING AF EN STATUS FOR FOREKOMST AF HERBICIDRESISTENS I DANMARK (2013-2015)

SOLVEJG K. MATHIASSEN OG PER KUDSK

DCA RAPPORT NR. 084 · OKTOBER 2016



AARHUS
UNIVERSITET

DCA - NATIONALT CENTER FOR FØDEVARER OG JORDBRUG



Etablering af en status for forekomst af herbicidresistens i Danmark (2013-2015)

Supplerende oplysninger og præciseringer (oktober 2019) (Dansk Landbrug Sydhavsøerne tilføjet GEP-enheder januar 2020)

I bestræbelsen på at rapporten lever op til Aarhus Universitetets retningslinjer for transparens og deklarering af eksternt samarbejde gives følgende supplerende oplysninger og præciseringer, som er udarbejdet i samarbejde mellem førsteforfatteren og dekanatet ved AU-ST (oktober 2019)/AU-Tech (januar 2020):

Forskningsprojektet er finansieret af Miljøstyrelsen (MST) med medfinansiering fra Dansk Planteværn (DP). AU har designet projektet, der er gennemført i samarbejde med DP, som har indsendt ansøgning til MST og fungeret som projektleder ved Niels Lindemark. Projektlederens rolle var alene at sikre fremdrift i projektet. I forbindelse med projektet opstod der behov for at aflønne ikke-budgetterede studentermedhjælpere til at indsamle prøver. Disse blev finansieret af DP ud over den oprindelige budgetramme.

Den nævnte følgegruppes opgave i projektet har været at vejlede og rådgive, så projektet kunne gennemføres i overensstemmelse med bevillingen fra MST; at vurdere projektets forløb og resultater samt koordinere projektet med øvrige, relevante projekter, der omhandler resistens. Følgegruppen har også drøftet rapportteksten, hvilket har medført mindre sproglige ændringer, men ingen ændringer i konklusionerne.

De øvrige bidragsydere nævnt i forordet havde følgende tilhørsforhold:

Hans Christian Carstensen, Thomas Gravers Høholt og Klaus Jakobsen var studerende ved AU-AGRO og var ansat som studentermedhjælpere til indsamling af frøprøver samt information om sædskifte og tidligere herbicidanvendelse på forsøgsarealerne.

Sanmohan Baby, Kirsten Jensen, Sonja Graugaard og Charlotte H. Knudsen var alle ansat ved AU-AGRO.

De takkede GEP-enheder ("God Eksperimentel Praksis"-anerkendte forsøgsvirksomheder) var Ytteborg I/S, Gefion Field Trials, Nordic Beet Research, Agrolab A/S, LandboNord, LMO Planteavlsforsøg, Dansk Landbrug Sydhavsøerne.

De takkede agrokemiske firmaer var BASF, Bayer CropScience, Syngenta, DOW og DuPont Danmark Aps, som velvilligt stillede deres forsøgsparceller til rådighed for monitoreringen

ETABLERING AF EN STATUS FOR FOREKOMST AF HERBICIDRESISTENS I DANMARK (2013-2015)

DCA RAPPORT NR. 084 · OKTOBER 2016



AARHUS
UNIVERSITET

DCA - NATIONALT CENTER FOR FØDEVARER OG JORDBRUG

Solvejg K. Mathiassen og Per Kudsk

Aarhus Universitet
Institut for Agroøkologi
Forsøgsvej 1
4200 Slagelse

ETABLERING AF EN STATUS FOR FOREKOMST AF HERBICIDRESISTENS I DANMARK (2013-2015)

Serietitel DCA rapport
Nr.: 084
Forfattere: Solvejg K. Mathiassen og Per Kudsk
Udgiver: DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Blichers Allé
20, postboks 50, 8830 Tjele. Tlf. 8715 1248, e-mail: dca@au.dk,
hjemmeside: www.dca.au.dk
Rekvirent: Miljøstyrelsen og Dansk Planteværn
Fotograf: Forsidefoto: Solvejg K. Mathiassen
Tryk: www.digisource.dk
Udgivelsesår: 2016
Gengivelse er tilladt med kildeangivelse
ISBN: 978-87-93398-49-8
ISSN: 2245-1684

Rapporterne kan hentes gratis på www.dca.au.dk

Videnskabelig rapport

Rapporterne indeholder hovedsageligt afrapportering fra forskningsprojekter, oversigtsrapporter over faglige emner, vidensynteser, rapporter og redegørelser til myndigheder, tekniske afprøvninger, vejledninger osv.

Forord

Da vi startede projektet i 2013, var det med en forventning om, at der var tale om en forholdsvis enkel og afgrænset opgave. Det viste sig hurtigt, at vi tog grundigt fejl, og projektet har samlet set kostet langt flere ressourcer, end der var bevilget. En landsdækkende indsamling af frøprøver fra ubehandlede parceller i ukrudtsforsøgene viste sig at være en omfattende opgave, som planteavlskonsulenterne ikke havde kapacitet til at udføre indenfor de rammer, vi kunne tilbyde. Efter to års indsats måtte vi erkende, at det var nødvendigt med en central organisering af indsamlingen af prøver, hvis vi skulle opnå det ønskede antal på ca. 300 prøver. I 2015 bevilgede Dansk Planteværn ekstra midler til ansættelse af to studentermedhjælpere, som indsamlede langt størstedelen af prøverne i sommeren 2015. Også indsamling af historiske data vedrørende afgrøder og herbicidanvendelse i de aktuelle marker har været en tidskrævende opgave.

Projektet er finansieret af Miljøstyrelsen og Dansk Planteværn og udført ved Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet (AU-AGRO). Dansk Planteværn har forestået projektledelsen. En stor tak til følgegruppen bestående af Jens C. Streibig (KU), Jens Erik Jensen (SEGES), Morten Nygård (DOW AgroSciences), Christian Kjær (AU, BioScience), Lise Samsøe-Petersen (Miljøstyrelsen (MST)), Jørn Kirkegaard (MST), Henriette Hossy (MST) og Mette Hyldebrandt-Larsen (MST) for konstruktive input i projektperioden.

En særlig tak til Hans Christian Carstensen, Thomas Gravers Høholt og Klaus Jakobsen for den store indsats med indsamling af prøver og baggrundsoplysninger. Også tak til GEP enhederne, de agrokemiske firmaer, de lokale planteavlskonsulenter og forsøgsværterne for hjælp med information om forsøgenes placering, indsamling af prøver og baggrundsoplysninger. Og til Sanmohan Baby for hjælp med power-analyser samt Kirsten Jensen, Sonja Graugaard og Charlotte H. Knudsen for korrekturlæsning og opsætning af rapporten. Sidst, men ikke mindst en tak til vores teknikere Betina A. Bendtsen, Christian A. Nielsen og Viggo T. Søborg, som med stor omhu har forestået det praktiske arbejde med oprensning og test af frøprøverne.

Solvejg K. Mathiassen
Seniorforsker

Per Kudsk
Professor

Indhold

Sammendrag	7
Indledning	8
Baggrund	8
Definitioner	9
Formål	10
Metode	10
Indsamling og behandling af frøprøver	11
Valg af ukrudtsarter	12
Valg af herbicider og doseringer	12
Historiske data for arealerne	13
Screening	13
Dosis-responsforsøg	15
Resultater	16
Fuglegræs (<i>Stellaria media</i>)	17
Kornblomst (<i>Centaurea cyanus</i>)	20
Kornvalmue (<i>Papaver rhoeas</i>)	21
Lugtløs kamille (<i>Tripleurospermum inodorum</i>)	23
Italiensk rajgræs (<i>Lolium multiflorum</i>)	24
Almindelig rajgræs (<i>Lolium perenne</i>)	26
Agerrævehale (<i>Alopecurus myosuroides</i>)	27
Vindaks (<i>Apera spica-venti</i>)	29
Andre arter	30
Sammenfatning af resultater 2013-2015	31
Diskussion	31
Perspektivering	37
Referencer	38
Appendiks 1 Vejledning til indsamling af frø	39
Appendiks 2-9 Resultater af screening	41
Appendiks 10 Eksempler på selektion	54

Sammendrag

Projektet 'Etablering af en status for forekomst af herbicidresistens i Danmark' blev bevilget i forbindelse med indførelse af den differentierede pesticidafgift i 2013. Pesticidafgiften er baseret på midlernes iboende egenskaber, herunder deres potentielle belastning af sundhed, natur og miljø. Pesticidafgiften favoriserer prismæssigt nogle af de herbicider, hvor risikoen for resistens er størst, idet afgiften er lav på for eksempel sulfonylureamidler (minimidler) og ACCase-hæmmere, som flere ukrudtsarter har udviklet resistens overfor. Samtidig er flere af de herbicider, der betegnes som resistensbrydere, belastet med en høj afgift (for eksempel Boxer (prosulfocarb), Stomp (pendimethalin) og Kerb (propyzamid)), og derfor blev det indføjet i 'Aftale om Sprøjtemiddelstrategi 2013-2015' (Miljøstyrelsen, 2012^a), at forekomsten af resistens skal overvåges. Resultaterne af monitoreringen gør det muligt at opfylde dette mål, da de giver et overblik over udbredelsen af herbicidresistens i Danmark inden pesticidafgiftens eventuelle påvirkning af herbicidvalg. Projektet omfatter monitorering af herbicidresistens i frøprøver udtaget i ubehandlede parceller i ukrudtsforsøg. Monitoreringen omfatter otte ukrudtsarter (fuglegræs (*Stellaria media*), kornblomst (*Centaurea cyanus*), kornvalmue (*Papaver rhoeas*), lugtløs kamille (*Tripleurospermum inodorum*), italiensk og almindelig rajgræs (*Lolium multiflorum*, *L. perenne*), agerrævehale (*Alopecurus myosuroides*) og vindaks (*Apera spica-venti*). Prøverne er testet for resistens ved en indledende screening. De prøver, der i screeningen viste tegn på resistens, er efterfølgende testet i dosis-responsforsøg (pottforsøg) med henblik på at verificere forekomst af resistens og fastlægge resistensniveauet.

Screening af effekt af to herbicider på de 303 spiredygtige frøprøver ud af 334 indsamlede prøver i 2013-2015, indikerede resistens i 27 prøver. Efterfølgende dosis-responsforsøg verificerede resistens i 25 af disse prøver svarende til ca. 8% af de undersøgte prøver. Resistens blev fundet hos fuglegræs, kornvalmue, lugtløs kamille, italiensk og almindelig rajgræs og agerrævehale.

Resultaterne af monitoreringen kan i fremtidige undersøgelser anvendes som en baseline for forekomst af herbicidresistens, før pesticidafgiften eventuelt har haft indflydelse på valg af herbicid.

Indledning

Baggrunden for at udføre en landsdækkende monitoring af herbicidresistens var implementering af en ny pesticidafgift i 2013 som et led i Sprøjtemiddelstrategi 2013-2015 (Miljøstyrelsen, 2012^b).

Pesticidafgiften er baseret på midlernes iboende egenskaber, herunder bl.a. deres potentielle belastning af sundhed, natur og grundvand. Det betyder, at visse grupper af midler, som ligner hinanden kemisk, er blevet billigere og dermed mere attraktive end andre grupper af midler. Blandt de midler, som er blevet billigere at anvende, er for eksempel sulfonyleureamidlerne (minimidler), som i resistensmæssig sammenhæng betegnes som 'høj-risikomidler'. Flere af de herbicider, som betegnes som resistensbrydere (for eksempel Boxer (prosulfoarb) og Stomp (pendimethalin)), er til gengæld blevet meget dyre at anvende som følge af en høj afgift. I forhold til herbicidresistens kan der således være en uheldig sideeffekt af pesticidafgiften. I Sprøjtemiddelstrategi 2013-2015 er derfor indføjet, at der skal ske en overvågning af forekomsten af pesticidresistens. En sådan overvågning kræver et referenceniveau, og monitoringen er udført med henblik på at etablere et sådant i form af en status for herbicidresistens i Danmark, inden pesticidafgiften har påvirket herbicidvalget. Projektet startede som et toårigt projekt (2013-2014), men blev forlænget til at omfatte prøver indsamlet i 2015. Resultaterne af projektet giver en status for resistens i otte ukrudtsarter i form af antal marker med resistens, frekvensen af resistente planter og resistensniveau i den enkelte mark. Der er ikke tidligere foretaget en sådan opgørelse af herbicidresistens i Danmark. Vores hidtidige viden om udbredelsen af resistens har udelukkende bygget på positive fund i prøver fra marker, hvor utilstrækkelig effekt af en sprøjtning har givet anledning til mistanke om resistens.

Monitoringen giver et billede af den aktuelle situation, som er "år nul" for den nye pesticidafgift. På trods af at pesticidafgiften blev indført i 2013, vurderes det, at den først i 2016 for alvor får betydning for herbicidvalget på grund af hamstring (Ørum & Samsøe-Petersen, 2014; Ørum, 2015; SEGES personlig kommunikation). Med en opfølgende monitoring om nogle år vil det være muligt at følge udviklingen i herbicidresistens og vurdere, om pesticidafgiften har påvirket denne under hensyntagen til eventuelle andre faktorer, som kan have indflydelse på resistensudviklingen.

Baggrund

Herbicidresistens blev påvist første gang i Danmark i 1980'erne hos almindelig brandbæger og canadisk bakkestjerne, som havde udviklet resistens overfor triaziner. Det var imidlertid først i forbindelse med det første tilfælde i Europa af resistens hos fuglegræs overfor sulfonyleureaherbicider i 1991 (Kudsk *et al.*, 1995), at der blev påbegyndt en mere systematisk opfølgning, hvor der var mistanke om resistens. Siden begyndelsen af 1990'erne har Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet (AU-AGRO) således tilbudt planteavlskonsulenter og landmænd at teste frøprøver fra marker, hvor der er mistanke om resistens. Følsomhed overfor relevante herbicider testes i potteforsøg ved sammenligning med referencepopulationer med kendt følsomhed.

Status for antallet af kendte tilfælde af resistens i prøver indsendt af landmænd og konsulenter er vist i tabel 1. Det første tilfælde af resistens hos fuglegræs blev fundet i 1991, og antallet af verificerede tilfælde er i dag 28, hvilket ikke umiddelbart er alarmerende set i lyset af, at opgørelsen dækker en periode på mere end 20 år. Det faktiske antal resistentstilfælde hos fuglegræs er formodentlig langt højere, da rutinemæssig testning af prøver ophørte omkring 2010, fordi stort set alle indsendte prøver viste resistens. Udviklingen af resistens indenfor ukrudtsgræsserne er generelt gået stærkere end for de tokimbladede arter. Det første tilfælde af resistens hos agerrævehale blev fundet i 2001 og er på 15 år steget til 91 tilfælde. I 2010 blev der fundet resistens hos vindaks og italiensk rajgræs, og specielt i sidstnævnte har der været en hurtig stigning i antallet af resistentstilfælde.

Tabel 1. Oversigt over herbicidresistens i Danmark, august 2016. Tabellen omfatter prøver, som er indsendt af landmænd og konsulenter på baggrund af mistanke om resistens. For resistentstype se side 9-10.

