

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

Situation and 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@fl.bayern.de

DOI 10.5073/jka.2018.458.017



Zusammenfassung

Acker-Fuchsschwanz (*Alopecurus myosuroides*) ist eines der wichtigsten Leitunggräser 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 Mähdeschereinsatz, 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 2016 wurden zunehmend multiresistente Populationen gegen verschiedene Herbizid-Wirkmechanismen nachgewiesen. Bei den seit 2012 zusätzlich durchgeführten molekulargenetischen Untersuchungen wurden regelmäßig Wirkortresistenzen gegen ACCase- und ALS-Inhibitoren bestätigt. In Einzelfällen treten multiple Wirkortresistenzen gegen die beiden wichtigsten Herbizidklassen auf.

Stichwörter: Kreuzresistenz, multiple Resistenz, Resistenzmanagement, Ungrasbekämpfung

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 with more 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 the last 20 years. The black-grass herbicide resistance is well observed by the official plant protection service of Bavaria. A wide experience of resistance tests shows the development of resistant black-grass. At the beginning of the test period in 2004 resistance to ACCase-Inhibitors was most important. Currently a selection pressure for resistance to ALS-Inhibitors is the greatest problem. During the course of the test program multiple resistance and multiple target-site resistance occurs increasingly.

Keywords: Cross resistance, grass weed control, herbicide resistance management, multiple resistance

Einleitung

Acker-Fuchsschwanz ist in vielen Ackerbauregionen Bayerns das entscheidende Leitunggras für die Gestaltung erforderlicher Herbizidbehandlungskonzepte im Wintergetreideanbau, in Winterraps und im Maisanbau. Die Notwendigkeit für eine 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 der Entwicklung der Resistenzdynamik 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. betriebspezifischen 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 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 % OS, pH 7,2). 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 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 prüfendem 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 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® (Pyroxulam + Florasulam) wurde die in Bayern praxisübliche Aufwandmenge als Standarddosis berücksichtigt. Das in Getreide nicht selektive Graminizid Focus Ultra® (Cycloxydim) wurde als Indikator für Wirkortresistenz verwendet. Die Behandlungen wurden mit vier bis fünf Wiederholungen durchgeführt.

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

Nach der Herbizidapplikation wurden die Pflanzen für eine Wirkungsperiode von i.d.R. 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.

Tab. 1 Im Resistenztest in 2016 eingesetzte Herbizide.

Tab. 1 *Herbicides used in 2016 in the resistance test.*

Präparat Handelsname	Wirkstoff a.i.	Standard- dosis g/ha	Prüfkonzentrationen (% Standarddosis)			Applikations- termin BBCH
			50	100	200	
Cadou SC	Flufenacet	250,00	☑	☑	-	00
Lentipur 700	Chlortoluron	2100,00	☑	☑	☑	10-11
Lexus + Trend*	Fluprimsulfuron	9,26	-	-	☑	10-11
Attribut	Propoxycarbazone	53,07	☑	☑	☑	10-11
Atlantis OD	Mesosulfuron	9,72				
	+ Iodosulfuron	+ 1,86	☑	☑	☑	12
Axial 50	Pinoxaden	60,00	-	☑	☑	12
Broadway + FHS*	Pyroxulam	15,03				
	+ Florasulam	+ 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

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 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 Prüferkunft 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 2016 wurden 463 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), wobei ein erheblicher Unterschied zwischen Sword® (Clodinafop) und Axial 50® (Pinoxaden) gegenüber dem in Getreide nicht-selektiven Focus Ultra® (Cycloxydim) besteht. In der Gruppe der ALS-Inhibitoren tritt eine deutliche Abstufung hinsichtlich der Resistenzbelastung in der Reihenfolge Lexus® (Fluprimsulfuron) > Attribut® (Propoxycarbazone) > Atlantis OD® (Mesosulfuron + Iodosulfuron) > Broadway® (Pyroxulam + 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 Ackerfuchsschwanzbekämpfung im Maisanbau, in das Prüfset aufgenommen. Das einzige, aktuell im

Prüfset vorhandene Präparat aus der Gruppe der PSII-Inhibitoren, Lentipur 700® (Chlortoluron), weist einen 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. Die Prüfung von Fenoxaprop-P und Isoproturon wurde in 2016 aufgrund der ausgelaufenen Zulassung eingestellt. Für das Herbizid Cadou SC® (Flufenacet) aus der Gruppe der Zellwachstumshemmer wurde bisher keine Herbizidresistenz bei Acker-Fuchsschwanz in Bayern nachgewiesen (Tab. 2).

