Entwicklung der Herbizidresistenz bei Acker-Fuchsschwanz (*Alopecurus myosuroides*) in Bayern

*Development of herbicide resistance in Black-grass (*Alopecurus myosuroides*) in Bavaria*

Klaus Gehring*, Stefan Thyssen, Thomas Festner

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenschutz,
Lange Point 10, 85354 Freising-Weihenstephan
*Korrespondierender Autor, klaus.gehring@lfl.bayern.de

DOI 10.5073/jka.2020.464.060

Zusammenfassung

Acker-Fuchsschwanz (*Alopecurus myosuroides*) ist eines der wichtigsten Leitungräser im bayerischen Ackerbau. Für die Vermeidung von hohen Ertrags- und Qualitätsverlusten ist eine effektive chemische Bekämpfung in wichtigen Ackerbaukulturen wie Wintergetreide, Winterraps und Mais unverzichtbar. Durch Veränderungen in der Produktionstechnik, wie z.B. vereinfachte Fruchtfolgen, reduzierte Bodenbearbeitung und überbetrieblicher Mähdreschereinsatz, ist eine starke Ausbreitung des Acker-Fuchsschwanzes aufgetreten. Seit etwa 20 Jahren ist eine Entwicklung von herbizidresistenten Biotypen und Populationen feststellbar.

Der Bayerische Pflanzenschutzdienst führt seit 2004 systematische Untersuchungen zur Kontrolle der Herbizidresistenz bei Acker-Fuchsschwanz durch. Die Auswertung von Verdachtsuntersuchungen und Monitoringerhebungen beschreibt die Resistenzentwicklung von Acker-Fuchsschwanz in Bayern. Die Ergebnisse belegen die dynamische Entwicklung und verstärkte Ausprägungen der Herbizidresistenz. Während ACCase-Inhibitoren schon breit von Resistenz betroffen sind, verstärkt sich derzeit der Selektionsdruck auf die Resistenz gegenüber ALS-Inhibitoren. Im Verlauf der Untersuchungsperiode von 2004 bis 2018 werden zunehmend multiresistente Populationen mit Resistenzen gegenüber verschiedenen Herbizid-Wirkmechanismen nachgewiesen. Bei den seit 2012 zusätzlich durchgeführten molekulargenetischen Untersuchungen werden regelmäßig Wirkortresistenzen gegen ACCase- und ALS-Inhibitoren bestätigt. In Einzelfällen treten multiple Wirkortresistenzen gegen die beiden wichtigsten Herbizidklassen auf.

Stichwörter: Kreuzresistenz, Resistenzmanagement, Ungrasbekämpfung, Wirkortresistenz

Abstract

Black-grass (*Alopecurus myosuroides*) is one of the most important grass weeds in Bavaria. Chemical weed control with high efficacy is very important in crops like winter cereals, oilseed rape and maize. Crop rotations increasingly based on winter cereals, reduced soil cultivation and e.g. contract harvesting enhanced distribution of black-grass in all arable farming regions of Bavaria. Effects of herbicide resistance were observed since 20 years. The black-grass herbicide resistance is well surveyed by the official plant protection service of Bavaria leading to a broad experience in resistance testings and understanding of the resistance development of black-grass. First resistance cases in 2004 covered mostly resistance to ACCase-Inhibitors. Currently increased selection pressure can be observed for ALS-Inhibitors. In the course of our resistance testing program, multiple resistance and multiple target-site resistance occurred increasingly.

Keywords: Cross resistance, grass weed control, herbicide resistance management, target site resistance

Einleitung

Acker-Fuchsschwanz ist in vielen Ackerbauregionen Bayerns das entscheidende Leitungras für die Gestaltung erforderlicher Herbizidbehandlungskonzepte im Wintergetreideanbau, in Winterraps und im Maisanbau. Die Notwendigkeit zur Bekämpfung von Ackerfuchsschwanz erhöht hierbei regelmäßig den Kostenaufwand der Herbizidbehandlung. In Fällen von Resistenzentwicklungen reagiert die Anbaupraxis bisher vorwiegend durch den Einsatz möglichst leistungsfähiger Herbizide, Anpassung der Aufwandmengen und Steigerung der Behandlungshäufigkeit (GEHRING und THYSSEN, 2014). Aufgrund von Zunahmen bei der Resistenzentwicklung bei Acker-Fuchsschwanz erhält der Bayerische Pflanzenschutzdienst jährlich etwa 30 bis 40 Samenproben zur Untersuchung auf Herbizidresistenz. Die Ergebnisse eines seit 2004 standardisierten Untersuchungsverfahrens liefern wertvolle Informationen für die Entwicklung eines standort- bzw. betriebsspezifischen Herbizidmanagements zur Vermeidung oder den möglichen Umgang mit