Ukrudtsart	Resistentstype	Første tilfælde	Antal af tilfælde
Fuglegræs	Target site	1991	28
Hanekro	Target site	1999	1
Agerrævehale	Target site Øget metabolisme	2001	91
Kornvalmue	Target site	2003	10
Ital. rajgræs	Øget metabolisme	2010	33
Kamille	Target site	2010	19
Gul okseøjle	Target site	2010	2
Vindaks	Øget metabolisme	2010	6
Hyrdetaske	Target site	2011	1

Den generelle udvikling, at flere og flere ukrudtsarter er påvirket af resistens, og den forholdsvis hurtige stigning i antallet af tilfælde for både rajgræs og kamille er bekymrende. Hos begge arter er der tale om resistens overfor sulfonylureamidler, og en mulig årsag til den uheldige udvikling kan være den udbredte anvendelse af denne gruppe af midler i stort set alle afgrødetyper. I tidligere opgørelser over herbicidresistens er størstedelen af prøverne udtaget i behandlede marker, hvor der er set utilfredsstillende effekt. På grund af mangel på monitoring i marker uden mistanke om resistens er der ikke noget klart billede af problemets reelle omfang.

Definitioner

Herbicidresistens: En ukrudtsplantens evne til at overleve og formere sig efter behandling med en herbiciddosering, som tidligere var tilstrækkelig til at bekæmpe den pågældende art.

Target site-resistens: En punktmutation i plantens DNA medfører, at det sted i planten, hvor herbicidet normalt udøver sin virkning, er ændret. Herbicidet kan derfor ikke bindes til virkningsstedet (target site) og udøve sin virkning. Der er ofte tale om et meget højt resistensniveau.

Denne mekanisme er årsag til resistens overfor sulfonylureamidler hos tokimbladede arter. Også hos græsukrudsarterne kendes flere punktmutationer, som medfører target site-resistens.

Non-target site-resistens: En fælles betegnelse for forskellige mekanismer som reducerer den mængde herbicid, som når frem til virkningsstedet. Det kan for eksempel skyldes en nedsat optagelse eller transport af herbicid rundt i planten eller en øget nedbrydning af herbicid i planten, som beskrevet under metabolisk resistens.

Metabolisk resistens: Flere mindre mutationer i planten medfører en øget produktion af enzymer, som nedbryder herbicider i planten. Dermed reduceres den mængde af aktivstof, som når frem til virkningsstedet. Flere forskellige herbicidgrupper påvirkes på samme tid. Denne mekanisme er den hyppigste årsag til resistens hos græsukrudsarter i Danmark.

Krydsresistens: Resistens overfor et herbicid medfører resistens overfor andre herbicider med samme virkningsmekanisme.

Multipel resistens: Resistens overfor et herbicid medfører resistens overfor herbicider med andre virkningsmekanismer.

Resistensindeks: Det antal gange herbiciddosis skal øges for at opnå samme bekæmpelseeffekt på en resistent som på en følsom population af den pågældende ukrudtsart. I monitoringen er alle resistensindeks beregnet ved 50% effekt ($R_1 = ED_{50}(\text{population}) / ED_{50}(\text{følsom reference})$).

Formål

Formålet med projektet var at undersøge forekomst af herbicidresistens i Danmark. Monitoringen skaber en reference (i det følgende kaldet "baseline 2013-2015") for forekomst af resistens i otte udvalgte ukrudtsarter i 2013-2015. Foruden antallet af marker med resistens, viser monitoringen frekvensen af resistente planter og resistensniveau i den enkelte mark. Baseline 2013-2015 kan anvendes som sammenligningsgrundlag i forbindelse med senere opgørelser af herbicidresistens hos de ukrudtsarter, som indgår i monitoringen.

Metode

Monitoringen omfatter frøprøver indsamlet fra ubehandlede forsøgsled i ukrudtsforsøg til høst i 2013-2015. Frøprøverne er indsamlet i Landsforsøg, som udføres af de lokale planteavlsskontorer samt GEP- (God Eksperimentiel Praksis) forsøg, som udføres af anerkendte forsøgsenheder efter et kvalitetssystem opbygget ud fra EPPO-guidelines (EPPO, 2015).

Indsamling og behandling af frøprøver

Indsamlingen af frø blev i 2013-2014 for GEP-forsøgenes vedkommende foretaget af de forsøgsansvarlige medarbejdere hos GEP-forsøgshederne, forsøgsvirksomhederne og for landsforsøgenes vedkommende af medarbejdere på planteavlkontorer i de lokale landbrugscentre. I 2015 er hovedparten af indsamlingen foretaget af to studerende ved AU samt teknikere fra AU-AGRO.

Prøveudtagning er udført, som beskrevet i 'Vejledning til indsamling af frø' (appendiks 1). Delprøver er udtaget tilfældigt 4 til 6 steder i hver af de ubehandlede parceller og er efterfølgende blandet til en samlet prøve. Frøprøverne er tørret ved stuetemperatur. Hos AU-AGRO er prøverne rensset og eventuelt forbehandlet for at forbedre spireevnen. Som standardbehandling er alle frø af agerrævehale varmebehandlet ved 30°C i minimum 3 uger inden såning.



Frøprøver blev indsamlet i ubehandlede parceller i effektforsøg med herbicider, som vist her i forsøg i roer og vinterhvede.

Valg af ukrudtsarter

Moniteringen omfatter otte ukrudtsarter, hvoraf fire er græsukrudtsarter: italiensk rajgræs (*Lolium multiflorum* (LOLMU)), almindelig rajgræs (*L. perenne*, (LOLPE)), agerrævehale (*Alopecurus myosuroides* (ALOMY)) og vindaks (*Apera spica-venti* (APESV)), og fire er tokimbladede arter: kornblomst (*Centaurea cyanus* (CENCY)), lugtløs kamille (*Tripleurospermum inodorum* (MATIN)), kornvalmue (*Papaver rhoeas* (PAPRH)) og fuglegræs (*Stellaria media* (STEME)). Der er fokuseret på de ukrudtsarter, hvor der tidligere er fundet resistens i Danmark, og som må regnes for risikoarter under danske forhold. Dette gælder dog ikke kornblomst og almindelig rajgræs, hos hvilke der ikke er fundet tilfælde af resistens i Danmark. Kornblomst er medtaget på baggrund af mistanke om resistens i vore nabolande (Sverige og Tyskland), og ALS-resistens hos denne art er verificeret i Polen (Heap, 2016). Almindelig rajgræs var ikke en fokusart fra projektets start, men da den blev indsamlet i 16 forsøg i 2015, valgte vi at inkludere den. Test af almindelig rajgræs er relevant, fordi den er tæt beslægtet med italiensk rajgræs og findes i geografiske områder af Danmark, hvor italiensk rajgræs er mindre hyppigt forekommende. Der er hidtil kun testet ganske få prøver af almindelig rajgræs.

Nogle få andre ukrudtsarter er blevet indsamlet i enkelte forsøg, hvor de har været til stede i større mængde. Det gælder hvidmelet gåsefod (*Chenopodium album*), agerstedmoder (*Viola arvensis*) og gul okseøje (*Chrysanthemum segetis*).

Valg af herbicider og doseringer

I projektet er effekten undersøgt af de herbicidgrupper, som der tidligere er fundet resistens overfor i de pågældende arter. For de tokimbladede arter (fuglegræs, kamille, kornvalmue) er der udelukkende fundet resistens overfor ALS-hæmmere og primært gruppen af sulfonylureamidler. Da der er risiko for, at resistens overfor sulfonylureamidler samtidig medfører resistens overfor andre ALS-hæmmere (krydsresistens), som f.eks. triazolpyrimidiner, er et herbicid fra hver af disse grupper (tribenuron-methyl=sulfonylurea og florasulam=triazolpyrimidin) testet. Til målrettet bekæmpelse af græsukrudt efter fremspiring findes på det danske marked kun to herbicidgrupper (ALS- og ACCase-hæmmere). Der er tidligere fundet resistens overfor begge grupper hos agerrævehale, italiensk rajgræs og vindaks. I de tilfælde, hvor der i screeningen blev fundet resistens overfor begge grupper, er også effekten af prosulfocarb undersøgt.

På de tokimbladede arter, hvor resistensmekanismen er target site-resistens (side 9), som er kendetegnet ved et højt resistensniveau, er der i screeningen anvendt en dosering, som er 10 gange højere end den dosering, der forventes at give 90% effekt på de følsomme referencepopulationer (ED₉₀). På græsukrudtsarterne er der oftest tale om non-target site-resistens (metabolisk resistens, side 10), hvilket giver lavere resistensniveau. For ikke at overse metabolisk resistente populationer er der på græsukrudtsarterne anvendt en dosering, der kun er 3 gange højere end ED₉₀ på den følsomme population.

Tabel 2. *Herbicider og doseringer anvendt i screeningsforsøgene. Trimmer 50 WG, Lexus 50 WG og Primera Super blev udsprøjtet i blanding med 0,1% Agropol; Topik og Hussar OD blev udsprøjtet i blanding med 0,5 L/ha Renol.*

Ukrudtsart	Herbicid (reg. nr.)	Aktivstof	Indhold (g a.s./L eller kg)	Dosering (g a.s./ha)
Fuglegræs	Trimmer 50 SG (3-184)	Tribenuron	500	0,5
Kornblomst				20,0
Kornvalmue				1,0
Lugtløs kamille				10,0
Fuglegræs	Primus (64-45)	Florasulam	50	0,5
Kornblomst				3,0*;7,5**
Kornvalmue				2,0
Lugtløs kamille				2,0
Italiensk rajgræs	Topik (1-197)	Clodinafop	100	20,0
	Hussar OD (18-419)	Iodosulfuron	100	1,5
Agerrævehale	Primera Super (18-432)	Fenoxaprop-P	69	138,0
	Lexus 50 WG (3-163)	Flupyrsulfuron	500	2,5
Vindaks	Primera Super (18-432)	Fenoxaprop-P	69	20,7
	Hussar OD (18-419)	Iodosulfuron	100	3,0

*2013; **2014-2015

Historiske data for arealerne

Oplysninger vedrørende sædskifte og herbicidanvendelse på forsøgsarealet er indsamlet for 3 år forud for prøveudtagning.

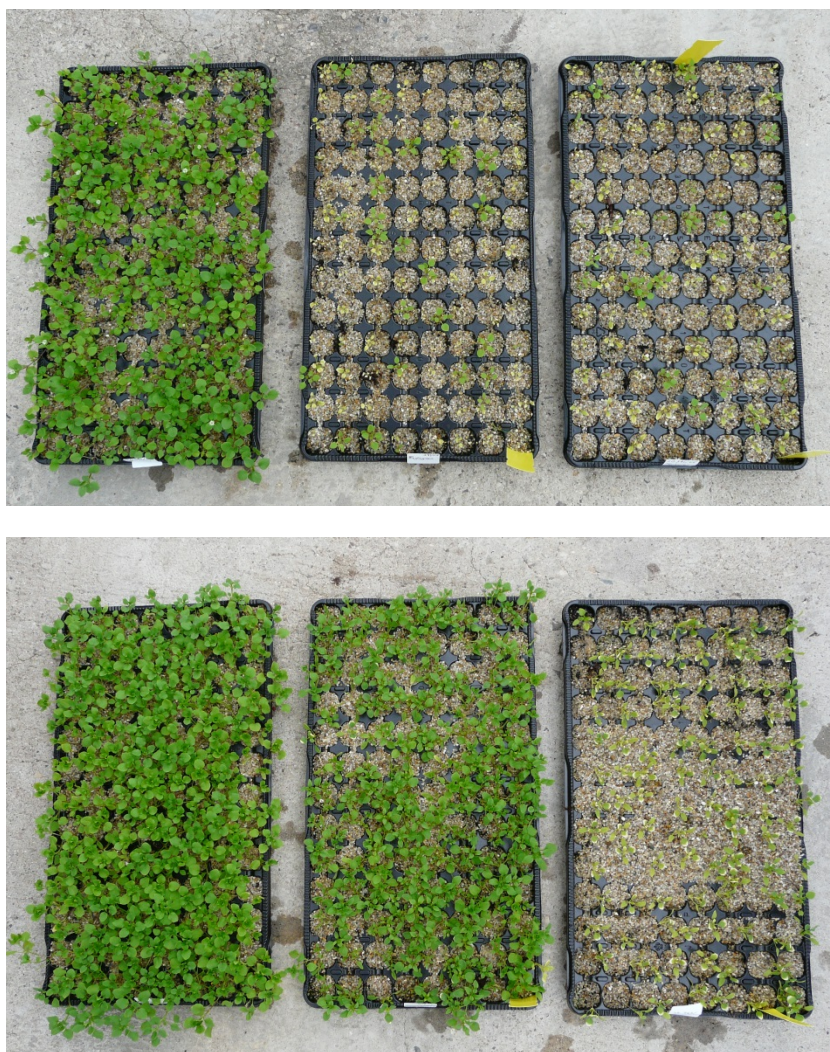
Screening

Formålet med screeningsforsøgene var at få en vurdering af frekvensen af følsomme og potentielt resistente individer i den enkelte frøprøve. Der blev sået 3 bakker af hver population (ubehandlet, herbicid 1, herbicid 2) (figur 1). Frøene blev sået i spirebakker med 104 huller. For hver art blev der sået en eller to følsomme samt en resistent referencepopulation med undtagelse af kornblomst, hvor det ikke var muligt at skaffe en resistent population. De følsomme referencepopulationer er populationer, som er indsamlet for minimum 10 år siden på Forskningscenter Flakkebjergs marker, og som løbende er opformeret og testet under kontrollerede forhold. De resistente referencepopulationer er udvalgt fra tidligere screeninger og har været testet i flere forsøg gennem de seneste 5-10 år.

Efter fremspiring blev der udtynnet til en plante pr. hul. Planterne blev sprøjtet på 4-6 bladstadiet. Sprøjtningen blev udført i en kabinesprøjte. Der blev anvendt ISO-110-02 dyser, et tryk på 3 bar og en hastighed på 5,4 km/time, hvilket gav en væskemængde på ca. 150 L/ha.

Hver ukrudtsart blev testet for følsomhed overfor to herbicider. De anvendte herbicider og doseringer fremgår af tabel 2.

Antallet af levende og døde planter i screeningsbakkerne blev optalt 3 uger efter sprøjtning (figur 1). Alle planter blev høstet, og friskvægt af plantematerialet blev målt. Planterne blev tørret i en ovn ved 80° C i 36 timer, hvorefter tørvægten blev målt. Effekt på antal planter (= % døde planter) samt effekt på biomasse (= reduktion af friskvægt/plante i forhold til ubehandlet) blev beregnet. Effekter er sammenlignet med tilsvarende effekter på de følsomme og resistente referencepopulationer. Populationer, hvor effekten var mindre end 75% på både antal planter og biomasse, blev klassificeret som potentielt resistente.



Figur 1. Screeningsbakker med fuglegræs. Fotos viser fra venstre mod højre: Ubehandlet, tribenuron og florasulam. Øverste foto viser effekt på følsom population og nederste foto en population, som er resistent overfor tribenuron men følsom overfor florasulam.

