

Herbizidresistenz bei *Alopecurus myosuroides* Huds. in Bayern

Herbicide resistance of Alopecurus myosuroides Huds. in Bavaria

Klaus Gehring*, Stefan Thyssen & Thomas Festner

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenschutz, Lange Point 10,D-85354 Freising-Weihenstephan

*Korrespondierender Autor, klaus.gehring@lfl.bayern.de

DOI: 10.5073/jka.2012.434.014

Zusammenfassung

Ackerfuchsschwanz (*Alopecurus myosuroides*) ist eines der wichtigsten Leitunggräser im bayerischen Ackerbau. Für die Vermeidung von hohen Ertrags- und Qualitätsverlusten ist eine effektive chemische Bekämpfung in verschiedensten Ackerbaukulturen unverzichtbar. Durch Veränderungen in der Produktionstechnik, wie z.B. vereinfachte Fruchtfolgen, reduzierte Bodenbearbeitung und überbetrieblicher Mähdeschereinsatz, ist eine starke Ausbreitung des Ackerfuchsschwanzes aufgetreten. Seit etwa 20 Jahren ist eine zunehmende Entwicklung von herbizidresistenten Biotypen und Populationen feststellbar.

Der bayerische Pflanzenschutzdienst verfügt über langjährige Erfahrungen zur Resistenzentwicklung bei Ackerfuchsschwanz. Die Auswertung von Verdachtsuntersuchungen und Monitoringerhebungen beschreibt die Resistenzentwicklung von Ackerfuchsschwanz in Bayern. Neben der Auswertung von Resistenzuntersuchungen wird die Resistenzentwicklung in den Bezug zur Veränderung von ackerbaulichen Rahmenbedingungen, zu betriebsspezifischen Standortfaktoren und zu produktionstechnischen Besonderheiten gestellt.

Die festgestellte Resistenzentwicklung ermöglicht eine Prognose zur Weiterentwicklung und Bedeutung der Herbizidresistenz von Ackerfuchsschwanz im Ackerbau Bayerns.

Stichwörter: Ackerfuchsschwanz, Resistenzmanagement, Ungrasbekämpfung

Summary

Black-grass (*Alopecurus myosuroides*) is one of the most important grass weeds in Bavaria. Chemical weed control with high efficacy is very important in different crops. Crop rotations with more winter cereals, reduced soil cultivation and e.g. harvesting by private contractors caused a higher distribution of black-grass in arable farming regions. Evolution of herbicide resistance was observed during the last 20 years. Black-grass herbicide resistance is well monitored by the official plant protection service of Bavaria. A wide range of resistance tests show the development of resistant black-grass and provide an opportunity for future prospects in resistance dynamics.

Keywords: Black-grass, grass weed control, herbicide resistance management

1. Einleitung

Ackerfuchsschwanz (*Alopecurus myosuroides*) bestimmt in vielen Ackerbauregionen Bayerns als wesentliches Leitunggras das Herbizidbehandlungskonzept im Wintergetreideanbau. Die Notwendigkeit für eine Bekämpfung von Ackerfuchsschwanz erhöht hierbei den Kostenaufwand der Herbizidbehandlung deutlich. Seit etwa 10 bis 15 Jahren haben sich die Regionen mit Ackerfuchsschwanz als dominierendes Leitunggras stark ausgedehnt. Es werden zudem vermehrt Insellagen mit Ackerfuchsschwanzbefall festgestellt, die sich schnell zu einem kleinräumigen Befallsgebiet entwickeln. Ackerfuchsschwanz erreicht im Wintergetreideanbau regelmäßig bekämpfungsnotwendige Besatzdichten. Ein Ertragsschädigungspotenzial von durchschnittlich -20 bis -30 % erfordert eine effektive Herbizidbehandlung. Seit etwa 1990 wurden in der Anbaupraxis zunehmende Minderwirkungen bei Behandlungen auf der Basis von Isoproturon (IPU) beobachtet. Der Verdacht auf Herbizidresistenz als Ursache für die abnehmende Bekämpfungsleistung von IPU-Anwendungen konnte allerdings durch erste Resistenzuntersuchungen vom Bayerischen Pflanzenschutzdienst nur in Einzelfällen bestätigt werden. Bei dem seit Mitte der 1990er Jahre zunehmend in der Ackerfuchsschwanz-Bekämpfung verwendeten Herbizid Fenoxaprop-P konnte dagegen in vielen Fällen ein Resistenzverdacht bestätigt werden. Seit 2004 werden vom

Pflanzenschutzdienst systematische Resistenzuntersuchungen gegenüber wichtigen Herbiziden durchgeführt, die die Dynamik der Herbizidresistenz bei Ackerfuchsschwanz eindrucksvoll belegen. Die Untersuchungsergebnisse werden im Folgenden dargestellt.