resistenten Acker-Fuchsschwanzpopulationen. Für die Fachberatung dienen die Informationen zur Weiterentwicklung der guten fachlichen Praxis bei der Unkrautbekämpfung im Ackerbau.

Material und Methoden

Die Herbizidresistenz von Verdachtsproben aus der Anbaupraxis und von systematischen Monitoringproben wurde in einem Biotest unter kontrollierten Umweltbedingungen in der Klimakammer und im Gewächshaus untersucht. Die Samenproben wurden mit einem Saugluft-Stufensichter (Fab. Pelz, Typ 2) aufbereitet. Anschließend wurde die Keimfähigkeit nach ISTA-Methode ermittelt (ISTA, 2015). Die Aussaat erfolgte flächig mit einem Mikrolöffel auf Pflanztopfträgerplatten (10 Töpfe mit 4,5 cm Durchmesser). Die Saatstärke wurde so eingestellt, dass nach der Korngröße und Keimfähigkeit der jeweiligen Herkünfte ein relativ gleichmäßiger Pflanzenbestand im Vergleich aller im Test befindlichen Prüfherkünfte erreicht wurde. Als Substrat wurde ein natürlicher Mineralboden vom Standort Freising verwendet (Parabraunerde aus Lösslehm, 2,8 % OS, pH 7,2), der im Verhältnis 3:1 mit einen Torf-Kultursubstrat (tonhaltiges Torfsubstrat, Typ Höfter Humaton Standard, 80 % organische Substanz, pH 5,8, nährstoffangereichert) aufgemischt wurde. Die auf den mit Feinbodenmaterial befüllten Töpfen aufgebrachten Samen wurden mit einem grobkörnigeren Material desselben Bodens abgedeckt, um eine Austrocknung zu verhindern, aber dennoch einen Lichtreiz auf den Keimling zu ermöglichen. Die Bewässerung erfolgte durch regelmäßiges Gießen und im Anstauverfahren zur gleichmäßigen Durchfeuchtung der Pflanztöpfe. Im Laufe der Anzuchtperiode wurde eine einmalige Düngemaßnahme mit Flüssigdünger (Wuxal® 8-8-6, 100 ml/10 l Gießwasser) mit der Bewässerung vorgenommen. Die Anzucht bis zur Herbizidbehandlung fand in einer Starklichtklimakammer (Typ York® 520284) statt. Bei einer Tag-Nacht-Phase von 12:12 Stunden wurde die Temperatur in einem Bereich von 20 °C am Tag bzw. 12 °C in der Nachtperiode und die Lichtintensität in der Tagesperiode auf 70.000 Lux (Lampen Typ Phillips® MT400LE/U, Weißlicht mit tageslichtähnlichem Vollspektrum, 400 µmol PAR/m^2*s) geregelt. Die relative Luftfeuchtigkeit wurde auf konstant 85 % gehalten.