Dosis-responsforsøg

For at verificere forekomst af resistens og kvantificere graden af resistens blev der udført dosis-responsforsøg med de populationer, hvor screeningsforsøgene indikerede resistens. Forsøgene blev udført i 1-L potter i væksthuse. Der blev anvendt 5 doseringer og 2-3 gentagelser af hver behandling. Planterne blev sprøjtet i en kabinesprøjte og høstet 3 uger senere med måling af frisk- og tørvægt. Resultaterne blev analyseret ved hjælp af non-lineære regressioner ved anvendelse af nedenstående doseringsmodel (1) (Streibig *et al.*, 1993):

$$U = \frac{D - C}{1 + \exp[b(\log(ED_{50}) - \log(z))]} + C \quad (1)$$

U er friskvægt per potte, z er doseringen, D er den øvre asymptote, som angiver friskvægt pr. potte ved meget lave doseringer, og C er den nedre asymptote, hvilket vil sige friskvægt pr. potte ved meget høje doseringer. ED_{50} er den dosering, der reducerer friskvægten med 50% i forhold til ubehandlet, og b er doseringskurvens hældning omkring ED_{50} .

Ud fra ED_{50} doseringerne kan resistensindeks (R_I) beregnes (2). Dette indeks er et mål for graden af resistens. R_I viser, hvor mange gange doseringen på den resistente population skal øges i forhold til doseringen på den følsomme referencepopulation for at opnå samme (i dette tilfælde 50%) reduktion af biomasse. For target site-resistens er R_I ofte større end 10, mens det for metabolisk resistens ofte er mindre end 10. I denne monitoring har vi valgt at klassificere populationer som resistente når R_I var større end 3. Lavere resistensniveauer kan skyldes en naturlig variation i følsomhed indenfor ukrudtsarten.

$$R_I = ED_{50} \text{ population} / ED_{50} \text{ følsom reference} \quad (2)$$



Resistens hos agerrævehale blev første gang fundet i 2001 i Danmark. Det er i dag den ukrudtsart, hvor resistens er mest udbredt.

Resultater

I 2013, 2014 og 2015 blev der indsamlet i alt 334 frøprøver til test for resistens. Prøverne er indsamlet fra mere end 180 lokaliteter. Fordelingen af prøver mellem de enkelte ukrudtsarter fremgår af tabel 3.

De indsendte oplysninger om forudgående afgrøder og herbicidbehandling af forsøgsarealerne var i mange tilfælde mangelfulde i de to første år. Samlet set er det lykkedes at indhente oplysninger for ca. 75% af lokaliteterne.

Tabel 3. Fordeling af prøver i monitoring for herbicidresistens på de enkelte ukrudtsarter i 2013, 2014 og 2015. I parentes er angivet antal af prøver, der ikke kunne testes på grund af lav spireevne.

Ukrudtsart	2013	2014	2015	I alt
Fuglegræs	5	5	49 (4)	59 (4)
Kornblomst	3	1	6 (1)	10 (1)
Kornvalmue	6	10	28 (2)	44 (2)
Lugtløs kamille	11 (2)	11	70 (3)	92 (5)
Italiensk rajgræs	1	1	20	22
Agerrævehale	13 (1)	10	5	28 (1)
Vindaks	12 (2)	18	30 (13)	60 (15)
Agerstedmoder	1			1
Almindelig rajgræs			16 (3)	16 (3)
Hvidmelet gåsefod	1			1
Gul okseøje	1			1
I alt	54 (5)	56	224 (26)	334 (31)



Resistens overfor sulfonylureamidler hos kornvalmue blev i første gang fundet i Danmark i 2013.

Fuglegræs (*Stellaria media*)

Der blev i alt indsamlet 59 prøver af fuglegræs fordelt over hele landet (27 prøver fra Sjælland, 5 fra Fyn og 27 fra Jylland). Grundet lav spireevne af frø i 4 af prøverne, blev kun 55 prøver testet for resistens overfor tribenuron. Effekt af florasulam blev testet på 48 af disse prøver, da der for 7 af prøverne kun var frø til test med et herbicid. I alle tre år blev der anvendt 2 følsomme (ID 391 og ID 1) samt en resistent population (ID 762) som referencer.

Screeningsforsøg

Effekten af tribenuron og florasulam på referencepopulationerne var stabil i de tre forsøgsår (appendiks 2). Begge herbicider gav alle år mere end 90% effekt på både biomasse og antal planter i de følsomme referencepopulationer. Hos den resistente referencepopulation (ID 762) var der alle tre år lav effekt af tribenuron på antal planter (0-9%) og biomasse (14-53%), mens effekten af florasulam var god. Der er således ikke tegn på krydsresistens hos ID 762.

Resultaterne indikerede resistens overfor tribenuron hos syv populationer (STEME2, STEME7, STEME25, STEME37, STEME43, STEME53 og STEME56), hvor effekten på både antal planter og friskvægt var lavere end 75% (appendiks 2). Lav effekt af florasulam hos STEME43 og STEME53 indikerer, at der er krydsresistens hos disse populationer.



Resistent fuglegræs i vårbyg. Foto: Ole B. Hansen.

Dosis-responsforsøg

Resistensniveauet i de 7 potentielt resistente populationer blev efterfølgende undersøgt i dosis-responsforsøg. I forsøget i 2013 indgik ID 1 og ID 762, som referencer. I 2015 blev den følsomme referencepopulation erstattet af ID 1129, da spireevnen af ID 1 var kritisk lav. Der blev anvendt 8 doseringer af tribenuron (0,03-4 g a.s./ha, faktor 2 mellem doser), hvor dosering 1-5 blev anvendt på de følsomme referencer og dosering 4-8 på den resistente referencepopulation samt de potentielt resistente populationer. Florasulam blev udsprøjtet med samme 5 doseringer på alle populationer (0,06-1 g a.s./ha, faktor 2 mellem doser).

Resistensindekset for tribenuron var ca. 50 for den resistente referencepopulation og ca. 90 for STEME2 (tabel 4). Det betyder, at for at opnå 50% effekt skal doseringen på den resistente referencepopulation og STEME2 øges henholdsvis 50 og 90 gange i forhold til doseringen på den følsomme referencepopulation. Der er således tale om et meget højt resistensniveau hos begge populationer. På grund af mangel på frø var det ikke muligt at teste STEME7 og STEME37 i dosis-responsforsøg, men med de lave effekter, der blev fundet i screeningsforsøget, vurderes det ret sikkert, at begge populationer er resistente. Resistensindeks for populationer fra 2015 ligger mellem 5,8 og 32 for tribenuron. Selvom resistensindeks for to af populationerne er under 10 og dermed lavere end forventet for target site-resistens, vurderes begge populationer at være resistente, da screeningsresultaterne viste meget nedsat effekt. Resultater med florasulam viste krydsresistens hos STEME43.

Tabel 4. Beregnede resistensindeks (R_i) for tribenuron og florasulam på fuglegræs. ID 1 og ID 1129 er følsomme referencepopulationer, ID 762 er en tribenuron resistent referencepopulation.

Population	Resistensindeks			
	Tribenuron		Florasulam	
	2013	2015	2013	2015
ID 1	1,0	1,0	i.e.	i.e.
ID 1129	0,7	1,0	i.e.	1,0
ID 762	47,3	37,8	i.e.	1,1
STEME2	88,3		i.e.	
STEME7	i.e.		i.e.	
STEME25		8,9		i.e.
STEME30		32,2		1,1
STEME37		i.e.		1,7
STEME43		27,8		6,9
STEME53		5,8		2,0
STEME56		18,4		1,8

i.e.= ikke estimeret

Konklusion

Af 59 indsamlede prøver af fuglegræs var 55 prøver spiredygtige. Der er fundet resistens overfor tribenuron i 8 prøver. Kun én af prøverne var med sikkerhed resistent overfor florasulam. Den mindre udbredte resistens overfor florasulam skyldes sandsynligvis, at selektion er sket med sulfonylureamidler. Samlet set er der fundet resistens i 15% af fuglegræsprøverne.



Screeningsforsøg med fuglegræs.

Kornblomst (*Centaurea cyanus*)

Moniteringen omfattede 10 prøver af kornblomst. Prøverne repræsenterede 6 lokaliteter i Jylland og 4 på Sjælland. I screeningsforsøget i 2013 indgik 2 følsomme populationer som referencer (ID 143 og ID 1108); i 2014 og 2015 blev kun ID 1108 medtaget som følsom reference. Det var ikke muligt at skaffe en resistent referencepopulation. Effekten af tribenuron på ID 1108 var tilnærmelsesvis ens i de tre forsøgsår (92-100% effekt på antal planter, 71-91% effekt på biomasse). På grund af den lave effekt af florasulam på antal planter i 2013 blev doseringen i screeningsforsøgene øget fra 3 g a.s./ha til 7,5 g a.s./ha de følgende år. Der er i 2014-2015 opnået 90-100% effekt af florasulam på antal planter og mellem 57 og 92% effekt på biomasse.

Screeningsforsøg

Mange planter af CENCY1 overlevede behandling med begge herbicider. Målt på friskvægt var der god effekt af tribenuron, hvilket viser, at væksten af de overlevende planter var meget reduceret. Med florasulam var der lav effekt på både antal planter og biomasse. Det betyder, at væksten af de overlevende planter kun i mindre grad var påvirket af behandling (appendiks 3). Spireevnen af CENCY2 og CENCY3 var meget lav, og der var kun mellem 9 og 19 planter pr. screeningsbakke. Det var derfor kun muligt at teste følsomheden overfor et herbicid (tribenuron) på disse to prøver. Alle prøver fra 2014 og 2015 var følsomme overfor begge herbicider.

Dosis-responsforsøg

Resistensniveauet overfor florasulam af CENCY1 blev yderligere undersøgt i dosis-responsforsøg.

I forsøget indgik de 2 referencepopulationer (ID 143 og ID 1108). Der blev anvendt 5 doseringer af florasulam (0,6-10 g/ha, faktor 2 mellem doser). På grund af meget stor variation imellem gentagelserne var det ikke muligt at beregne ED-værdier, men overordnet set var der ikke indikation af resistens i CENCY1.

Konklusion

Screeningstesten indikerede en mindre følsomhed af CENCY1 overfor tribenuron sammenlignet med de øvrige populationer. Da effekten på friskvægt var højere end 75% blev populationen klassificeret som følsom. CENCY1 blev klassificeret som resistent overfor florasulam, da effekt på både antal planter og biomasse var lavere end 75%.

I dosis-responsforsøget blev der ikke fundet forskel i følsomheden af CENCY1 og referencepopulationen. Et efterfølgende dosis-responsforsøg viste, at den dosering af florasulam, der skal til for at give 90% reduktion af biomasse (ED₉₀), svarer til ca. 1 g/ha. Det antages derfor, at den lave effekt af florasulam i screeningsforsøget skyldtes, at doseringen af florasulam var for lav. I 2014 blev doseringen af florasulam i screeningsforsøget derfor hævet til 7,5 g/ha florasulam.

Kornvalmue (*Papaver rhoeas*)

Moniteringen omfattede 44 prøver af kornvalmue, hvoraf 38 prøver var fra Sjælland, 4 fra Fyn, 1 fra Bornholm og 1 fra Jylland. I screeningsforsøgene indgik 1 følsom (ID 150) og 1 resistent population (ID 889) som referencer. På grund af det store antal prøver i 2015 blev en følsom prøve fra 2014 (PAPRH16) medtaget som en ekstra reference. Effekten af begge herbicider på den følsomme referencepopulation var stabil i de tre forsøgsår med mere end 95% effekt på biomasse. Effekten af tribenuron på den resistente referencepopulation varierede mellem 4 og 38% på antal planter og 33 og 57% på biomasse. De lave effekter af florasulam (59-73% effekt på biomasse) viser, at der er krydsresistens hos denne population.

Screeningsforsøg

Der blev fundet nedsat effekt af tribenuron hos 2 af de indsamlede populationer (PAPRH5, og PAPRH15). Der var nedsat effekt af florasulam på antal planter af PAPRH5. Væksten af de overlevende planter var stærkt reduceret (appendiks 4). Det samme gælder PAPRH6 og PAPRH7, som er prøver samlet fra overlevende planter i behandlede parceller i samme forsøg som PAPRH5. PAPRH6 og PAPRH7 er ikke medtaget i optælling af frøprøver men omtales særskilt i appendiks 10.

Dosis-responsforsøg

Resistensniveauet overfor tribenuron og florasulam af PAPRH5 og PAPRH15 blev yderligere undersøgt i dosis-responsforsøg. I forsøget indgik de 2 referencepopulationer (ID 150 og ID 889). Der blev anvendt 8 doseringer af tribenuron (0,06-8 g a.s./ha, faktor 2 mellem doser), hvor dosering 1-5 blev udsprøjtet på de følsomme referencer og dosering 4-8 på den resistente referencepopulation samt testprøverne. Florasulam blev udsprøjtet i 5 doseringer (0,12-2 g a.s./ha, faktor 2 mellem doser).

Resistensindekset for tribenuron blev estimeret til 26 for den resistente referencepopulation, mens resistensniveauet var ca. 9 for PAPRH5 og 82 for PAPRH15.

På grund af mangel på frø var der med PAPRH5 kun planter nok til at medtage 2 doseringer af florasulam. Begge doseringer gav væsentlig lavere effekt end på den følsomme reference, hvilket indikerer nogen grad af krydsresistens. Resistensindeks for PAPRH15 blev beregnet til 5 for florasulam, og der er således krydsresistens dog med et væsentligt lavere resistensniveau overfor florasulam end med tribenuron.

Tabel 5. Beregnede resistensindeks (R_I) for tribenuron og florasulam på kornvalmue. ID 150 er en følsom referencepopulation, ID 889 er en resistent referencepopulation.

Resistensindeks				
	Tribenuron		Florasulam	
Population	2013	2014	2013	2014
ID 150	1,0	1,0	i.e.	1,0
ID 889	26,3	54,2	i.e.	9,2
PAPRH ₅	8,6		i.e.	
PAPRH ₁₅		81,6		5,0

Konklusion

Indikationen af resistens hos PAPRH₅ og PAPRH₁₅ i screeningsforsøgene blev bekræftet i dosis-responsforsøget. Det relativt lave resistensindeks for PAPRH₅ viser, at der er tale om et tidligt stadie af resistensudvikling i marken, hvor kun en forholdsvis lav andel af planterne har udviklet resistens. PAPRH₁₅ viser et højt resistensindeks. I denne mark er der udbredt resistens. Der ses et lavt niveau af krydsresistens til florasulam. Den lavere grad af resistens overfor florasulam skyldes sandsynligvis at selektion af resistens er sket med sulfonylureamidler. Forekomsten af resistens hos kornvalmue er 2 ud af 44 spiredygtige prøver svarende til 5%.