2. Material und Methoden

Die Herbizidresistenz von Verdachtsproben aus der Anbaupraxis und von systematischen Monitoringproben wurden in einem Biotest unter kontrollierten Umweltbedingungen untersucht. Die Samenproben wurden mit einem Saugluft-Stufensichter (Fab. Pelz, Typ 2) aufbereitet. Anschließend wurde die Keimfähigkeit nach ISTA-Methode ermittelt. 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 Prüferkünfte erreicht wurde. Als Substrat wurde ein natürlicher Mineralboden vom Standort Freising verwendet (Parabraunerde aus Lößlehm, 2,8 % organische Substanz, pH 7,2). Die auf den mit Feinbodenmaterial befüllten Töpfen aufgebrauchten Samen wurden mit einem grobkörnigeren Material desselben Bodens abgedeckt, um eine Austrocknung zu verhindern, aber dennoch einen Lichtreiz auf den Keimling zu ermöglichen. Die Befeuchtung 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 70000 Lux (Lampen Typ Phillips[®] MT400LE/U, Weißlicht mit tageslichtähnlichem Vollspektrum, 400 µmol PAR/m²·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 Voraufverfahren (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 zwei bis drei Konzentrationsstufen der eingesetzten Herbizide gearbeitet. Dabei entsprach eine der geprüften Konzentrationen der zugelassenen Standarddosis des jeweiligen Herbizids. Die Dosierung wurde so gewählt, dass bei der sensitiven Vergleichsherkunft ein mittlerer Wirkungsgrad im Bereich von 85-95 % erzielt wurde. Bei den anwendungsspezifisch variablen Aufwandmengen der Präparate Atlantis OD (Mesosulfuron + Iodosulfuron), Attribut (Propoxycarbazone) und Broadway (Pyroxulam + Florasulam) wurde zudem die praxisübliche Aufwandmenge berücksichtigt. Die Behandlungen wurden mit vier bis fünf Wiederholungen durchgeführt.

Nach der Herbizidapplikation wurden die Pflanzen für eine Wirkungsperiode von i.d.R. 21 Tagen in ein Gewächshaus verlagert. Gegenüber der Klimakammer wurde die Tagestemperatur auf 16 °C abgesenkt. Die Feuchtigkeit 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.

Tab. 1 Im Resistenztest verwendete Herbizide.**Tab. 1** *Herbicides used in the resistance test.*

Präparat	Wirkstoff	Standard-dosis	Prüfkonzentrationen			Applikations-termin
Handelsname	a.i.	a.i. g/ha	(% Standarddosis)			BBCH
			50	100	200	
Stomp Aqua	Pendimethalin	2002,00	-	●	●	00
Cadou SC	Flufenacet	250,00	●	●	-	00
Arelon Top	Isoproturon	1500,00	●	●	●	10-11
Lentipur 700	Chlortoluron	2100,00	●	●	●	10-11
Lexus*	Flupyr-sulfuron	9,26	-	●	●	10-11
Attribut	Propoxycarbazone	53,07	●	●	●	10-11
Atlantis OD	Mesosulfuron	9,72	●	●	●	12
	+ Iodosulfuron	+ 1,86				
Axial 50	Pinoxaden	60,00	-	●	●	12
Broadway*	Pyroxulam	15,03	●	●	●	12
	+ Florasulam	+ 5,02				
Ralon Super*	Fenoxaprop-P	76,32	-	●	●	12
Topik 100	Clodinafop	53,46	-	●	●	12
Focus Ultra	Cycloxydim	200,00	-	●	-	12

*) in Kombination mit präparatespezifischen Formulierungshilfsstoff; ● = Prüfkonzentration angewendet;
 = Prüfkonzentration nicht angewendet; BBCH = Skala für das phänologische Pflanzen-Entwicklungsstadium

Für die Bewertung der Herbizidsensitivität der Prüferkünfte 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 mitgeprüften 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 der Behandlung mit der Standarddosis verwendet. Bei einem Wirkungsergebnis in der Stufe 1 liegt die Herbizidsensitivität der jeweiligen Prüferkunft im Bereich der sensitiven Vergleichsherkunft. Ab der Stufe 2 dieser Klassifikation werden Herkünfte zwar bereits als „resistent“ bezeichnet, für die Resistenzeinstufung der Prüferkünfte wurde die Stufe 2 jedoch als intermediär mit einem Verdacht auf Herbizidresistenz bewertet. Biotypen, die im Test die Stufen 3-5 erreichten, wurden gegenüber dem jeweiligen Herbizid als resistent bis hoch resistent eingestuft.