Die Applikation erfolgte je nach zu prüfenden Herbizid unmittelbar nach der Einsaat und Befeuchtung im Vorauflaufverfahren (BBCH 00) bzw. nach einer Anzuchtperiode von ca. 10-14 Tagen im Entwicklungsstadium BBCH 10-12. Hierfür wurde eine linearangetriebene Laborspritzbahn (Fab. Schachtner) verwendet. Die Applikationskabine war mit Flachstrahldüsen vom Typ TeeJet® 8001EVS ausgestattet. Bei einem Spritzdruck von 2,5 bar und einer Geschwindigkeit von 2,0 km/h betrug die Wasseraufwandmenge 200 l/ha. Bei den durchgeführten Dosis-Wirkungsversuchen wurde mit 2 bis 3 Konzentrationsstufen der eingesetzten Herbizide gearbeitet. Dabei wurde berücksichtigt, dass eine der geprüften Konzentrationen der zugelassenen Standarddosis des jeweiligen Herbizids entsprach. Die Dosierung wurde so gewählt, dass bei der sensitiven Vergleichsherkunft ein mittlerer Wirkungsgrad im Bereich von >90 % erzielt wurde. Im Verlauf der Untersuchungsjahrgänge wurde das Spektrum der geprüften Herbizide an den Zulassungsstand und die anwendungstechnische Bedeutung der jeweiligen Präparate angepasst. Der aktuelle Prüfumfang ist in Tabelle 1 dargestellt. Bei den anwendungsspezifisch variablen Aufwandmengen der Präparate Atlantis OD® (Mesosulfuron + Iodosulfuron), Attribut® (Propoxycarbazone) und Broadway® (Pyroxsulam + Florasulam) wurde die in Bayern praxisübliche Aufwandmenge als Standarddosis berücksichtigt. Das in Getreide nicht selektive Graminizid Focus Ultra® (Cycloxydim) wurde als Indikator für ACCase-Wirkortresistenz verwendet. Eine ähnliche Information hinsichtlich ALS-Wirkortresistenz liefert die Anwendung von Kelvin OD® (Nicosulfuron), da das Maisherbizid nicht mit einem Safener ausgestattet ist. Die Behandlungen wurden mit vier bis fünf Wiederholungen durchgeführt.

Die Untersuchungsergebnisse wurde mit Hilfe der Anwendung UNISTAT® 6.5 for Windows™ (UNISTAT LIMITED, 2015) einer Kruskal-Wallis-Rangvarianzanalyse zur Überprüfung von signifikaten Unterschieden unterzogen.

Tab. 1 Im Resistenztest in 2018 eingesetzte Herbizide.

Tab. 1 *Herbicides used in 2018 in the resistance test.*

Präparat	**Wirkstoff**	**Standarddosis**	**Prüfkonzentrationen (% Standarddosis)**			**Applikationstermin**
Handelsname	**a.i.**	**g/ha**	**50**	**100**	**200**	**BBCH**
Cadou SC	Flufenacet	250,00	☑	☑	-	00
Lentipur 700	Chlortoluron	2100,00	☑	☑	☑	10-11
Attribut	Propoxycarbazone	53,07	☑	☑	☑	10-11
Atlantis OD	Mesosulfuron + Iodosulfuron	9,72 + 1,86	☑	☑	☑	12
Axial 50	Pinoxaden	60,00	-	☑	☑	12
Broadway + FHS*	Pyroxsulam + Florasulam	15,03 + 5,02	☑	☑	☑	12
Kelvin OD	Nicosulfuron	40,00	☑	☑	-	12
Sword	Clodinafop	53,46	-	☑	☑	12
Focus Ultra	Cycloxydim	200,00	-	☑	-	12

*) präparatespezifischer Formulierungshilfsstoff
☑ = Prüfkonzentration angewendet, - = Prüfkonzentration nicht angewendet
BBCH = Skala für das phänologische Pflanzenentwicklungsstadium

Nach der Herbizidapplikation wurden die Pflanzen für eine Wirkungsperiode von in der Regel 21 Tagen in ein Gewächshaus verlagert. Die Lufttemperatur wurde auf 20 °C am Tag und 10 °C in der Nacht reguliert. Die Feuchtigkeit in der Raumluft bewegte sich in einem Bereich von 50-95 % rLF. In Ergänzung zur natürlichen Lichtintensität wurde Kunstlicht mit einer Stärke von 5000 bis 8000 Lux nach Bedarf zugeschaltet. Nach Abschluss der Wirkungsperiode wurde die Herbizidwirkung in % Wirkungsgrad im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle bonitiert und die Sprossfrischmasse durch Wägung bestimmt.