Lugtløs kamille (*Tripleurospermum inodorum*)

Der blev indsamlet 92 prøver af lugtløs kamille (49 på Sjælland, 15 på Fyn, 27 i Jylland, 1 på Bornholm). I screeningsforsøgene indgik en følsom (ID 157) og en resistent population (ID 836) som referencer. På grund af dårlig fremspiring udgik ID 157 af screeningsforsøget i 2014. I 2015 blev der suppleret med en følsom (MATIN18) og resistent (MATIN30) prøve fra tidligere års tests. På den følsomme referencepopulation har effekten af begge herbicider været stabil med over 90% effekt i alle år. Effekten på den resistente referencepopulation har alle år været lav (0-10% på antal planter, 30-48% effekt på biomasse). I 2013-2014 var effekten på biomasse af florasulam ca. 60%, mens den i 2015 var væsentlig højere. Effekten af den ekstra medtagne resistente referencepopulation var 49% og dermed på niveau med effekten på ID 836 i forudgående år.

Screeningsforsøg

I 5 af de indsendte prøver var spireevnen meget lav, og det var ikke muligt at teste følsomheden af disse prøver. Kun én prøve (MATIN81) viste nedsat følsomhed overfor tribenuron og i mindre grad florasulam (appendiks 5).

Dosis-responsforsøg

Resistensniveauet overfor tribenuron og florasulam af MATIN81 blev undersøgt i dosis-responsforsøg. I forsøget indgik de to referencepopulationer (ID 150 og ID 889). Der blev anvendt 8 doseringer af tribenuron (0,125-16 g a.s./ha, faktor 2 mellem doser) og florasulam (0,07-10 g a.s./ha, faktor 2 mellem doser), hvor dosering 1-5 blev udsprøjtet på de følsomme referencer og dosering 4-8 på den resistente referencepopulation samt testprøverne. Den højeste dosering af tribenuron gav mindre end 50% på den resistente referencepopulation og MATIN81, og det var derfor ikke muligt at bestemme ED₅₀-doseringen, som derfor er sat til >16 g a.s./ha. Dermed fås et resistensindeks >28 for tribenuron for den resistente population samt MATIN81, mens resistensniveauet for florasulam blev estimeret til 13 for MATIN81 (tabel 6). Der er således krydsresistens, dog med et væsentligt lavere resistensniveau for florasulam i forhold til tribenuron.

Tabel 6. Beregnede resistensindeks (R_I) for tribenuron og florasulam på lugtløs kamille. ID 157 er en følsom referencepopulation og ID 837 er en resistent referencepopulation.

Population	Resistensindeks	
	Tribenuron	Florasulam
Population	2015	2015
ID 157	1,0	1,0
ID 836	>27,6	18,1
MATIN81	>27,6	13,0

Konklusion

Kun én af de 92 testede prøver af lugtløs kamille viste tegn på resistens overfor tribenuron og i mindre grad florasulam. Dette svarer til 1% af prøverne.

Italiensk rajgræs (*Lolium multiflorum*)

Moniteringen omfattede 22 prøver af italiensk rajgræs, hvoraf 2 var fra Sjælland, 7 fra Fyn, 12 fra Jylland og 1 fra Bornholm. I screeningsforsøgene indgik to følsomme populationer i 2013-2014 (ID 290 og ID 975) samt en resistent population (ID 903) som referencer. I 2015 blev sorten Sikem anvendt som følsom reference. Alle år har begge herbicider givet mellem 75 og 90% effekt på antal planter og biomasse på de følsomme referencepopulationer og væsentlig lavere effekter (20-53%) på den resistente referencepopulation.

Screeningsforsøg

I populationen LOLMU1 var der mange overlevende planter efter behandling med iodosulfuron (appendiks 6). LOLMU1 klassificeres som potentielt resistent, da effekt på biomasse er lavere end 75%. I modsætning til den resistente reference ses ingen indikation af resistens overfor clodinafop i LOLMU1. I LOLMU17 var der meget lav effekt af iodosulfuron på antal planter. LOLMU17 er ikke klassificeret som resistent, da effekten på friskvægt er højere end 75%, men blev alligevel testet i dosis-responsforsøg fordi behandlede prøver fra samme mark viste resistens som følge af selektion (appendiks 10). Effekten af clodinafop var ikke forskellig fra effekten på den følsomme population.

Dosis-responsforsøg

Effekten af iodosulfuron på LOLMU1, LOLMU17, LOLMU36 og LOLMU44 blev undersøgt i dosis-responsforsøg. I forsøgene indgik følgende følsomme referencepopulationer: ID 290 (2013), ID 975 (2014) og Sikem (2015). ID 903 indgik som resistent referencepopulation i alle år. Der blev anvendt 7 doseringer af hvert herbicid (0,09-4 g/ha iodosulfuron, 0,6-100 g/ha clodinafop, faktor 2 mellem doser), hvor dosering 1-5 blev anvendt på de følsomme referencer og dosering 3-7 på de resistente populationer. Resistensindeks for LOLMU1 blev beregnet til 5, mens resistensindekset for den resistente reference var >60. For LOLMU17 og LOLMU44 var resistensindeksene henholdsvis 21,5 og 9,9, hvilket viser, at også disse populationer er resistente overfor iodosulfuron (tabel 7). LOLMU36 havde et resistensindeks på 2,8 og kan derfor ikke med sikkerhed klassificeres som resistent. Der blev ikke fundet nedsat effekt af clodinafop og prosulfocarb i populationerne.

Tabel 7. Beregnede resistensindeks (R_I) for iodosulfuron, clodinafop og prosulfocarb på italiensk rajgræs. ID 290, ID 975 og Sikem er følsomme referencepopulationer, ID 903 er en resistent referencepopulation.

Population	Resistensindeks								
	Iodosulfuron			Clodinafop			Prosulfocarb		
	2013	2014	2015	2013	2014	2015	2013	2014	2015
ID 290	1,0			1,0					
ID 975		1,0			1,0			1,0	
Sikem			1,0			1,0			1,0
ID 903	>60	>20	144			24,5	1,0	1,2	
LOLMU1	5,0			i.e.			0,6		
LOLMU17		21,5			i.e.			1,0	
LOLMU36			2,8			2,1			i.e.
LOLMU44			9,9			1,3			i.e.

i.e.= ikke estimeret

Konklusion

På baggrund af den lave effekt af iodosulfuron i dosis-responsforsøget kan det konkluderes, at LOLMU1, LOLMU17 og LOLMU44 er resistente overfor iodosulfuron. Der er ikke fundet resistens overfor clodinafop. Samlet set er der fundet resistens i 14% af prøverne.

Almindelig rajgræs (*Lolium perenne*)

I 2015 blev der indsamlet 16 prøver af almindelig rajgræs, hvoraf 4 var fra Sjælland, 6 fra Fyn og 6 fra Jylland. En population som i tidligere forsøg er fundet følsom overfor iodosulfuron og clodinafop blev anvendt som følsom reference (ID 1155). Iodosulfuron havde i screeningsforsøget høj effekt på både antal planter og friskvægt, mens den valgte dosering af clodinafop var for lav til at give tilstrækkelig effekt på den følsomme referencepopulation.

Screeningsforsøg

I populationerne LOLPE9, LOLPE10 og LOLPE12 var der mange overlevende planter og lav effekt på biomasse efter behandling med iodosulfuron (appendik 7). Effekten af clodinafop på LOLPE2 og LOLPE10 var lavere end på den følsomme referencepopulation.

Dosis-responsforsøg

Effekten af iodosulfuron på LOLPE2, LOLPE9, LOLPE10 og LOLPE12 blev undersøgt i dosis-responsforsøg. I forsøgene indgik en følsom referencepopulation (ID 1155). Der blev anvendt 7 doseringer af hvert herbicid (0,09-4 g/ha iodosulfuron, faktor 2 mellem doser), hvor dosering 1-5 blev anvendt på de følsomme referencer og dosering 3-7 på de resistente populationer. Resistensindeks for LOLPE2 og LOLPE9 var lavere end 3 for iodosulfuron, og disse populationer klassificeres derfor som følsomme (tabel 8). LOLPE 9 er til gengæld resistent overfor clodinafop. LOLPE10 og LOLPE12 er med et resistensindeks på 3,8 klassificeret som resistente overfor iodosulfuron.

Tabel 8. Beregnede resistensindeks (R_I) for iodosulfuron og clodinafop på almindelig rajgræs. ID 1155 er en følsom referencepopulation.

Population	Resistensindeks	
	Iodosulfuron	Clodinafop
	2015	2015
ID 1155	1,0	1,0
LOLPE2	0,5	2,4
LOLPE9	2,8	3,0
LOLPE10	3,8	1,9
LOLPE12	3,8	2,0

Konklusion

To prøver var resistente overfor iodosulfuron, mens en prøve var resistent overfor clodinafop. Ingen af prøverne viste resistens overfor begge herbicider. Samlet set er der fundet resistens i 19% af prøverne. Alle resistensindeks er mindre end 10, hvilket tyder på metabolisk resistens på et tidligt stadie.

Agerrævehale (*Alopecurus myosuroides*)

Moniteringen omfattede 28 prøver af agerrævehale. Prøverne blev samlet i Jylland (4 prøver), på Fyn (5 prøver), Sjælland (17 prøver) og på Bornholm (1 prøve). I to populationer (ALOMY2, ALOMY50) var spireevnen for lav til, at det var muligt at gennemføre en test. I screeningsforsøgene indgik 2 følsomme populationer (ID 85 og ID 1022) samt 1 resistent population (ID 968) som referencer. På de følsomme referencepopulationer varierede effekten af fenoxaprop-P mellem 84 og 92% og af flupyrsulfuron mellem 71 og 93% i henholdsvis 2013 og 2015. I 2014 var effekten af begge herbicider lavere (64-81%), hvilket skyldtes, at planterne blev sprøjtet på et senere udviklingstrin. Da der ikke i alle tilfælde var mere end 75% effekt på de følsomme populationer, blev kriteriet for klassificering som resistent i 2014-forsøget justeret til populationer, hvor effekten på både antal planter og biomasse var under 60%. Effekt på biomasse hos den resistente population varierede mellem 39 og 63% for fenoxaprop-P og 46-65% for flupyrsulfuron.

Screeningsforsøg

Der blev fundet lav effekt af både fenoxaprop-P og flupyrsulfuron hos ALOMY1, ALOMY7, ALOMY10, ALOMY12, ALOMY43, ALOMY44, ALOMY51 og ALOMY53 (appendiks 8). Alle populationer indsamlet i 2015 var følsomme overfor begge herbicider.

Dosis-responsforsøg

I forsøgene indgik referencepopulationer (ID 85 og ID 968) samt ALOMY1, ALOMY7, ALOMY10, ALOMY12, ALOMY43, ALOMY44, ALOMY51 og ALOMY53. Der blev anvendt 7 doseringer af fenoxaprop-P (8,6-552 g/ha, faktor 2 mellem doser) og flupyrsulfuron (0,15-10 g/ha, faktor 2 mellem doser), hvor dosering 1-5 blev anvendt på de følsomme referencer og dosering 3-7 på de resistente populationer. Desuden blev effekten af prosulfocarb testet med 5 doseringer (300-4800 g/ha).

I 2013 var der meget dårlig fremspiring af den følsomme reference. ALOMY1, ALOMY7 og ALOMY12 var resistente både overfor fenoxaprop-P og flupyrsulfuron (tabel 9).

I 2014 var der generelt meget lav effekt af fenoxaprop-P i dosis-responsforsøgene, og det var derfor ikke muligt at beregne ED₅₀ værdier. Alle de testede populationer vurderes at være resistente overfor fenoxaprop-P. Ligeledes vurderes alle populationer med undtagelse af ALOMY44 at være resistente overfor flupyrsulfuron og prosulfocarb (tabel 9). Resistensmønsteret samt det forholdsvis lave niveau af resistens indikerer, at der er tale om metabolisk resistens. I 2015 var der god effekt af både fenoxaprop-P og flupyrsulfuron på alle populationer.

Tabel 9. Beregnede resistensindeks (R_I) for fenoxaprop-P, flupyrsulfuron og prosulfocarb på agerrævehale. ID 85 og ID 1022 er følsomme referencepopulationer, ID 968 er en resistent referencepopulation.

Population	Resistensindeks					
	Fenoxaprop-P		Flupyrsulfuron		Prosulfocarb	
	2013	2014	2013	2014	2013	2014
ID 85	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
ID 1022		1,6		1,0		
ID 968	>18	>11	5,2	10,8	6,6	4,7
ALOMY1	>17,6		6,2		28,6	
ALOMY7	i.e		<1,0		10,5	
ALOMY10	>4,2		>10		6,1	
ALOMY12	>11		4,7		3,0	
ALOMY43		>11		5,8		6,4
ALOMY44		>11		0,4		1,2
ALOMY51		>11		12,8		2,7
ALOMY53		>11		22,1		5,8

Konklusion

Otte af de testede prøver af agerrævehale viste nedsat følsomhed overfor fenoxaprop-P (30%). Syv af disse var samtidig resistente overfor flupyrsulfuron og prosulfocarb. Resistensmønsteret samt graden af resistens indikerer, at der er tale om metabolisk resistens, måske kombineret med target site-resistens overfor fenoxaprop-P.

Vindaks (*Apera spica-venti*)

Moniteringen omfattede 58 prøver af vindaks. Prøverne repræsenterede lokaliteter fra hele landet, med 29 prøver fra Sjælland, 24 fra Jylland og 5 fra Fyn. I screeningsforsøgene indgik en følsom population (ID 100) samt en resistent population (ID 882) som referencer. I 2015 blev der inkluderet en følsom population ekstra (APESV20). Der er alle år opnået mere end 90% reduktion af biomasse på de følsomme populationer. Iodosulfuron har alle år haft lav effekt på den resistente referencepopulation (6-57%), mens fenoxaprop-P har haft høj effekt (>85%).

Screeningsforsøg

I mange af prøverne fra 2015 var spireevnen meget lav. Dette skyldes sandsynligvis, at frøene blev høstet for tidligt. Da indsamlingen af frø blev udført af få personer, var det ikke muligt at indsamle alle prøver på det optimale tidspunkt.

Alle prøver var følsomme overfor begge herbicider (appendiks 9). I 2014 var der enkelte tilfælde lav effekt på antal planter, men effekten på biomasse var for alle populationer højere end 85%.

Dosis-responsforsøg

Der er ikke udført dosis-responsforsøg, da alle prøver var følsomme overfor begge herbicider.

Konklusion

Der er ikke fundet resistens i de indsamlede populationer af vindaks.

Andre arter

Der blev indsamlet 3 prøver af andre arter (agerstedmoder (*Viola arvensis*), hvidmelet gåsefod (*Chenopodium album*) og gul okseøj (*Chrysanthemum segetis*)). Agerstedmoder blev i dosis-respons-forsøg testet for følsomhed overfor metsulfuron (Ally 50 ST, 500 g a.s./kg), mens hvidmelet gåsefod blev testet for følsomhed overfor tribenuron (Trimmer 50 SG, 500 g a.s./kg). I begge forsøg indgik en følsom reference. Det har ikke været muligt at teste følsomheden af gul okseøj på grund af lav spireevne af frø. Der var ingen indikation af resistens i agerstedmoder og hvidmelet gåsefod.

Tabel 10. Beregnede resistensindeks (R_I) for metsulfuron på agerstedmoder. ID 710 er en følsom referencepopulation.