3. Ergebnisse

Im Untersuchungszeitraum von 2004 bis 2010 ist eine kontinuierliche, progressive Zunahme der Resistenzfälle bei den untersuchten Biotypen bzw. Herkünften gegenüber verschiedenen Herbiziden festzustellen. Bei einem jährlichen Prüfumfang von ca. 40 Resistenzuntersuchungen kann daher von einer zunehmend ansteigenden Resistenzdynamik bei Ackerfuchsschwanz ausgegangen werden.

Im Vergleich der verschiedenen Herbizide sind seit 2007 die ACCase-Hemmer Fenoxaprop-P (Ralon Super[®]) und Clodinafop (Topik 100[®]), mit einem Anteil von 32 bzw. 18 % der geprüften Herkünfte, besonders stark von Herbizidresistenz bei Ackerfuchsschwanz betroffen. Eine demgegenüber relativ schwächere Resistenzbelastung wurde für Pinoxaden (Axial 50[®]) und Flupyr-sulfuron (Lexus) mit einer Häufigkeit von 12 bzw. 14 % festgestellt. Eine relativ geringe Resistenzbelastung zeigen bisher Propoxycarbanone (Attribut[®]), Pendimethalin (Stomp Aqua[®]) und Chlortoluron (Lentipur 700[®]) mit einem Resistenzanteil von 6 bis 8 % der untersuchten Herkünfte. Bei Pyroxulam (Broadway[®]), Mesosulfuron (Atlantis[®]) und Isoproturon (Arelon Top[®]) wurden nur in Einzelfällen Resistenzen nachgewiesen. Gegenüber Flufenacet (Cadou SC[®]) wurde bisher keine Ackerfuchsschwanz-Herkunft als resistent eingestuft.

Tab. 2 Resistenzhäufigkeit im Vergleich der untersuchten Herbizide im Durchschnitt der Jahrgänge 2004 bis 2010 (n = 296 Herkünfte).

Tab. 2 *Rate of herbicide resistance in case of the evaluated herbicides as an average of the years 2004 till 2010 (n = 296 origins).*

Präparat	Wirkstoff	Anteil herbizidresistenter Herkünfte
Handelsname	a.i.	%
Ralon Super	Fenoxaprop-P	32
Topik 100	Clodinafop	18
Lexus	Flupyrsulfuron	14
Axial 50	Pinoxaden	12
Attribut	Propoxycarbazone	8
Stomp Aqua	Pendimethalin	7
Lentipur 700	Chlortoluron	6
Arelon Top	Isoproturon	1
Atlantis OD	Mesosulfuron + Iodosulfuron	1
Broadway	Pyroxsulam + Florasulam	1
Cadou SC	Flufenacet	0

In Bezug auf die jeweilige Wirkmechanismusgruppe sind ACCase-Hemmer-Herbizide (HRAC: A), mit einer Resistenzhäufigkeit von über 60 %, am eindeutig stärksten betroffen. Bei einem Anteil von 24 % resistenter Herkünfte gegenüber Herbiziden aus der Gruppe der ALS-Hemmer (HRAC: B) darf die Gefährdung dieser wichtigen Herbizidgruppe allerdings auf keinen Fall unterschätzt werden. Am unproblematischsten erscheint die Resistenzsituation bei den primär bodenaktiven Herbiziden aus der HRAC-Gruppe K und C mit einer Resistenzhäufigkeit von 0-7 %.

Da nur in wenigen Einzelfällen zusätzliche, molekularbiologische Untersuchungen hinsichtlich einer gegebenenfalls vorhandenen Target-Site-Resistenz durchgeführt wurden, kann keine klare Aussage zum jeweiligen Resistenzmechanismus bzw. zu einem eventuell vorhandenen Anteil an Biotypen mit Target-Site-Resistenz in den verschiedenen Populationen getroffen werden. Aufgrund der vorwiegend dosisabhängigen Reaktion der resistenten Herkünfte im Biotest kann allerdings angenommen werden, dass die metabolische Resistenz noch der vorrangige Resistenzmechanismus ist. Bisher trat nur eine Herkunft mit einer hohen Resistenz gegenüber Cycloxydim (Focus Ultra®) im Biotest auf, die sich durch eine weitere molekularbiologische Untersuchung als Target-Site-Resistenz gegenüber ACCase-Hemmern bestätigte.