Für die Bewertung der Herbizidsensitivität der Prüfherkünfte wurde eine Resistenzklassifikation verwendet (CLARKE et al., 1994). Das Bewertungssystem beruht auf der Ermittlung von fünf Resistenzklassen. Diese ergeben sich aus dem Wirkungsunterschied zwischen einer im jeweiligen Versuch mit geprüften sensitiven und einer resistenten Vergleichsherkunft. Hierdurch können die Auswirkungen von Umwelteinflüssen bei der Versuchsdurchführung auf die Resistenzbewertung verringert werden. Für die Wirkungseinstufung wurden primär die Frischmasseergebnisse aus Behandlungen mit der Standarddosis verwendet. Bei einem Wirkungsergebnis in der Stufe 1 liegt die Herbizidwirkung gegenüber der jeweiligen Prüfherkunft nicht mehr auf dem Wirkungsniveau der sensitiven Vergleichsherkunft und wird als „verminderte Sensitivität" eingestuft. In der Stufe 2 dieser Klassifikation werden Herkünfte bereits als „teil-resistent" bezeichnet. Biotypen, die im Test die Stufen 3-5 erreichten, wurden gegenüber dem jeweiligen Herbizid als in zunehmender Intensität resistent eingestuft. Feste Wirkungsgrenzen können für die einzelnen Klassengrenzen nicht angegeben werden, weil sich diese aus den Wirkungsgraden der sensitiven und der resistenten Vergleichsherkunft im jeweiligen Test ergeben. Die Wirkungsgrenzen der Resistenzklassen werden proportional in der Wirkungsspanne zwischen der sensitiven und resistenten Vergleichsherkunft eingeteilt. Im Untersuchungszeitraum von 2004 bis 2018 wurden 533 bayerische Herkünfte bzw. Biotypen hinsichtlich ihrer Resistenzeigenschaften untersucht.

Ergebnisse

Im Vergleich der verschiedenen Herbizide und Wirkmechanismusgruppen sind die ACCase-Inhibitoren besonders stark von Herbizidresistenz bei Ackerfuchsschwanz betroffen (Tab. 2). Dabei besteht ein erheblicher Unterschied zwischen Sword® (Clodinafop) und Axial 50® (Pinoxaden) gegenüber den in Getreide nicht-selektiven Focus Ultra® (Cycloxydim). In der Gruppe der ALS-Inhibitoren tritt eine deutliche Abstufung hinsichtlich der Resistenzbelastung in der Reihenfolge

von Lexus® (Flupyrsulfuron) > Attribut® (Propoxycarbazone) > Atlantis OD® (Mesosulfuron + Iodosulfuron) > Broadway® (Pyroxsulam + Florasulam) > Kelvin OD® (Nicosulfuron) auf. Gegenüber den im Getreidebau eingesetzten und über die gesamte Untersuchungsperiode geprüften ALS-Inhibitoren wurde das ausschließlich im Maisanbau eingesetzte Kelvin OD erst im Untersuchungsjahrgang 2016, aufgrund von Resistenzverdacht bei der Acker-Fuchsschwanzbekämpfung im Maisanbau, in das Prüfset aufgenommen. Das einzige, aktuell im Prüfset vorhandene Präparat aus der Gruppe der PSII-Inhibitoren, Lentipur 700® (Chlortoluron), weist eine gegenüber den ACCase- und ALS-Inhibitoren zwar abgestuften, aber durchaus deutlichen Resistenzanteil auf. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Einsatzhäufigkeit von Chlortoluron im Untersuchungszeitraum in der Anbaupraxis relativ gering ist. Für das Herbizid Cadou SC® (Flufenacet) aus der Gruppe der Zellwachstumshemmer (K3) wurde bisher keine Herbizidresistenz bei Acker-Fuchsschwanz in Bayern nachgewiesen (Tab. 2).

Tab. 2 Resistenzhäufigkeit im Vergleich der aktuell untersuchten Herbizide im Mittel der Untersuchungsjahrgänge 2004 bis 2018 (n = 533 Herkünfte).

Tab. 2 *Rate of herbicide resistance in case of current evaluated herbicides averaged over tests conducted 2004 - 2018 (n = 533 biotypes).*

Präparat (Handelsname)	HRAC (Code)	Wirkstoff (a.i.)	Anteil resistenter Herkünfte (%)
Sword	A	Clodinafop	14,8
Axial 50	A	Pinoxaden	16,0
Focus Ultra	A	Cycloxydim	2,0
Atlantis OD	B	Mesosulfuron + Iodosulfuron	7,0
Attribut	B	Propoxycarbazone	10,7
Broadway + FHS*	B	Pyroxsulam + Florasulam	5,0
Kelvin OD	B	Nicosulfuron	1,1
Lentipur 700	C2	Chlortoluron	6,5
Cadou SC	K3	Flufenacet	0,0