Resistensindeks Metsulfuron	
Population	2013
ID 710	1,0
VIOAR1	1,8

Tabel 11. Beregnede resistensindeks (R_I) for tribenuron på hvidmelet gåsefod. ID 1161 er en følsom referencepopulation.

Resistensindeks Tribenuron	
Population	2013
ID 1161	1,0
CHEAL1	1,2

Sammenfatning af resultater 2013-2015

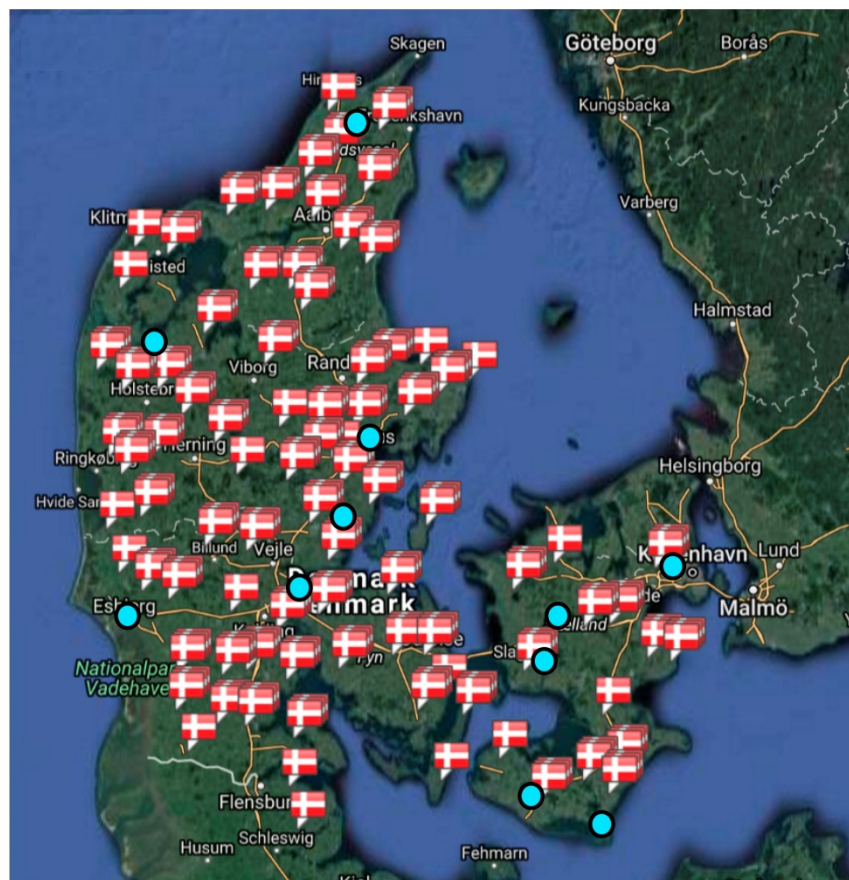
I 2013-2015 blev der indsamlet i alt 334 frøprøver fra ubehandlede forsøgspareceller i effektforsøg med herbicider. For ca. 10% af prøverne var frøenes spireevne for lav til, at det var muligt at teste dem. Screening af effekt af to herbicider på de 303 spiredygtige prøver indikerede resistens i 27 prøver. Efterfølgende dosis-responsforsøg viste resistens i 25 af disse prøver svarende til 8% af de spiredygtige prøver. Resistens var mest udbredt i agerrævehale (30%). I rajgræs blev der fundet resistens i henholdsvis 15 og 19% af prøverne af italiensk og almindelig rajgræs. I fuglegræs var 15% af prøverne resistente, i valmue 5% og i kamille 1%. Der blev ikke fundet resistens hos kornblomst og vindaks.

Diskussion

Monitering af herbicidresistens byder på helt specielle udfordringer, da stort set hele det konventionelt dyrkede areal i Danmark behandles med herbicider minimum en gang pr. vækstsæson. En fuldstændig randomiseret monitering af frø fra ubehandlede ukrudtsplanter vil derfor indebære, at man etablerer sprøjtevinduer i de marker, der er udvalgt til at indgå i moniteringen. Sprøjtevinduer etableres ved at afdække et mindre areal før hver behandling med herbicider, og afdækningen fjernes efter sprøjtning, hvilket ikke er praktisk muligt at gennemføre i marker, som er spredt over hele landet. Alternativt kan man lave en randomiseret monitering før høst, dvs. at man indsamler frø fra planter, der har overlevet herbicidbehandlingerne. Dette giver dog ikke et retvisende billede af frekvensen af resistens i marken, da der sker en selektion ved ukrudtssprøjtningen (appendiks 10).

I den aktuelle monitering har vi valgt en tredje metode, nemlig at indsamle frø fra de ubehandlede forsøgsled i herbicidforsøg til høst i 2013, 2014 og 2015 (GEP-forsøg og Landsforsøg), hvilket kan betragtes som en semirandomiseret tilgang. GEP-forsøg og Landsforsøgene udføres i alle dele af landet (figur 2), og det er derfor muligt, at opnå en tilfredsstillende geografisk dækning ved denne metode. I nogle tilfælde medfører ukrudtsartens geografiske udbredelse dog, at der ikke er prøver fra hele landet. Eftersom for eksempel agerrævehale fortrinsvis findes på lerjord med udbredt vintersædsdyrkning, er størstedelen af de indsamlede prøver fra den sydøstlige del af Jylland og Øerne.

Indsamlingen af frø blev i 2013-2014 for GEP-forsøgenes vedkommende foretaget af de forsøgsansvarlige medarbejdere hos forsøgshederne og for Landsforsøgenes vedkommende af de lokale planteavlskonsulenter. Det viste sig desværre, at antallet af indsamlede prøver var langt lavere end forventet, idet der i 2013 og 2014 kun blev modtaget henholdsvis 54 og 56 prøver (tabel 3). Indsamling af frø blev derfor udvidet til at omfatte 2015, da det fra flere sider blev vurderet, at den differentierede pesticidafgift ikke havde betydning for herbicidvalget i 2015, da der forud for afgiftens implementering blev købt til lager af pesticider. I Bekæmpelsesmiddelstatistik 2012 er det beregnet, at der i 2011 og 2012 blev indkøbt ekstra pesticider svarende til 60% af det gennemsnitlige årlige salg i perioden 2007-2010. Statistikken viser, at det netop var de mest afgiftsbelastede pesticider, der blev indkøbt (blandt andet prosulfocarb og pendimethalin) (Ørum & Samsøe-Petersen, 2013).



Figur 2. Beliggenhed af Landsforsøg 2015 (Dannebrogflag) samt GEP-enheder (blå cirkler).

Ukrudtsforsøg placeres typisk i marker med enten en stor ukrudtsbestand eller med forekomst af specielt tabsvoldende ukrudtsarter. Jo større ukrudtsbestanden er, jo større er sandsynligheden for at finde resistente biotyper. Det betyder, at vi i monitoringen kan forvente at dække 'worst case'. Ingen af forsøgene er anlagt i marker med mistanke om resistens. Pesticidbehandlingen på arealerne, hvor frøprøverne er indsamlet, varierer fra forsøg til forsøg. Behandlingerne må formodes at være målrettet efter, hvad de agrokemiske firmaer (GEP-forsøg) og planteavlskonsulenter (Landsforsøg) mener, er relevant for danske forhold (ukrudtsflora, prispolitik). Behandlingerne forventes dermed at give et bredt billede af, hvad der i praksis bliver anvendt.

Risikoen for udvikling af resistens er i nogen grad knyttet til ukrudtsartens biologi. Størst risiko for udvikling af resistens findes hos arter med stor frøproduktion, kort levetid for frøene og fremmedbestøvning (Vencill *et al.*, 2014). I monitoringen er der fokuseret på otte ukrudtsarter, som er almindeligt forekommende, og hvor der hos seks af arterne allerede er fundet flere tilfælde af resistens i Danmark. Fem af disse ukrudtsarter vurderes at have stor risiko for udvikling af resistens (agerrævehale, rajgræs (italiensk og almindelig), vindaks og kornvalmue), mens to ukrudtsarter

vurderes at have medium risiko for udvikling af resistens (fuglegræs, kamille). Endelig er kornblomst medtaget som en ukrudtsart, hvor der endnu ikke er fundet tilfælde af resistens i Danmark. På baggrund af kornblomsts biologi (enårig, stor frøproduktion, fremmedbestøver) og en udbredt anvendelse af ALS-hæmmere til bekæmpelse vurderes der at være risiko for resistensudvikling hos denne art. Almindelig rajgræs blev fundet i mange forsøg i 2015 og blev inkluderet i monitoringen, da den er nært beslægtet med italiensk rajgræs. Der er endnu ikke fundet resistens hos almindelig rajgræs i Danmark, hvilket sikkert hænger sammen med, at der kun er foretaget et begrænset antal tests.

Herbicidets virkemåde har stor betydning for risikoen for udvikling af resistens. Risikoen er størst for herbicider, der har en specifik virkemåde, som f.eks. ALS-hæmmere, hvor effekten skyldes, at herbicidet binder sig til et enzym i planten og dermed blokerer for dannelsen af essentielle aminosyrer. I dette tilfælde kan en enkelt mutation i plantens DNA medføre, at bindingen mellem enzym og herbicid forhindres, og herbicideffekten dermed ikke indtræder (target site-resistens). Det samme gør sig gældende for ACCase-hæmmere. Mekanismen bag metabolisk resistens er mere kompleks, idet der formodentlig er tale om flere mutationer, som tilsammen påvirker nogle enzymer (såsom cytochrom P450 og glutathion), som har betydning for processer omkring plantens nedbrydning af flere herbicider. En hurtigere nedbrydning medfører en mindre effekt på ukrudtet. Ved denne type resistens er der ofte tale om, at flere forskellige herbicidgruppers effekt påvirkes (multipel resistens), og det er ikke muligt at forudsige resistensmønstret.

I projektet er effekten testet af de herbicidgrupper, som der tidligere er fundet resistens overfor i de pågældende arter. For de tokimbladede arter (fuglegræs, kamille, kornvalmue) er der udelukkende fundet target site-resistens overfor ALS-hæmmere og primært gruppen af sulfonylureamidler (tabel 1). Da der er risiko for krydsresistens mellem sulfonylureamidler og andre ALS-hæmmere, som f.eks. triazolpyrimidiner, blev der testet et herbicid fra hver af disse grupper (tribenuron= sulfonylurea og florasulam= triazolpyrimidin).

Hos en række græsukrudtsarter er der fundet både target site-resistens (til ALS- og ACCase-hæmmere) og metabolisk resistens med stigende andel af sidstnævnte igennem de senere år (tabel 1). Da der på det danske marked kun er to herbicidgrupper til målrettet bekæmpelse af græsukrudt efter fremspiring (ALS- og ACCase-hæmmere), blev effekten af disse to grupper testet i første omgang. Såfremt der var resistens overfor begge grupper, blev også effekten af prosulfocarb undersøgt. Nedsat effekt af prosulfocarb er et stærkt indicie på metabolisk resistens.

Resultater af monitoringen viser hyppigst forekomst af resistens hos agerrævehale (tabel 12). Dette er i god overensstemmelse med, at de første tilfælde af resistens blev fundet hos denne art, og at agerrævehale betragtes som en ukrudtsart med høj risiko for resistensudvikling. Resultaterne med prosulfocarb viste resistens i 6 prøver af agerrævehale. Resistens hos italiensk rajgræs blev første gang fundet i 2010, og det er derfor overraskende, at der i monitoringen er fundet resistens i 14% af

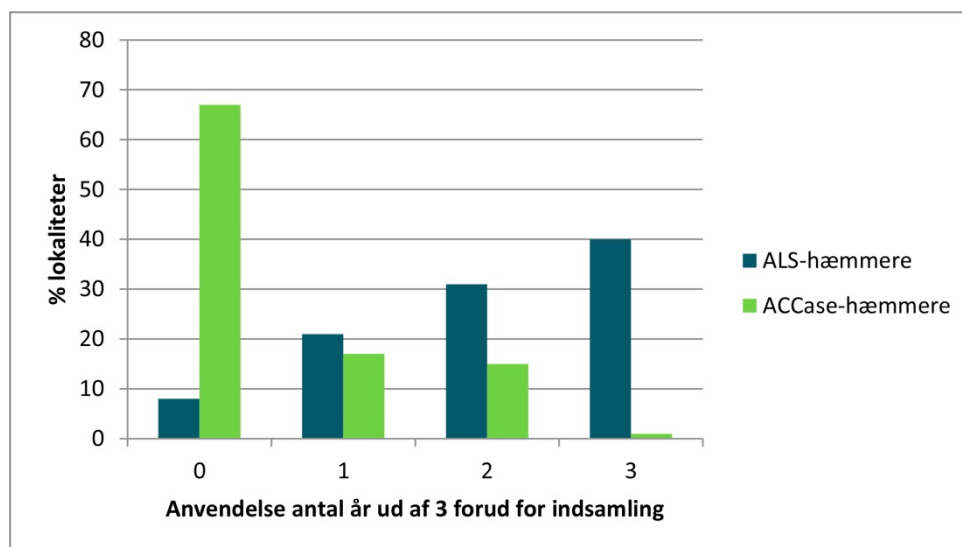
prøverne. Endnu mere overraskende er det, at 19% af prøverne af almindelig rajgræs var resistente. Vi har ikke tidligere har fundet resistens hos denne art, men antallet af tidligere undersøgte prøver er lavt (<20). Resistens hos fuglegræs antages at være ret udbredt, og der er i monitoringen fundet resistens i 15% af prøverne. Fund af resistens hos valmue og kamille er ret begrænset med henholdsvis 5% og 1% af prøverne. Ligeledes synes resistens hos vindaks at være begrænset, idet der ikke blev fundet tilfælde af resistens i de testede prøver.

Ved vurdering af resultaterne skal der tages højde for, at antallet af undersøgte prøver varierer mellem ukrudtsarterne. Antallet af prøver er specielt kritisk, hvor der er fundet lav frekvens af resistens som tilfældet er for kamille og valmue. For begge arter er et stort antal prøver testet, og resultatet vurderes derfor at være ret sikkert. Omvendt er resultatet med kun 10 undersøgte prøver af kornblomst temmelig usikkert, ligesom de høje frekvenser af resistens hos rajgræsarterne skal tages med forbehold på baggrund af det forholdsvis lave antal undersøgte prøver.

Tabel 12. Resultater af monitorering 2013-2015. I parentes er angivet antallet af prøver der ikke kunne testes på grund af lav spireevne.