Tab. 2 Resistenzhäufigkeit im Vergleich der aktuell untersuchten Herbizide im Mittel der Untersuchungs-jahrgänge 2004 bis 2016 (n = 463 Herkünfte).

Tab. 2 Rate of herbicide resistance in case of current evaluated herbicides averaged over tests conducted 2004 - 2016 (n = 463 biotypes).

Präparat (Handelsname)	Wirkstoff (a.i.)	Anteil resistenter Herkünfte (%)
Lexus + Trend*	Flupyrsulfuron	16,9
Sword	Clodinafop	15,4
Axial 50	Pinoxaden	14,2
Attribut	Propoxycarbazone	10,1
Lentipur 700	Chlortoluron	5,9
Atlantis OD	Mesosulfuron + Iodosulfuron	5,7
Broadway + FHS*	Pyroxsulam + Florasulam	3,5
Focus Ultra	Cycloxydim	2,0
Kelvin OD	Nicosulfuron	0,7
Cadou SC	Flufenacet	0,0

*präparatespezifischer Formulierungshilfsstoff

In Bezug auf die jeweilige Wirkmechanismusgruppe sind im Verlauf des gesamten Untersuchungszeitraums ACCase-Inhibitoren (HRAC: A), mit einer Resistenzhäufigkeit von 54 %, eindeutig am stärksten betroffen (Tab. 3). Bei einem Anteil von 37 % 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 bodenaktive Herbizide aus der Gruppe der Photosystem-II-Inhibitoren (HRAC: C2; Wirkstoffe: Isoproturon und Chlortoluron) und der Zellwachstumshemmer (HRAC: K3; Wirkstoffe: Flufenacet und Pendimethalin) sind mit einer Häufigkeit von 7 % und 3 % nur nachrangig von Herbizidresistenz betroffen.

Tab. 3 Häufigkeit der Herbizidresistenz je nach Wirkmechanismusgruppe.

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

Herbizid- Wirkmechanismus	HRAC- Code	Anteil resistenter Herkünfte (%)
ACCCase-Inhibitoren	A	54
ALS-Inhibitoren	B	37
Photosystem-II- Inhibitoren	C2	7
Zellwachstumshemmer	K3	3

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

Für die Gruppe der Zellwachstums-Inhibitoren muss erwähnt werden, dass bis zum Untersuchungs-jahrgang 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.

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. In den Untersuchungen bestätigte sich bei 45 % der Proben ein Resistenzverdacht mit Wirkungsergebnissen in den Klassen 3-5. Der Anteil an Herkünften mit deutlicher bis sehr hoher Resistenz nahm im Verlauf der Untersuchungsperiode zu (Abb. 1). Herbizidresistenz gegenüber einem einzigen Wirkmechanismus wurde bei 57 % der positiv geprüften Herkünfte festgestellt. Hierbei handelte es sich vorwiegend um Resistenz gegen ACCase-Inhibitoren (44 %). Ausschließliche Resistenz gegen die Wirkmechanismusgruppen ALS- bzw. PS-II-Inhibitoren kommt mit einer Häufigkeit von 9 bzw. 2 % der resistenten Herkünfte dagegen nur begrenzt bzw. in geringen Umfang vor. Herbizidresistenz gegenüber zwei bzw. drei Wirkmechanismen konnte in 29 % bzw. 12 % der resistenten Herkünfte nachgewiesen werden. Bei multiplen Resistenzen gegenüber zwei verschiedenen Wirkmechanismen handelt es sich vorwiegend (83 %) um Resistenz gegen ACCase- und ALS-Inhibitoren, während multiple Resistenzen gegen drei Wirkmechanismen in 92 % der Fälle ACCase-, ALS- und PSII-Inhibitoren betreffen.