*) präparatespezifischer Formulierungshilfsstoff; HRAC = Herbicide Resistance Action Committee

In Bezug auf die jeweilige Wirkmechanismusgruppe sind im Verlauf des gesamten Untersuchungszeitraums ACCase-Inhibitoren (HRAC: A), mit einer Resistenzhäufigkeit von 51 %, eindeutig am stärksten betroffen (Tab. 3). Bei einem Anteil von 39 % resistenter Herkünfte gegenüber Herbiziden aus der Gruppe der ALS-Hemmer (HRAC: B) darf die Gefährdung dieser wichtigen Herbizidgruppe allerdings auf keinen Fall unterschätzt werden. Vorwiegend bodenaktiven Herbiziden aus der Gruppe der Photosystem-II-Inhibitoren (HRAC: C2; Wirkstoffe: Chlortoluron) und der Zellwachstumshemmer (HRAC: K3; Wirkstoffe: Flufenacet und Pendimethalin) sind mit einer Häufigkeit von 7 % und 2 % nur nachrangig von Herbizidresistenz betroffen. Für die Gruppe der Zellwachstums-Inhibitoren muss erwähnt werden, dass bis zum Untersuchungsjahrgang 2009 das Herbizid Pendimethalin geprüft wurde. Damals war Pendimethalin mit einer Häufigkeit von 9 % nicht unerheblich von Resistenz betroffen. Die Prüfung von Pendimethalin wurde allerdings aufgegeben, weil das Herbizid nicht mehr gezielt zur Bekämpfung von Acker-Fuchsschwanz eingesetzt wird. Für den Wirkstoff Flufenacet, der regelmäßig in Herbizidbehandlungskonzepten zur Bekämpfung von Acker-Fuchsschwanz integriert ist, wurde bisher keine Resistenz in Bayern nachgewiesen.

Tab. 3 Häufigkeit der Herbizidresistenz je nach Wirkmechanismusgruppe in Untersuchungszeitraum.

Tab. 3 *Rate of herbicide resistance according to mode of action in study period.*

Herbizid-Wirkmechanismus	HRAC-Code	Anteil resistenter Herkünfte (%)
ACCase-Inhibitoren	A	51
ALS-Inhibitoren	B	39
Photosystem-II-Inhibitoren	C2	7
Zellwachstumshemmer	K3	2

HRAC = Herbicide Resistance Action Committee, ACCase = Acetyl-CoA-Carboxylase, ALS = Acetolactat-Synthase

Fälle von Herbizidresistenz bei Acker-Fuchsschwanz verteilen sich relativ gleichmäßig in den bayerischen Ackerbaugebieten, wenngleich eine gewisse Konzentration im historischen Acker-Fuchsschwanzgebiet im westlichen Franken und Schwaben und in der Region Coburg festgestellt werden kann (Daten nicht dargestellt). In den Untersuchungen bestätigte sich bei 46 % der Proben ein Resistenzverdacht mit Wirkungsergebnissen in den relevanten Klassen 3-5. Ab dem Untersuchungsjahrgang 2008 nahm der Anteil an Herkünften mit Resistenz gegenüber ACCase-Inhibitoren deutlich zu (Abb. 1). Im Vergleich der Resistenz gegenüber verschiedenen Wirkgruppen hat die Resistenz gegenüber ACCase-Inhibitoren (HRAC: A) nach wie vor die größte Bedeutung, gefolgt von Resistenzen gegenüber ALS-Inhibitoren (HRAC: B) und mit deutlichen Abstand gegenüber PSII-Inhibitoren (HRAC: C2). Resistenzen gegenüber Zellwachstumshemmern (K3) auf dem Niveau der Klassen 3-5 konnte bisher nicht festgestellt werden. Herbizidresistenz gegenüber einem einzigen Wirkmechanismus wurde bei 53 % der positiv geprüften Herkünfte festgestellt. Hierbei handelte es sich vorwiegend um Resistenz gegen ACCase-Inhibitoren (39 %), während der Anteil an ALS-Resistenzen (23 %) in der jüngeren Untersuchungsperiode allerdings zunimmt. Resistenzen gegen Photosystem-Inhibitoren (C2) und Zellwachstumshemmern (K3) sind mit einem Anteil von jeweils 5 % dagegen relativ nachrangig. Resistenz gegen zwei verschiedene Wirkungsgruppen (Mode of Action, MOA) tritt bei 74 % der resistenten Biotypen auf. Kreuzresistenz gegen drei MOA kommt noch in 35 % der Resistenzfälle vor, während eine Kreuzresistenz gegen alle vier in der Anwendung befindlichen MOA nur in 2 % der Fälle auftritt.