Ukrudtsart	Antal prøver	% resistente prøver
Agerrævehale	28 (1)	30
Almindelig rajgræs	16 (3)	19
Italiensk rajgræs	22	15
Fuglegræs	59 (4)	15
Kornblomst	10 (1)	0
Kornvalmue	43 (2)	5
Lugtløs kamille	92 (5)	1
Vindaks	60 (15)	0
Agerstedmoder	1	0
Hvidmelet gåsefod	1	0
Gul okseøje	1	-
I alt	333 (31)	8

En analyse af herbicidanvendelsen i forsøgene fra 2015 viser, at 67% af lokaliteterne ikke er behandlet med ACCase-hæmmere i tre år forud for indsamling af frø, mens det samme kun gør sig gældende for ALS-hæmmere på 8% af lokaliteterne (figur 3). ACCase hæmmere er på 15% af lokaliteterne anvendt i 2 ud af 3 år, og kun 1% af lokaliteterne er behandlet alle 3 år. På 20% af lokaliteterne er der behandlet med ALS-hæmmere 1 ud af 3 år, mens henholdsvis 30 og 40% af lokaliteter er behandlet ALS-hæmmere 2 eller alle 3 år forud for indsamling af frøprøver. Omend ALS hæmmerne i langt de fleste tilfælde er anvendt i blanding med herbicider med andre virkemekanismer, afspejler anvendelsesmønsteret en risiko for et markant selektionstryk på ukrudtsarter, som ikke er følsomme overfor blandingspartneren.



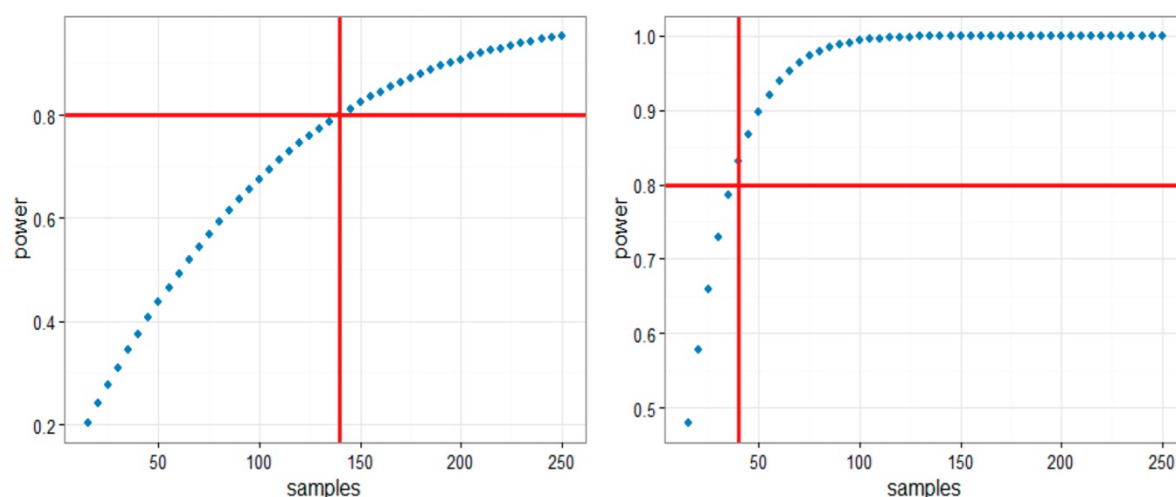
Figur 3. Anvendelse af ALS- og ACCase-hæmmere i 3 år forud for frøindsamlingen i 2015.

I de tilfælde hvor der er fundet resistens hos fuglegræs, er 3 af de 8 lokaliteter behandlet med ALS-hæmmere hvert af de 3 år forud for indsamling. En af lokaliteterne er kun behandlet 1 ud af 3 år og for 3 lokaliteter mangler oplysninger. På lokaliteten med resistent kamille var der på forhånd mistanke om resistens, og der var behandlet med ALS-hæmmere i 2 ud af 3 år. For almindelig rajgræs var 2 ud af 3 lokaliteter behandlet med ALS-hæmmere hvert år forud for indsamling. Hvad angår lokaliteter med resistent rævehale, mangler oplysninger for 2 ud af 8 prøver. Det er bemærkelsesværdigt, at ingen af de 6 lokaliteter, hvor herbicidanvendelsen forud for frøindsamling er kendt, var behandlet med ALS-hæmmere 2 eller 3 år forud for prøvetagning. Resultaterne af monitoringen viser således ikke en klar sammenhæng mellem herbicidanvendelse og resistensudvikling, hvilket sandsynligvis skyldes, at de 3 års tidshorisont er for kort. De indsamlede data vedrørende herbicidanvendelse kan i efterfølgende undersøgelser bruges til at analysere ændringer i anvendelsesmønstret.

Der er ikke som sådan krav om et eksakt antal prøver til beskrivelse af et referenceniveau, som er målet med denne monitorering. Det er dog indlysende, at jo større antal prøver der indgår, jo mere sikker er man på udgangsniveauet. Antallet af prøver for at lave en robust baseline kan med andre ord ikke beregnes, men må fastsættes ud fra et skøn. Som udgangspunkt var der kalkuleret med test af mere end 300 prøver til beskrivelse af baseline 2013-2015. Dette antal blev besluttet, ud fra hvor mange prøver det blev vurderet praktisk muligt at indsamle fra forsøgene på en vækstsæson. Til grund for vurderingen lå, at der årligt udføres omkring 250 ukrudtsforsøg. I en del af disse forsøg forventedes det, at der kunne indsamles mere end en ukrudtsart. Indsamlingen af de 334 prøver endte med at tage 3 år.

Mens man ikke statistisk kan fastlægge antallet af populationer for etablering af en robust baseline 2013-2015, så kan man ved hjælp af en power-analyse bestemme, hvor mange prøver der skal indsamles for at påvise, om udbredelsen af herbicidresistens er ændret ved efterfølgende monitoringer.

Det nødvendige antal prøver bestemmes af frekvensen af resistens i baseline 2013-2015 og hvor lille en ændring i resistensfrekvens, man ønsker at detektere. For agerrævehale er der fundet resistens i 30% af prøverne i baseline 2013-2015. Hvis man i en efterfølgende undersøgelse beslutter, at niveauet skal være minimum 40% for at forkaste nulhypotesen (= uændret resistensniveau), så kræver det 140 prøver (figur 4). Hvis man beslutter, at nulhypotesen først forkastes, hvis niveauet er steget til 50%, så reduceres antallet af prøver til 40. Et par eksempler mere er vist i tabel 13.



Figur 4. Det nødvendige antal prøver for med statistisk sikkerhed at påvise en ændring i resistensniveau kan beregnes ved en power-analyse. Figurerne viser beregning for agerrævehale hvor frekvensen for resistens er 30% i baseline 2013-2015. Hvis man i en senere monitoring ønsker at detektere, om der er sket en stigning til mindst 40%, skal der indsamles 140 prøver (venstre figur). Ønsker man at se om resistensniveauet er steget til mindst 50%, kan man nøjes med 40 prøver (figur til højre).

Tabel 13. Nødvendigt antal prøver for at påvise en ændring af resistensfrekvens i forhold til forskellige resistensniveauer i baseline 2013-2015. Power-analyse med 80% styrke.

	Frekvens 2013-2015	Ønsket detektionsniveau					
		5%	10%	20%	25%	40%	50%
Ukrudtsart 1	1%	100	35				
Ukrudtsart 2	5%		165		20		
Ukrudtsart 3	10%			75	40		
Ukrudtsart 4	30%					140	40

Perspektivering

Projektet 'Etablering af en status for forekomst af herbicidresistens i Danmark' skaber for første gang overblik over udbredelsen af herbicidresistens i en række ukrudtsarter i Danmark. Monitoreringen omfattede 334 prøver, hvoraf 303 blev testet. Samlet set blev der fundet resistens i 8% af prøverne.

Projektet blev bevilget i forbindelse med indførelsen af pesticidafgiften i 2013, hvor afgiftens størrelse vægtes i forhold til pesticidernes potentielle belastning af sundhed, natur og grundvand.

Pesticidafgiften favoriserer prismæssigt nogle af de herbicider, hvor risikoen for resistens er størst (sulfonylureamidler, ACCase-hæmmere), og derfor er der i Sprøjtemiddelstrategi 2013-2015 indføjet, at der skal ske en overvågning af forekomsten af pesticidresistens. Monitoreringen giver et billede af den aktuelle situation indenfor resistens hos ukrudt, inden den nye pesticidafgift haft betydning for valg af herbicid. Et sådant referencegrundlag er en forudsætning for senere at kunne følge udviklingen af resistens. Hvis de kommende år viser et selektivt skift i valget af herbicider som følge af de ændrede afgifter, kan en opfølgende monitorering belyse, om der er sket ændringer i resistensniveauet. Hvis det er tilfældet, må det overvejes, om andre dyrkningsmæssige ændringer (for eksempel sædskifte, jordbearbejdning, afgrødevalg) kan have påvirket resistensudviklingen. Historiske data for de enkelte marker omkring afgrøder og herbicidanvendelse vil være en god baggrund for denne vurdering, idet herbicidanvendelse må betegnes som den stærkeste selektionsfaktor. Derfor er der i løbet af projektet opbygget en database med oplysninger om afgrøde og herbicidanvendelse på lokaliteter for indsamling af frø.

Opfølgende undersøgelser kan udføres med færre ukrudtsarter end den aktuelle monitorering, idet man ved hjælp af power-analyser kan fastlægge det nødvendige antal prøver for at påvise en ændring i frekvensen af resistens. For ukrudtsarter hvor der allerede er forholdsvis udbredt resistens, som for eksempel agerrævehale og fuglegræs, vil det således være relevant at undersøge ændringer i størrelsesordenen 10-20%, mens det for ukrudtsarter med lavere frekvens af resistens kan være relevant at undersøge mindre ændringer. Jo større ændring man ønsker at detektere, desto færre prøver kræver det.

Referencer

- EPPO 2015. PP1/188 (4) Conduct and reporting of efficacy evaluating trials, including good experimental practice. <http://www.eppo.int/>
- Heap I. 2016. International Survey of Herbicide Resistant weeds.
<http://www.weedscience.org/summary/home.aspx>
- Kudsk P., Mathiassen S.K. & Cotterman J.C. 1995. Sulfonylurea resistance in *Stellaria media* [L.] Vill. *Weed Research*, 35 (1), 19-24.
- Miljøstyrelsen 2012^a. Aftale om sprøjtemiddelstrategi 2013-2015.
<http://mst.dk/media/mst/69650/Aftaleendelig.pdf>
- Miljøstyrelsen 2012^b. Beskyt vand, natur og sundhed. Sprøjtemiddelstrategi 2013-2015.
<http://mst.dk/virksomhed-myndighed/bekaempelsesmidler/sproejtemidler/sproejtemiddelstrategi-2013-2015/>
- Streibig J.C, Rudemo M. & Jensen J.E. 1993. Dose-response curves and statistical models. In: Streibig J.C. & Kudsk P. (Eds). *Herbicide bioassays*. CRC Press. Boca Raton
- Vencill W., Nichols R., Webster T. & Moss S. 2014. Framework for an expert evaluation for the evolution of weed resistance. Abstract to 26th German Conference on Weed Biology and Weed Control, Section 1: Herbicide resistance – methods, p. 45.51, March 11-13, 2014 Braunschweig, Germany.
- Ørum J.E. & Samsøe-Petersen L. 2013. *Bekæmpelsesmiddelstatistik 2012*. Miljøstyrelsen, København.
- Ørum J.E. & Samsøe-Petersen L. 2014. *Bekæmpelsesmiddelstatistik 2013*. Miljøstyrelsen, København.
- Ørum J.E. 2015. *Bekæmpelsesmiddelstatistik 2014*. Miljøstyrelsen, København.

Vejledning til indsamling af frø

Moniteringen omfatter følgende 7 ukrudtsarter:

Agerrævehale

Vindaks

Italiensk rajgræs

Kornvalmue

Lugtløs kamille

Fuglegræs

Kornblomst

I hvert herbicidforsøg indsamles frø af de af ovenstående 7 ukrudtsarter, som forekommer i forsøget. I de fleste tilfælde vil det være muligt at indsamle frø af de aktuelle arter på samme tid, men i nogle tilfælde kan det være nødvendigt at indsamle ad to gange. Frøene indsamles i de ubehandlede forsøgsled. Det er vigtigt, at indsamlingen sker tilfældigt i den enkelte parcel, og at der indsamles frø fra alle gentagelser. I hver parcel indsamles der frø 4-6 steder i parcellen (afhængigt af afgrøde kan det gøres ved at følge afgrøderækkerne eller ved at følge en diagonal). Frøene indsamlet i forsøgets 3 eller 4 gentagelser blandes sammen til en prøve pr. ukrudtsart.

Hvis der i de behandlede forsøgsled er overlevende planter af en af de 7 ukrudtsarter, og der med baggrund i jeres kendskab til de gennemførte herbicidbehandlinger er indikation af, at det kunne skyldes resistens, så vil vi også meget gerne have frø fra disse parceller. Disse frø skal holdes adskilt fra de frø, der er indsamlet i de ubehandlede forsøgsled.

Det vigtigste for at sikre en god spireevne af frøet er, at det er modent, når det indsamles.

Lidt om indsamling af de enkelte ukrudtsarter

Agerrævehale, vindaks og italiensk rajgræs

Den bedste måde at indsamle frø af græsser på er at medbringe en bakke og slå aks/toppe mod bakken. På den måde indsamles kun de modne frø. Alternativt kan man afklippe hele aks og toppe. Det indsamlede plantemateriale puttes i papirposer og stilles til tørring ved stuetemperatur i en uges tid, før det sendes til Aarhus Universitet. Der indsamles minimum 30 aks/toppe.

Kornvalmue, lugtløs kamille og kornblomst

Indsamling af frø sker ved at afklippe kapsler (kornvalmue) og blomsterhoveder (lugtløs kamille og kornblomst). Forsøg at vælge de mest modne blomsterhoveder. Det er især vigtigt for lugtløs kamille, som modner meget uens. Det indsamlede plantemateriale puttes i papirposer og stilles til tørring ved stuetemperatur i en uges tid, før det sendes til Aarhus Universitet. Der indsamles minimum 30 kapsler/blomsterhoveder.

Fuglegræs

Frø af fuglegræs indsamles ved at afrive totter af fuglegræs og samle materialet i en stor papirpose. Da der indsamles frisk plantemateriale sammen med frøene, er det meget vigtigt, at plantematerialet tørres godt ved stuetemperatur, før det sendes til Aarhus Universitet. Hvis man ikke har en stor papirpose, kan man samle plantematerialet i en indkøbspose af plastik, men så er det vigtigt, at plantematerialet forinden breddes ud på et stykke papir eller plastik til tørring. Der indsamles minimum 5-6 totter pr. gentagelse.

NB: Tørring af frø og plantemateriale må kun ske ved stuetemperatur, da højere temperaturer kan have en negativ effekt på spireevnen.

Fremsendelse af frø til Aarhus Universitet

For at undgå at frøene ødelægges under transporten, er det vigtigt at frø og plantemateriale er tørt, når det fremsendes til Aarhus Universitet. Poserne med de enkelte frøprøver skal mærkes, således at der ikke er tvivl om, hvilke registreringsskemaer, og frøprøver, der hører sammen. Det kan f.eks. gøres ved at skrive forsøgsværtens navn på prøven, da det også fremgår af registreringsskemaet.

Som tak for din deltagelse vil du modtage direkte besked pr. e-mail om resultaterne af de frøprøver, du har fremsendt. Når resultatet af den samlede herbicidmonitoring foreligger, vil du modtage den endelige rapport.