Tab. 3 Häufigkeit der Herbizidresistenz je nach Wirkmechanismusgruppe.

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

Herbizid	HRAC	Anteil herbizidresistenter Herkünfte
Wirkmechanismus	Code	%
ACCCase-Hemmer	A	61
ALS-Hemmer	B	25
Photosystem-II-Hemmer	C	7
Zellwachstums-Hemmer	K	7

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

Die Verteilungshäufigkeit der Resistenzfälle bei Ackerfuchsschwanz zeigt eine gewisse Häufung in den Regionen nördliches Schwaben, westliches Mittelfranken und nordwestliches Oberfranken. Diese Gebiete zeichnen sich durch einen bereits sehr langen Ackerfuchsschwanzbefall und höheren Besatzdichten der betroffenen Ackerflächen aus. Außerdem handelt es sich um Regionen mit einem

intensiven Ackerbau mit relativ hohen Wintergetreideanteilen in den Fruchtfolgen.

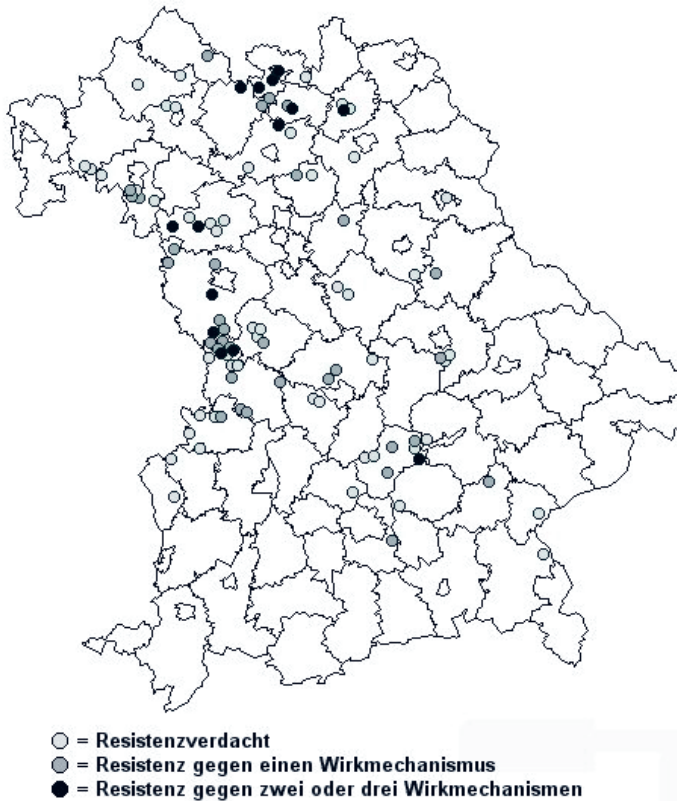


Abb. 1 Verteilung herbizidresistenter Ackerfuchsschwanz-Herkünfte in Bayern aus den Resistenzuntersuchungen von 2004 bis 2010 (n = 296).

Fig. 1 Distribution of herbicide resistant black-grass in Bavaria from the resistance tests of 2004 till 2010 (n = 296).

4. Diskussion

Die Entwicklung und Situation der Herbizidresistenz von Ackerfuchsschwanz zeigt deutliche Zusammenhänge zu der zurückliegenden und aktuellen Produktionspraxis in Bayern. Der in den 1970er Jahren übliche, intensive Einsatz von Chlortoluron zur Ungrasbekämpfung wird immer noch mit einer Resistenzhäufigkeit von 6 % in den untersuchten Ackerfuchsschwanz-Herkünften nachgewiesen, obwohl das Herbizid über längere Zeit nicht mehr zur Anwendung kam. Die betroffenen Populationen verfügen offensichtlich über ein ausdauerndes „genetisches Gedächtnis“ hinsichtlich des relativ lange zurückliegenden Selektionsprozesses. Die in den 1990er Jahren in der Praxis wesentlich intensiver diskutierte IPU-Resistenz lässt sich dagegen nur sehr begrenzt durch die Resistenzuntersuchungen bestätigen. Die häufig vermutete Feldresistenz wird ggf. zu einem großen Teil auch von anwendungstechnischen Faktoren bestimmt. Letztlich ist bei den Besatzdichten auch eine signifikante Zunahme im Verlauf der letzten 10 bis 15 Jahre auf typischen Ackerfuchsschwanz-Standorten aufgetreten und das Wirkungspotenzial von IPU ist nicht mit dem neuerer Herbizide aus z.B. der Gruppe der ALS-Hemmer vergleichbar. Eine eher überraschende Situation ist die faktisch nicht vorhandene Kreuzresistenz zwischen IPU und CTU. Da es sich um chemisch sehr ähnliche Wirkstoffe mit einem gleichartigen Wirkmechanismus handelt, ist zu vermuten, dass neben der metabolischen Resistenz weitere Resistenzmechanismen an der wirkstoffspeifischen