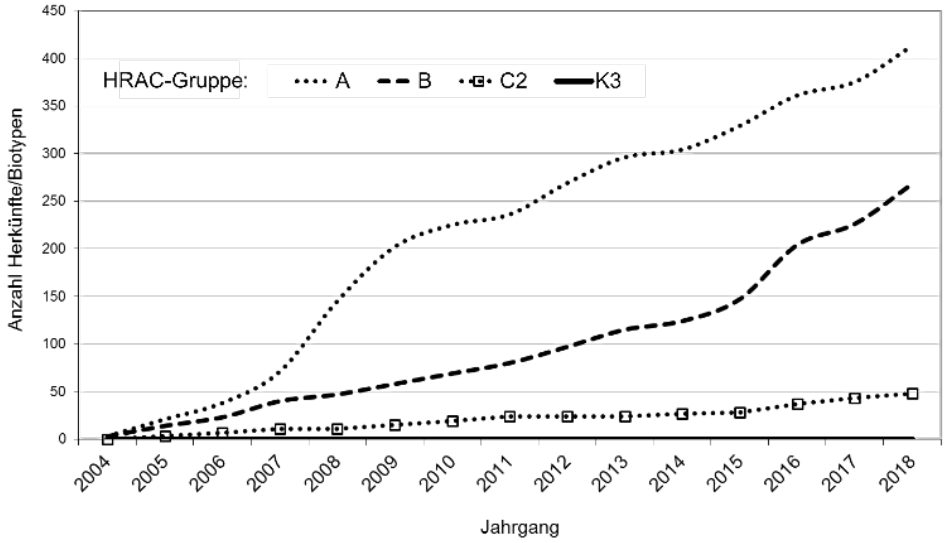


Abb. 1 Entwicklung der Herbizidresistenz je nach Wirkmechanismus (HRAC-Gruppe).

Fig. 1 *Development of herbicide resistance by mode of action (HRAC group).*

In Fällen mit hohen Resistenzgraden im Biotest wurden molekulargenetische Untersuchungen hinsichtlich Wirkortresistenz in Auftrag gegeben. Hierbei konnten bekannte Mutationen für ALS an den Positionen Pro-197 und Trp-574, sowie für ACCase an den Positionen Asp-2078, Gly-2096, Ile-1781, Ile-2041 und Trp-2027 nachgewiesen werden (IDENTXX, 2018). Bei 43 % der geprüften Herkünfte konnte jeweils eine Wirkortresistenz gegenüber ACCase- oder ALS-Inhibitoren nachgewiesen werden. Bei 7 % der Herkünfte handelte es sich um multiple Wirkortresistenz gegen ACCase- und ALS-Inhibitoren. Im Fall von ACCase-Wirkortresistenz dominierte die Mutation der der Position Ile-1781 (36 % der geprüften Herkünfte). Bei ALS-Wirkortresistenz handelte es sich mit 39 % der Fälle vorwiegend um eine Mutation an der Position Trp-574 (Abb. 2).