Frøprøver sendes til:

Aarhus Universitet
Institut for Agroøkologi
Att. Solvejg Mathiassen
Forsøgsvej 1, Flakkebjerg
4200 Slagelse

Effekt af tribenuron og florasulam på antal planter og biomasse (friskvægt) af fuglegræs. Populationer, der efterfølgende er testet i dosis-responsforsøg, er markeret med gråt.

	Tribenuron (0,5 g/ha)		Florasulam (0,5 g/ha)	
	% effekt			
	Antal planter	Biomasse	Antal planter	Biomasse
2013				
ID 1	100,0	93,4	100,0	94,0
ID 391	100,0	96,1	100,0	95,3
ID 762	8,7	52,7	100,0	96,6
STEME1	100,0	95,8	100,0	97,0
STEME2	15,8	37,1	100,0	96,8
STEME3	100,0	95,0	100,0	95,6
STEME4	90,8	93,2	100,0	97,3
STEME5	96,8	96,1	100,0	97,2
2014				
ID 1	100,0	97,4	100,0	97,7
ID 391	100,0	97,4	100,0	96,3
ID 762	0,0	0,0	100,0	88,6
STEME6	100,0	93,0	100,0	87,9
STEME7	0,0	14,1	-	-
STEME8	100,0	91,7	100,0	91,7
STEME9	100,0	89,9	-	-
STEME10	97,5	89,7	100,0	92,1
2015				
ID 1	100,0	99,2	100,0	99,1
ID 391	100,0	97,1	100,0	97,0
ID 762	0	23,2	86,6	83,5
STEME16	100,0	93,3	100,0	91,6
STEME17	100,0	92,5	100,0	100,0
STEME18	100,0	94,2	100,0	94,2
STEME23	91,7	89,2	90,2	90,6
STEME24	99,0	86,9	98,9	89,2
STEME25	62,9	75,5	96,1	92,7
STEME26	100,0	96,2	-	-
STEME27	99,0	95,3	100,0	96,9
STEME28	93,3	94,9	-	-
STEME29	97,9	95,7	94,3	96,2
STEME30	5,9	17,3	91,3	82,1
STEME31	100,0	91,0	100,0	88,6
STEME32	96,2	92,5	86,4	95,4
STEME33	100,0	95,8	100,0	95,4
STEME34	100,0	94,1	100,0	93,5
STEME35	100,0	90,2	-	-
STEME36	100,0	96,0	100,0	96,5
STEME37	51,9	69,0	96,0	92,8
STEME38	100,0	95,7	100,0	95,1
STEME39	100,0	96,8	-	-
STEME40	98,9	89,6	98,0	92,1
STEME41	100,0	95,2	96,9	94,2
STEME42	100,0	95,3	98,9	95,6
STEME43	10,8	0	67,7	71,9
STEME44	94,8	91,4	80,4	86,6

STEME45	100,0	94,9	100,0	94,0
STEME46	Lav spireevne			
STEME47	Lav spireevne			
STEME48	Lav spireevne			
STEME49	Lav spireevne			
STEME50	99,0	93,3	100,0	93,4
STEME51	98,8	96,2	100,0	97,1
STEME52	100,0	95,3	100,0	95,5
STEME53	33,0	42,2	38,2	73,4
STEME54	100,0	94,6	100,0	94,6
STEME55	100,0	94,1	100,0	93,6
STEME56	10,9	11,6	90,0	87,5
STEME57	100,0	95,2	100,0	94,6
STEME58	100,0	93,5	100,0	93,5
STEME59	100,0	92,7	93,9	90,5
STEME60	100,0	94,1	94,1	93,0
STEME61	100,0	93,7	-	-
STEME62	100,0	94,8	100,0	96,1
STEME63	99,0	93,5	98,1	93,1
STEME64	100,0	94,1	100,0	94,1
STEME65	100,0	97,0	100,0	94,0
STEME66	100,0	94,7	100,0	94,0
STEME67	100,0	95,2	100,0	95,0
STEME68	100,0	93,9	100,0	93,9

Effekt af tribenuron og florasulam på antal planter og biomasse (friskvægt) af kornblomst.

Populationer, der efterfølgende er testet i dosis-responsforsøg, er markeret med gråt.

	Tribenuron (20 g/ha)		Florasulam (3 g/ha i 2013 7,5 g i 2014-15)	
	% effekt			
	Antal planter	Biomasse	Antal planter	Biomasse
2013				
ID 143	96,4	90,9	59,7	80,1
ID 1108	92,7	73,2	15,0	78,9
CENCY1	10,6	79,7	17,5	42,5
CENCY2	100,0	82,4	-	,
CENCY3	100,0	84,5	-	,
2014				
ID 1108	100,0	71,5	90,0	57,1
CENCY4	97,3	76,2	95,9	63,5
2015				
ID 1108	100,0	91,1	100,0	92,7
CENCY5	86,1	91,7	90,4	89,9
CENCY6	100,0	94,9	100,0	92,6
CENCY7	Lav spireevne			
CENCY8	100,0	92,3	100,0	91,5
CENCY9	100,0	93,3	-	-
CENCY10	100,0	91,1	100,0	92,7

Effekt af tribenuron og florasulam på antal planter og biomasse (friskvægt) af kornvalmue.

Populationer, der efterfølgende er testet i dosis-responsforsøg, er markeret med gråt.

	Tribenuron (1 g/ha)		Florasulam (2 g/ha)	
	% effekt			
	Antal planter	Rel. FV/pl.	Antal planter	Rel. FV/pl.
2013				
ID 150	100,0	97,8	98,5	98,1
ID 889	38,0	56,5	33,8	73,1
PAPRH1	100,0	92,7	100,0	83,2
PAPRH3	100,0	92,2	100,0	99,4
PAPRH4	87,5	88,8	100,0	94,1
PAPRH5	53,0	55,8	63,6	88,1
PAPRH6*	12,0	41,1	89,2	97,8
PAPRH7*	38,8	53,4	87,5	95,7
PAPRH8	100,0	96,7	98,3	94,7
PAPRH9	98,8	92,1	97,1	96,0
2014				
ID 150	60,0	98,6	0,0	93,9
ID 889	4,2	33,5	0,0	59,3
PAPRH10	59,4	92,7	66,7	93,2
PAPRH11	67,3	97,4	27,8	91,0
PAPRH12	66,7	93,6	2,3	83,2
PAPRH13	44,1	75,1	12,0	96,8
PAPRH14	24,3	93,5	6,3	83,1
PAPRH15	21,2	65,0	30,8	94,1
PAPRH16	60,0	98,0	7,1	92,0
PAPRH17	49,3	98,0	9,4	91,7
PAPRH18	18,2	95,3	0,0	98,4
PAPRH19	0,0	91,1	40,8	94,4
2015				
ID 150	100,0	98,8	97,7	95,1
ID 889	16,7	42,9	26,0	61,7
PAPRH16	100,0	97,0	96,8	92,5
PAPRH20	100,0	97,8	100,0	95,9
PAPRH21	100,0	96,9	100,0	93,7
PAPRH22	Lav spireevne			
PAPRH23	100,0	98,2	100,0	96,3
PAPRH24	100,0	93,1	100,0	91,6
PAPRH25	100,0	99,0	100,0	94,6
PAPRH26	100,0	91,6	100,0	90,7
PAPRH27	100,0	93,7	100,0	93,3
PAPRH28	100,0	88,6	100,0	84,5

PAPRH29	100,0	97,6	100,0	93,8
PAPRH30	100,0	97,1	100,0	94,8
PAPRH31	100,0	96,0	90,3	95,9
PAPRH32	100,0	93,7	98,7	89,2
PAPRH33	96,5	96,1	78,3	89,2
PAPRH34	100,0	97,9	100,0	94,0
PAPRH35	100,0	94,9	100,0	91,1
PAPRH36	Lav spireevne			
PAPRH37	100,0	92,6	100,0	89,5
PAPRH38	100,0	95,7	100,0	92,4
PAPRH39	100,0	97,0	89,5	93,5
PAPRH40	100,0	98,8	100,0	96,9
PAPRH41	100,0	97,6	100,0	97,0
PAPRH42	100,0	97,7	97,7	96,4
PAPRH43	100,0	97,8	98,6	94,7
PAPRH44	100,0	97,4	100,0	98,2
PAPRH45	100,0	95,8	100,0	92,4
PAPRH46	100,0	96,2	92,0	93,7
PAPRH47	100,0	98,9	98,7	95,4

*prøver fra behandlede parceller (appendiks 10)

Effekt af tribenuron og florasulam på antal planter og biomasse (friskvægt) af lugtløs kamille.

Populationer, der efterfølgende er testet i dosis-responsforsøg, er markeret med gråt.

	Tribenuron (10 g/ha)		Florasulam (2 g/ha)	
	% effekt			
	Antal planter	Biomasse	Antal planter	Biomasse
2013				
ID 157	99,0	93,7	97,9	91,6
ID 836	0,0	30,7	5,6	61,8
MATIN1		Lav spireevne		
MATIN2		Lav spireevne		
MATIN3	100,0	92,5	93,3	89,1
MATIN4	98,8	94,0	86,8	89,9
MATIN5	100,0	89,7	80,8	86,2
MATIN6	100,0	91,5	79,6	88,1
MATIN11	98,7	96,6	91,1	94,1
MATIN12	100,0	95,4	85,6	92,8
MATIN13	99,0	96,8	86,9	94,0
MATIN14	98,9	97,0	86,6	94,9
MATIN15	98,0	95,2	92,3	91,3
2014				
ID 157	-	-	-	-
ID 836	0,0	41,1	10,6	57,3
MATIN17	82,3	93,7	10,3	80,0
MATIN18	97,4	90,9	84,9	87,9
MATIN19	78,5	99,3	41,5	98,3
MATIN20	92,7	93,7	53,6	86,8
MATIN22	62,9	95,0	66,7	95,0
MATIN24	98,5	97,0	100,0	59,1
MATIN25	69,1	95,2	17,8	94,9
MATIN26	75,9	96,1	68,6	92,1
MATIN27	80,3	96,6	4,7	88,3
MATIN28	85,4	95,0	38,1	93,7
MATIN29	83,8	95,1	81,3	90,9
2015				
ID 157	100,0	98,3	100,0	98,3
MATIN18 (S)	100,0	99,0	98,9	98,5
ID 836	10,6	48,3	67,9	91,3
MATIN30 (R)	5,0	55,9	2,0	49,4
MATIN32	93,3	95,6	98,1	95,1
MATIN33	100,0	98,3	96,9	97,7
MATIN34	100,0	96,1	94,4	95,4
MATIN35	100,0	98,5	100,0	96,3
MATIN36	94,9	98,6	96,4	97,5

MATIN37	100,0	96,8	100,0	95,8
MATIN38	100,0	95,1	100,0	94,0
MATIN39	97,9	97,5	100,0	96,6
MATIN40	100,0	97,6	98,0	95,3
MATIN41	98,9	97,4	100,0	96,1
MATIN42	91,8	96,7	96,3	96,8
MATIN43	88,3	95,6	98,9	97,0
MATIN44	100,0	98,3	100,0	97,2
MATIN45	92,6	97,2	90,9	97,4
MATIN46	100,0	97,9	95,3	95,8
MATIN47	98,0	96,0	100,0	95,1
MATIN48	96,5	96,8	98,8	96,7
MATIN49	100,0	98,2	100,0	97,9
MATIN50	100,0	98,2	100,0	96,8
MATIN51	100,0	98,9	100,0	98,8
MATIN52	97,8	98,6	100,0	97,8
MATIN53	100,0	97,7	100,0	97,3
MATIN54	100,0	97,6	100,0	96,5
MATIN55	100,0	99,1	93,3	97,1
MATIN56	100,0	98,4	100,0	94,5
MATIN57	100,0	97,5	100,0	96,5
MATIN58	100,0	98,8	100,0	97,5
MATIN59	100,0	98,3	98,0	96,0
MATIN60	Lav spireevne			
MATIN61	100,0	95,7	100,0	96,9
MATIN62	100,0	98,1	100,0	99,4
MATIN63	100,0	98,4	100,0	98,4
MATIN64	100,0	99,0	100,0	97,8
MATIN65	100,0	97,3	91,3	95,6
MATIN66	99,0	97,8	98,0	97,1
MATIN67	100,0	98,1	100,0	97,3
MATIN68	99,0	98,4	100,0	96,9
MATIN69	100,0	99,2	100,0	99,9
MATIN70	Lav spireevne			
MATIN71	100,0	98,2	100,0	97,2
MATIN72	99,0	98,5	100,0	97,1
MATIN73	100,0	99,3	98,6	98,9
MATIN74	100,0	97,2	100,0	95,2
MATIN75	100,0	98,9	100,0	98,1
MATIN76	100,0	95,9	99,0	95,7
MATIN77	100,0	96,8	100,0	95,7
MATIN78	100,0	97,7	97,1	96,4
MATIN79	100,0	96,8	94,6	95,9
MATIN80	100,0	97,3	95,5	95,8
MATIN81	2,0	43,9	68,6	85,6

MATIN82	Lav spireevne			
MATIN83	100,0	95,9	100,0	95,7
MATIN84	100,0	96,9	100,0	95,7
MATIN85	100,0	96,4	100,0	95,9
MATIN86	100,0	96,5	93,8	95,6
MATIN87	100,0	96,8	99,0	96,2
MATIN88	100,0	96,6	100,0	96,2
MATIN89	100,0	98,7	100,0	98,4
MATIN90	100,0	98,7	100,0	98,5
MATIN91	100,0	98,6	99,0	98,3
MATIN92	100,0	98,4	100,0	98,3
MATIN93	100,0	98,4	100,0	98,0
MATIN94	100,0	98,6	100,0	97,8
MATIN95	100,0	98,8	100,0	98,8
MATIN96	100,0	99,2	100,0	99,1
MATIN97	100,0	99,0	100,0	98,3
MATIN98	88,3	98,5	100,0	98,6
MATIN99	100,0	99,1	100,0	99,0
MATIN100	98,0	98,6	100,0	98,0
MATIN101	100,0	99,2	98,9	98,9

Effekt af iodosulfuron og clodianfop på antal planter og biomasse (friskvægt) af italiensk rajgræs.

Populationer, der efterfølgende er testet i dosis-responsforsøg, er markeret med gråt.