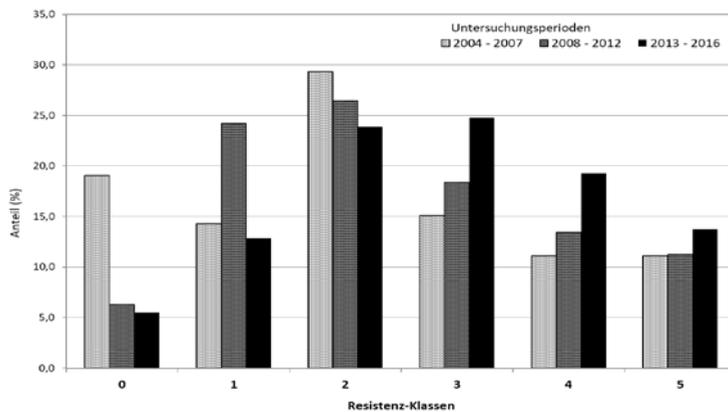


Abb. 1 Resistenzklassen-Anteil im Untersuchungszeitraum.

Fig. 1 Percentage of resistance rank classes during test period.

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, 2014, 2015, 2016). Bei 60 % bzw. 50 % der geprüften Herkünfte konnte eine Wirkortresistenz gegenüber ACCase- bzw. ALS-Inhibitoren nachgewiesen werden. Bei 11 % der Herkünfte handelte es sich um multiple Wirkortresistenz gegen ACCase- und ALS-Inhibitoren. Im Fall von ACCase-Wirkortresistenz dominierte die Mutation der Position Ile-1781 (72 % der geprüften Herkünfte). Bei ALS-Wirkortresistenz handelte es sich vorwiegend um eine Mutation an der Position Trp-574 (Abb. 2).

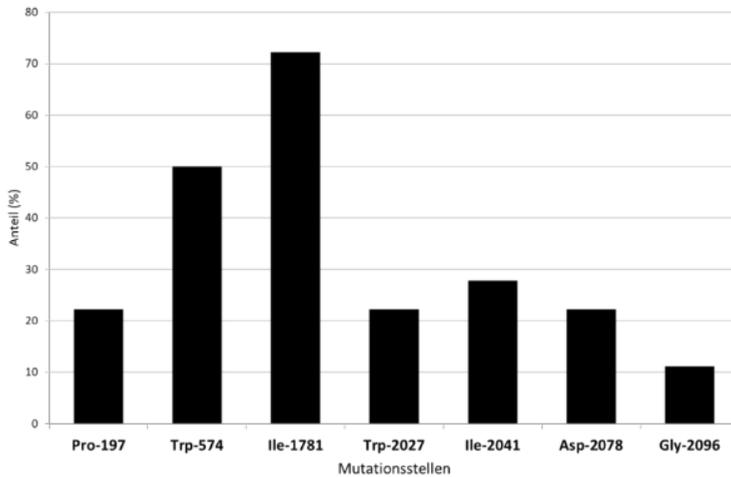


Abb. 2 Wirkortresistenz bei Acker-Fuchsschwanz in Bayern - Anteil unterschiedlicher Mutationsformen.

Fig. 2 Target site resistance of Black-Grass in Bavaria - Percentage of different types of mutation.

Die Anzahl der jährlich eingereichten Proben zur Resistenzuntersuchung lag im Bereich von 17 bis 79 Herkünften je Untersuchungsjahrgang. Die höchste Probenanzahl hatten die Jahrgänge 2008 und 2009. In diesen beiden Jahren wurde neben den Verdachtsproben ein Monitoring mit Probenauswahl unabhängig von einem konkreten Resistenzverdacht durchgeführt. Ansonsten war die Anzahl der jährlichen Proben auch von der jahrgangsspezifischen Bekämpfungsleistung gegen Acker-Fuchsschwanz in der Anbaupraxis beeinflusst. Eine Abhängigkeit der Resistenzintensität von der Anzahl der Proben je Jahrgang oder von der Art der Probe (Verdachts- vs. Monitoringproben) konnte jedoch nicht festgestellt werden. Im Verlauf des Untersuchungszeitraums konnte vielmehr eine diskontinuierliche Steigerung der Resistenzintensität im Mittel der Herkünfte und Jahrgänge nachgewiesen werden (Abb. 3). Eine Varianzanalyse der Untersuchungsergebnisse mittels Kruskal-Wallis One-Way ANOVA ergab signifikante Unterschiede in der Resistenzintensität im Vergleich der Jahrgänge. Der Jahrgangseffekt war hierbei allerdings nicht kontinuierlich im chronologischen Verlauf, wengleich der Jahrgang 2004 das niedrigste Resistenzniveau und die Jahrgänge 2015 und 2016 die höchsten Resistenzgrade aufwiesen. Im Trend zeigt sich eine deutliche Zunahme der Resistenz im zeitlichen Verlauf.