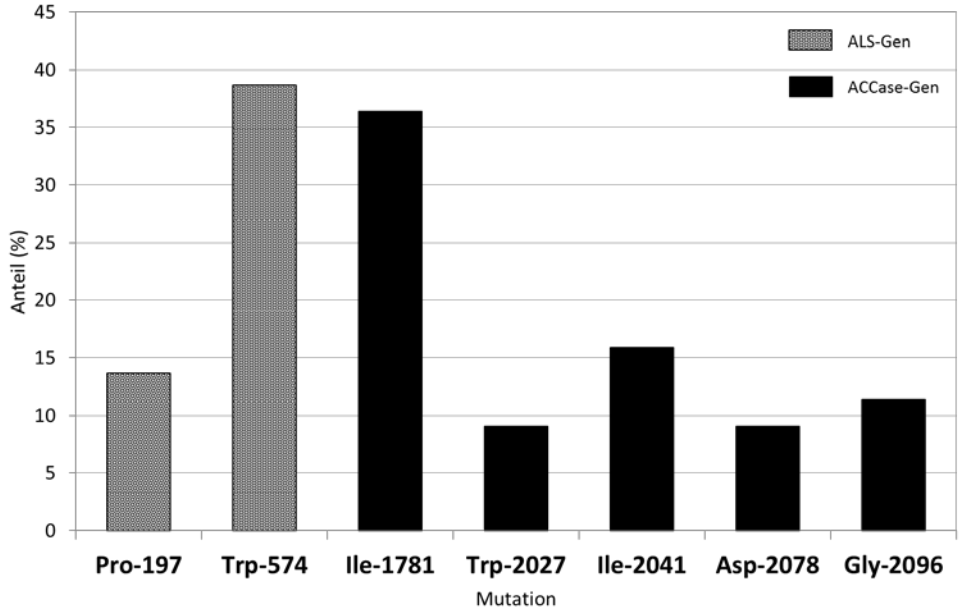


Abb. 2 Wirkortresistenz bei Acker-Fuchsschwanz in Bayern – Anteil unterschiedlicher Mutationen.

Fig. 2 *Target site resistance of blackgrass in Bavaria – Percentage of different mutations.*

Diskussion

Eine breite Palette von Herbiziden ist von Resistenz bei Acker-Fuchsschwanz betroffen. Im Bereich der im Getreidebau eingesetzten Herbizide betrifft es am stärksten die Gruppe der ACCase-Inhibitoren (HRAC: A). Ein hohes Risiko besteht für Axial 50 (Pinoxaden), da dieses Herbizid für die Bekämpfung von Acker-Fuchsschwanz in der Gerste unverzichtbar ist. 16 % der im gesamten Untersuchungszeitraum von 2004 bis 2018 untersuchten Acker-Fuchsschwanz-Proben hatten eine deutliche bis sehr hohe Resistenz (Klasse 3-5) gegenüber Pinoxaden. Im jüngeren Untersuchungszeitraum von 2015 bis 2018 lag der Anteil an Pinoxaden-Resistenzen bereits regelmäßig bei etwa 50 %. In diesen Fällen ist der wirtschaftliche Anbau von Wintergerste stark eingeschränkt bis nicht mehr möglich.

Im Anbau von Winterweizen hat sich die Bekämpfung von Acker-Fuchsschwanz in Bayern nahezu vollständig auf den Einsatz von ALS-Inhibitoren im Frühjahr verlagert. Die Resistenzhäufigkeit und –intensität liegt bei ALS-Inhibitoren noch nominal unter der bei ACCase-Inhibitoren. Der Einsatzschwerpunkt von ALS-Inhibitoren zeigt allerdings eine zunehmende Selektion von Biotypen und Populationen mit entsprechenden Resistenzeigenschaften. Dieser Selektionsdruck gegenüber ALS-Herbiziden betrifft inzwischen auch das im Maisanbau wichtige Herbizid Nicosulfuron. Die bei diesen Herkünften ebenfalls durchgeführte molekulargenetische Untersuchung bestätigte in allen Fällen eine ALS-Wirkortresistenz an der Position Trp-574.

Das Untersuchungsprogramm bestätigt ein zunehmendes und verstärktes Auftreten von Herbizidresistenz bei Acker-Fuchsschwanz. Im Verlauf dieses Prozesses sind verschiedene Herbizide für die Bekämpfung uneffektiv geworden (Fenoxaprop-P, Clodinafop). Die resistenzbedingt verminderte Wirkungssicherheit einzelner Herbizide und der Verlust von Wirkstoffen aufgrund ausgelaufener Zulassung (z.B. Isoproturon) konzentriert den Einsatz zunehmend auf einzelne, noch ausreichend effektive Präparate. Diese Einsatzkonzentration erhöht in der Anbaupraxis allerdings den Selektionsdruck und führt zu einer weiter zunehmenden Resistenzproblematik. Die bekannten Prinzipien eines vorbeugenden Resistenzmanagements (GEHRING et al., 2012, GEHRING, 2017, ZWERGER

et al., 2017) werden in der landwirtschaftlichen Praxis offensichtlich noch nicht ausreichend umgesetzt. Der Verlust der Einsatzfähigkeit einzelner Herbizide und der Wirtschaftlichkeit einzelner Kulturen, sowie zunehmend auftretende Bekämpfungsprobleme im Getreide- und Maisanbau scheinen noch keinen ausreichenden Druck für die Anpassung von Produktionssystemen in der breiten Praxis auszuüben.