Resistenzentwicklung beteiligt sind. Bei der, mit einem Anteil von 7 %, überschaubaren Resistenz gegenüber Pendimethalin liegt der Schluss hinsichtlich einer langjährigen metabolischen Anpassung bei den betroffenen Populationen sehr nahe. Der Wirkstoff verfügt in der registrierten Standardaufwandmenge über keine ausreichende Ackerfuchsschwanzwirkung im Nachaufverfahren und dennoch ist Pendimethalin eine häufige Tankmischungskomponente mit stark reduzierten Aufwandmengen. Aufgrund der Kombination mit verschiedenen, blattaktiven Gräserherbiziden wurde in der Praxis die ggf. vorhandene Resistenz gegenüber Pendimethalin dennoch nicht auffällig. Die erste „große Welle“ mit Resistenzproblemen betraf das rein blattaktive Gräser-Spezialherbizid Fenoxaprop-P. Aufgrund der hohen Anwendungshäufigkeit und der gleichzeitig starken Resistenzgefährdung der ACCase-Wirkmechanismusgruppe wurde eine Resistenzquote von 32 % festgestellt. Clodinafop und Pinoxaden sind zwar mit einem Anteil von 18 bzw. 12 % auch deutlich betroffen, aber aufgrund der im Vergleich niedrigeren Einsatzhäufigkeit wesentlich schwächer als Fenoxaprop-P. Durch die, aufgrund der Selektivität erforderlichen hohen Anwendungshäufigkeit von Pinoxaden im Gerstenanbau kann sich bei diesem Wirkstoff aber noch eine verstärkte Resistenzdynamik in den nächsten Jahren entwickeln. Die ersten Resistenzen gegenüber ALS-Hemmern sind nahezu zeitgleich bei Flupyrsulfuron und Propoxycarbazone aufgetreten. Trotz einer Resistenzquote von 8 % ist bei Propoxycarbazone eine wesentlich schwächere Resistenzdynamik als im Vergleich zu Flupyrsulfuron vorhanden. Als Erklärung kann die ehemals hohe Einsatzhäufigkeit aufgrund der günstigen Präparatekosten herangezogen werden. Damit hat sich die vergleichsweise hohe Vorzüglichkeit sehr schnell als negativer Faktor hinsichtlich der Resistenzentwicklung für dieses Herbizid herausgestellt. Aufgrund der aktuell hohen Einsatzhäufigkeit kann für Atlantis und Broadway eine vergleichbar negative Entwicklung befürchtet werden.

Die im Vergleich zu anderen Ackerfuchsschwanz-Regionen Deutschlands in Bayern relativ moderate Resistenzdynamik kann zum großen Teil mit der vielfältigen Anbaupraxis erklärt werden. In vielen Fällen sind es eher betriebsspezifische Faktorkombinationen, die zu einer problematischen Resistenzentwicklung geführt haben. Der aber zunehmende Trend zu kurzfristig ökonomisch vorteilhaften Anbausystemen mit monotonen Fruchtfolgen, minimierter Bodenbearbeitung und einseitigen Herbizidbehandlungskonzepten lässt dennoch einen weiter ansteigenden Trend in der Entwicklung der Herbizidresistenz bei Ackerfuchsschwanz befürchten.

Literatur

CLARKE, J.H., A.M. BLAIR AND S.R. MOSS, 1994: THE TESTING AND CLASSIFICATION OF HERBICIDE RESISTANT *ALOPECURUS MYOSUROIDES* (BLACK-GRASS). ASPECTS OF APPLIED BIOLOGY **37**, 181-188.