	Iodosulfuron (1,5 g/ha)		Clodinafop (20 g/ha)	
	% effekt			
	Antal planter	Biomasse	Antal planter	Biomasse
2013				
ID 290	9	90,8	98,8	93,0
ID 975	98,9	89,7	74,7	76,4
ID 903	16,7	24,6	22,5	20,4
LOLMU1	11,0	67,2	100,0	86,5
LOLMU2*	25,6	75,0	95,1	85,5
LOLMU3*	15,5	6,7	89,7	87,5
2014				
ID 290	81,7	91,7	97,1	96,4
ID 975	71,7	91,2	83,3	92,5
ID 903	2,2	37,7	20,2	53,3
LOLMU17	4,1	81,3	97,0	93,2
LOLMU18*	0,0	68,4	81,0	94,6
LOLMU19*	0,0	69,5	23,4	90,0
LOLMU20*	6,2	60,8	77,2	85,0
2015				
Sikem	100,0	78,9	100,0	86,3
ID 1023	5,7	0,0	76,0	?
ID 903	12,7	27,9	16,8	25,8
LOLMU36	66,3	74,7	89,0	85,8
LOLMU37	86,5	80,4	94,2	84,1
LOLMU38	93,2	81,1	94,2	84,6
LOLMU39	85,3	84,1	91,3	80,9
LOLMU40	88,5	87,4	94,9	90,1
LOLMU41	94,2	85,8	95,0	88,7
LOLMU42	89,4	80,6	87,8	77,5
LOLMU43	64,1	90,9	85,9	87,7
LOLMU44	57,9	67,0	84,8	73,5
LOLMU45	97,0	88,8	80,8	73,8
LOLMU46	89,3	86,8	84,5	82,5
LOLMU47	98,5	90,3	93,9	88,7
LOLMU48	76,7	85,4	85,6	89,2
LOLMU49	95,1	94,6	83,3	87,2
LOLMU50	82,2	85,3	86,3	86,1
LOLMU51	91,1	84,6	82,7	75,1
LOLMU52	77,8	91,5	62,5	85,1
LOLMU53	81,3	83,4	88,4	86,7
LOLMU54	77,8	81,1	84,6	78,3
LOLMU55	100,0	94,6	75,0	85,0

*Prøver fra behandlede parceller (appendiks 10)

Effekt af iodosulfuron og clodinafop på antal planter og biomasse (friskvægt) af almindelig rajgræs.

Populationer, der efterfølgende er testet i dosis-responsforsøg, er markeret med gråt.

	Iodosulfuron (1,5 g/ha)		Clodinafop (20 g/ha)	
	% effekt			
	Antal planter	Biomasse	Antal planter	Biomasse
2013				
ID 1155	100,0	86,2	65,7	72,2
LOLPE1	89,7	83,7	76,0	70,4
LOLPE2	86,0	85,6	46,6	62,8
LOLPE3	Lav spireevne			
LOLPE4	100,0	97,6	84,3	83,9
LOLPE5	92,0	89,5	80,0	85,6
LOLPE6	Lav spireevne			
LOLPE7	97,0	84,9	90,5	60,6
LOLPE8	Lav spireevne			
LOLPE9	53,9	67,4	64,7	55,6
LOLPE10	34,6	58,6	36,5	53,5
LOLPE11	83,3	75,1	97,2	72,0
LOLPE12	46,2	42,7	78,6	59,9
LOLPE13	100,0	90,4	96,2	81,8
LOLPE14	99,0	90,1	58,4	74,9
LOLPE15	93,2	77,5	75,7	65,0
LOLPE16	100,0	66,0	82,4	67,1

Effekt af fenoxaprop-P og flupyrsulfuron på antal planter og biomasse (friskvægt) af agerrævehale.

Populationer, der efterfølgende er testet i dosis-responsforsøg, er markeret med gråt.

	Fenoxaprop-P (138 g/ha)		Flupyrsulfuron (2,5 g/ha)	
	% effekt			
	Antal planter	Biomasse	Antal planter	Biomasse
2013				
ID 85	90,4	91,0	98,9	92,9
ID 1022	91,0	83,6	98,8	83,7
ID 968	14,1	44,4	28,4	46,9
ALOMY1	11,6	1,8	21,5	35,8
ALOMY2	-	-	-	-
ALOMY3	81,3	86,6	100,0	91,1
ALOMY7	30,0	41,6	88,0	69,9
ALOMY8	73,8	79,6	92,1	81,8
ALOMY9	95,5	89,3	96,6	79,6
ALOMY10	68,1	74,4	79,7	71,0
ALOMY11	95,6	88,5	91,7	87,4
ALOMY12	10,7	33,6	81,4	61,9
ALOMY13	98,7	87,6	87,8	80,9
ALOMY14	98,6	79,0	94,9	63,1
ALOMY15	94,6	81,6	98,6	84,1
ALOMY16	79,8	87,5	75,6	83,0
2014				
ID 85	25,0	64,1	4,5	81,0
ID 1022	28,1	77,5	32,1	74,0
ID 968	0,0	39,1	4,2	47,7
ALOMY21	16,9	82,2	4,3	71,5
ALOMY43	0,0	15,4	0,0	31,6
ALOMY44	44,6	19,2	20,7	24,0
ALOMY50	-	-	-	-
ALOMY51	0,0	48,8	1,6	58,9
ALOMY52	38,3	74,2	20,6	81,4
ALOMY53	1,7	51,4	0,0	61,9
ALOMY54	22,2	83,4	18,3	85,0
ALOMY55	18,9	63,3	30,6	79,8
ALOMY56	13,2	80,0	25,0	77,5
2015				
ID 85	100,0	87,5	88,2	71,4
ID 1022	100,0	91,8	100,0	90,0
ID 968	9,4	63,1	17,1	65,0
ALOMY79	86,0	88,0	100,0	88,5
ALOMY80	94,1	86,1	98,0	85,7
ALOMY81	97,8	93,0	100,0	90,6
ALOMY82	99,0	90,5	100,0	88,7
ALOMY83	95,0	92,9	99,0	87,8

Effekt af iodosulfuron og fenoxaprop-P på antal planter og biomasse (friskvægt) af vindaks.

Populationer, der efterfølgende er testet i dosis-responsforsøg, er markeret med gråt.

	Iodosulfuron (3 g/ha)		Fnoxaprop-P (20,7 g/ha)	
	% effekt			
	Antal planter	Biomasse	Antal planter	Biomasse
2013				
ID 100	97,4	99,4	100,0	99,4
ID 882	3,0	57,5	87,7	94,9
APESV1				
APESV3	100,0	98,0	100,0	98,2
APESV4	100,0	96,8	100,0	97,9
APESV5	100,0	96,0	100,0	97,7
APESV8	Lav spireevne			
APESV9	90,0	95,8	100,0	98,8
APESV10	100,0	96,7	100,0	97,1
APESV11	96,7	98,0	100,0	98,8
APESV12	100,0	96,1	100,0	97,5
APESV13	87,5	96,2	100,0	99,4
APESV14	97,7	96,3	97,5	94,6
APESV15	100,0	93,4	100,0	97,1
2014				
ID 100	47,2	79,8	90,7	98,8
ID 882	0,0	8,4	84,0	94,9
APESV20	100,0	96,8	100,0	98,2
APESV21	61,5	95,5	69,2	95,0
APESV22	70,8	97,9	88,0	98,3
APESV23	92,3	95,1	63,2	97,4
APESV24	Lav spireevne			
APESV25	Lav spireevne			
APESV26	68,8	98,1	90,0	98,8
APESV27	46,2	93,2	100,0	96,7
APESV28	53,8	97,2	76,9	96,5
APESV29	8,3	88,1	87,5	97,6
APESV30	58,6	96,4	55,0	97,3
APESV31	72,2	95,8	81,5	97,0
APESV32	100,0	99,2	66,7	97,5
APESV33	15,6	83,1	48,5	90,6
APESV34	100,0	99,2	100,0	98,8
APESV35	10,0	85,6	100,0	95,6
APESV36	38,5	93,2	87,5	98,4
APESV38	20,0	89,7	75,0	98,0

2015				
ID 100	84,0	92,1	98,9	95,6
APESV23	100,0	93,2	100,0	95,0
ID 882	12,7	6,10	89,1	87,2
APESV43	Lav spireevne			
APESV44	Lav spireevne			
APESV45	54,5	84,8	91,7	93,0
APESV46	58,3	86,8	100,0	97,3
APESV47	Lav spireevne			
APESV48	72,7	90,4	94,1	94,9
APESV49	Lav spireevne			
APESV50	Lav spireevne			
APESV51	100,0	81,9	50,0	99,1
APESV52	81,0	85,5	100,0	97,7
APESV53	82,9	91,8	93,1	95,3
APESV54	69,2	89,5	91,3	90,1
APESV55	Lav spireevne			
APESV56	50,0	95,1	100,0	98,8
APESV57	Lav spireevne			
APESV58	79,4	93,1	100,0	97,5
APESV59	Lav spireevne			
APESV60	Lav spireevne			
APESV61	83,3	97,7	100,0	98,6
APESV62	56,0	86,7	98,8	97,6
APESV63	Lav spireevne			
APESV64	Lav spireevne			
APESV65	77,8	92,3	100,0	98,8
APESV66	Lav spireevne			
APESV67	100,0	97,9	80,0	90,7
APESV68	30,3	94,5	97,3	99,1
APESV69	Lav spireevne			
APESV71	100,0	100,0	100,0	100,0
APESV72	100,0	85,7	100,0	85,7
APESV73	30,6	84,4	100,0	97,1

Eksempler på selektion som følge af herbicidbehandling

På tre lokaliteter blev der indsamlet overlevende planter i behandlede parceller. Det drejer sig om et forsøg med kornvalmue og to forsøg med italiensk rajgræs.

Kornvalmue

I forsøget, hvor PAPRH blev indsamlet i ubehandlede parceller, blev der indsamlet frø i parceller behandlet med 15 g/ha tribenuron (30 g/ha Pointer SX, 500 g/kg tribenuron, PAPRH6) og 15 g/ha metsulfuron (30 g/ha Ally SX, 500 g/kg metsulfuron, PAPRH7). Effekten på 'antal planter' var lavere for PAPRH6 og PAPRH7 end for PAPRH5 (appendiks 4). Dette viser, at der er sket en selektion i parceller, der er behandlet med tribenuron og metsulfuron, således at en større andel af planterne er resistente.

Resistensniveauet overfor tribenuron og florasulam af PAPRH5, PAPRH6 og PAPRH7 blev yderligere undersøgt i dosis-responsforsøg. I forsøget indgik de 2 referencepopulationer (ID 150 og ID 889). Der blev anvendt 8 doseringer af tribenuron (0,06-8 g a.s./ha, faktor 2 mellem doser), hvor dosering 1-5 blev udsprøjtet på de følsomme referencer og dosering 4-8 på den resistente referencepopulation samt testprøverne. Florasulam blev udsprøjtet i 5 doseringer (0,12 -2 g a.s./ha, faktor 2 mellem doser).

Resultater af dosis-responsforsøg viste et resistensindeks på 9 for PAPRH5, mens resistensindeks for PAPRH6 og PAPRH7 var henholdsvis 10 og ca. 60. For PAPRH7 er selektionen i markparcellerne sket med metsulfuron, som har bedre effekt på kornvalmue end tribenuron, hvilket afspejles i det højere resistensindeks. Det relativt lave resistensindeks for PAPRH5 viser, at der er tale om et tidligt stadie af resistensudvikling i marken, hvor kun en forholdsvis lille andel af planterne har udviklet resistens.

Italiensk rajgræs

Tre prøver fra 2013 er indsamlet i et forsøg, hvor LOLMU1 er fra ubehandlede parceller, mens LOLMU2 og LOLMU3 er fra parceller behandlet med forskellige herbicider (tabel 14). Tilsvarende er 4 prøver fra 2014 indsamlet i henholdsvis ubehandlede parceller (LOLMU17) og behandlede parceller (LOLMU18-20) i et forsøg (tabel 14).

Tabel 14. Forsøgsbehandlinger i parceller hvor rajgræsprøver blev udtaget i 2013 og 2014.

	BBCH 10	BBCH24	BBCH 25-29
	2013		
LOLMU1	Ubehandlet		
LOLMU2	prosulfocarb + diflufenican+ ioxynil+ bromoxynil (600 + 25 + 40 g a.s./ha)	florasulam + pyroxsulam (37,6 + 112,6 g a.s./ha) + 0,5 L/ha PG 26N	
LOLMU3			florasulam + pyroxsulam (37,6 + 112,6 g a.s./ha) + 0,5 L/ha PG 26N
	2014		
LOLMU17	Ubehandlet		
LOLMU18	prosulfocarb + diflufenican + ioxynil+ bromoxynil (1200 + 25 + 40 g a.s./ha)		iodosulfuron (14 g a.s./ha) + 0,5 L/ha Mero
LOLMU19		clodinafop (20 g a.s./ha) + 0,5 L/ha Renol	2,4-D+ aminopyralid + florasulam (90 + 5 + 2,5 g a.s./ha)
LOLMU20			iodosulfuron + mesosulfuron (3,75 + 3,75 g a.s./ha) + 0,5 L/ha Mero

I populationerne LOLMU1-3 var der lav effekt på antal planter efter behandling med iodosulfuron (appendiks 6). Der er opnået 60-75% reduktion af biomasse hos LOLMU1 og LOLMU2, mens effekten på LOLMU3 var meget lav (6,7%). Resistensindeks for LOLMU1 blev beregnet til 5, mens resistensindeks for LOLMU2 og LOLMU3 var ca. 3 gange højere, hvilket viser en betydelig selektion efter en anvendelse af ALS-hæmmer.

I prøverne fra 2014 var der meget lav effekt af iodosulfuron på antal planter, og effekten på biomasse var reduceret mellem 10 og 20% i de prøver, hvor der er sket en selektion i prøveudtagningsåret (appendiks 6). De lavere effekter på LOLMU18-20 sammenlignet med LOLMU17 indikerer, at der er en resistensudvikling i gang i den pågældende mark.

DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug er den faglige indgang til jordbrugs- og fødevareforskningen ved Aarhus Universitet (AU). Centrets hovedopgaver er videnudveksling, rådgivning og interaktion med myndigheder, organisationer og erhvervsvirksomheder.

Centret koordinerer videnudveksling og rådgivning ved de institutter, som har fødevarer og jordbrug, som hovedområde eller et meget betydende delområde:

Institut for Husdyrvidenskab
Institut for Fødevarer
Institut for Agroøkologi
Institut for Ingeniørvidenskab
Institut for Molekylærbiologi og Genetik

Herudover har DCA mulighed for at inddrage andre enheder ved AU, som har forskning af relevans for fagområdet.

RESUME

Test af 334 frøprøver af 8 ukrudtsarter fra danske marker viste, at der på 8% af lokaliteterne var resistens over for herbicider. Resistens var hyppigst forekommende hos agerrævehale, hvor 30% af de indsamlede prøver var resistente over for fop/dim- og sulfonylureamidler. Hos fuglegræs var 15% af prøverne resistente overfor sulfonylureamidler, men kun én prøve viste krydsresistens til florasulam. For rajgræs blev der fundet resistens overfor sulfonylureamidler i henholdsvis 14% og 19% af prøverne af italiensk og almindelig rajgræs. Lav forekomst af resistens overfor sulfonylureamidler blev fundet hos kornvalmue (5% af prøverne) og lugtløs kamille (1% af prøverne). Der blev ikke fundet resistens hos vindaks og kornblomst. Alle frøprøver er indsamlet i ubehandlede parceller i ukrudtsforsøg fordelt over hele landet. Resultaterne skaber for første gang overblik over udbredelsen af herbicidresistens hos en række ukrudtsarter i Danmark i perioden 2013-2015 og kan fremover anvendes som et referencegrundlag for undersøgelser af forskellige faktors indflydelse på udvikling af herbicidresistens.