Der Bayerische Pflanzenschutzdienst wird weiterhin mit umfangreichen Resistenzuntersuchungen wichtige Informationen für die Erarbeitung und Umsetzung eines sachgerechten und betriebsspezifischen Resistenzmanagements für die Beratung und für interessierte Landwirte liefern.

Literatur

CLARKE, J.H., A.M. BLAIR, S.R. MOSS, 1994: The testing and classification of herbicide resistant *Alopecurus myosuroides* (black-grass). Aspects of Applied Biology **37**, 181-188.

GEHRING,K., 2014: Bekämpfung von Unkräutern und Ungräsern. Getreidemagazin **19**, 1/2014, 8-14.

GEHRING, K., 2015: Herbizidresistenz – Bevor es ganz zu spät ist. DLG-Mitteilungen, Sonderheft, Mai 2015, 4-7.

GEHRING, K., 2017: Problem Ackerfuchsschwanz – Bekämpfung und Resistenzmanagement. Der Pflanzenarzt, **9-10**/2017, 4-8.

GEHRING, K., R. BALGHEIM, E. MEINLSCHMIDT und C. SCHLEICH-SAIDFAR, 2012: Prinzipien einer Anti-Resistenzstrategie bei der Bekämpfung von *Alopecurus myosuroides* und *Apera spica-venti* aus Sicht des Pflanzenschutzdienstes. Julius-Kühn-Archiv **434**, 89-101.

GEHRING, K., T. FESTNER, S. THYSSEN, 2010: Herbizidresistenz bei *Alopecurus myosuroides* Huds. (Ackerfuchsschwanz) und *Apera spica-venti* (L.) P. Beauv. (Windhalm) in Bayern. Julius-Kühn-Archiv **428**, 270-271.

GEHRING, K., T. FESTNER, S. THYSSEN, 2012: Herbizidresistenz bei *Alopecurus myosuroides* Huds. in Bayern. Julius-Kühn-Archiv **434**, 128-132.

GEHRING, K., T. FESTNER, S. THYSSEN, 2016: Entwicklung der Herbizidresistenz bei Acker-Fuchsschwanz (*Alopecurus myosuroides*) in Bayern. Julius-Kühn-Archiv **452**, 412-417.

GEHRING, K., T. FESTNER, S. THYSSEN, 2018: Stand und Entwicklung der Herbizidresistenz bei Acker-Fuchsschwanz (Alopecurus myosuroides) in Bayern. Julius-Kühn-Archiv **458**, 113-120.

GEHRING, K., S. THYSSEN, 2014: Herbizideinsatz gegen schwer bekämpfbaren, herbizidresistenten Acker-Fuchsschwanz (*Alopecurus myosuroides* Huds.) in Winterweizen (*Triticum aestivum* L.). Julius-Kühn-Archiv **443**, 311-319.

IDENTXX, 2018: Molekulargenetische Untersuchung zur Wirkortresistenz bei Acker-Fuchsschwanz. Unveröffentlicht.

ISTA, 2015: International Rules for Seed Testing 2015. International Seed Testing Association, Bassersdorf, Switzerland.

UNISTAT LIMITED, 2015: User's Guide, Version 6.5. London, UK, 1244 p.

ZWERGER, P., B. AUGUSTIN, J. BECKER, C. DIETRICH, R. FORSTER, K. GEHRING, R. GERHARDS, B. GEROWITT, M. HUTTENLOCHER, D. KERLEN, G. KLINGENHAGEN, M. LANDSCHREIBER, E. MEINLSCHMIDT, H. NORDMEYER, J. PETERSEN, H. RAFFEL, A. SCHÖNHAMMER, L. ULBER, D.M. WOLBER, 2017: Integriertes Unkrautmanagement zur Vermeidung von Herbizidresistenz. Journal für Kulturpflanzen, **69(4)**, 146–149.