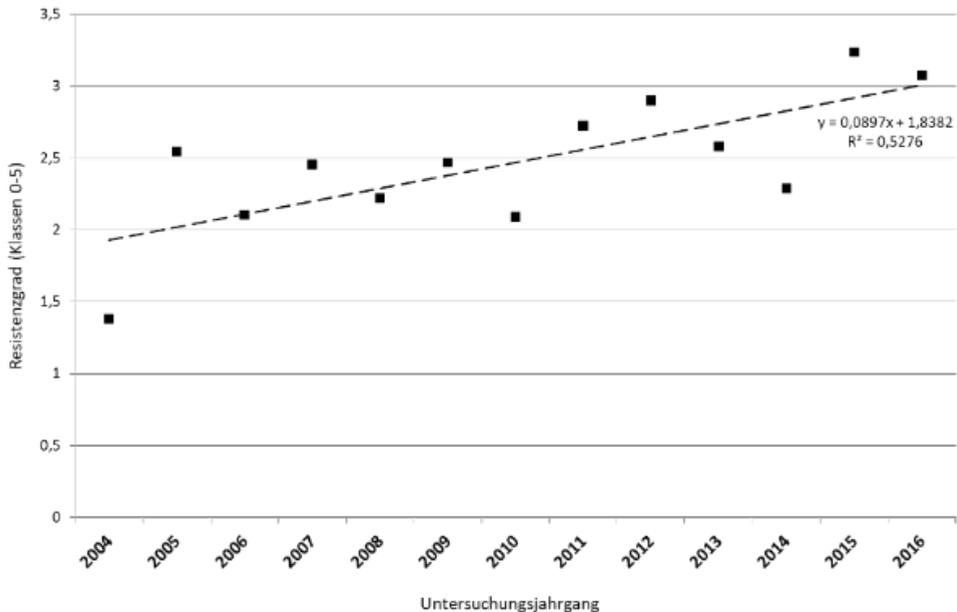


Abb. 3 Entwicklung der Resistenzintensität im Untersuchungszeitraum; Maximale Resistenz je Biotyp als Mittelwert je Untersuchungsjahrgang und Trend.

Fig. 3 Development of herbicide resistance during the test period.

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). Präparate wie Ralon Super® (Fenoxaprop-P) und Topik® (Clodinafop) haben inzwischen aufgrund von resistenzbedingtem Verlust der Wirkungssicherheit keine Bedeutung mehr für die Acker-Fuchsschwanzbekämpfung. Ein hohes Risiko besteht für Axial 50® (Pinoxaden), da dieses Herbizid für die Bekämpfung von Acker-Fuchsschwanz in der Gerste unverzichtbar ist. 17 % der untersuchten Acker-Fuchsschwanz-Proben hatten eine deutliche bis sehr hohe Resistenz (Klasse 3-5) gegenüber Pinoxaden. 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 zu Biotypen und Populationen mit entsprechenden Resistenzeigenschaften. Der im Maisanbau vorwiegend zur Bekämpfung von Acker-Fuchsschwanz eingesetzte ALS-Inhibitor Nicosulfuron wurde aufgrund von Verdachtsfällen im Jahr 2016 erstmals in das Prüfset aufgenommen. 12,5 % der in 2016 untersuchten Herkünfte zeigten eine deutliche bis hohe Resistenz (Klasse 3-4) gegenüber 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 ineffektiv geworden (Fenoxaprop-P, Clodinafop) oder werden nur noch als Komponenten mit Nebenwirkung in Behandlungskonzepten verwendet (z.B. Flupyrsulfuron). 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 und 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 und 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 und S. THYSSEN, 2012: Herbizidresistenz bei *Alopecurus myosuroides* Huds. in Bayern. *Julius-Kühn-Archiv* **434**, 128-132.
- GEHRING, K. und S. THYSSEN, 2014: Herbizideinsatz gegen schwer bekämpfbaren, herbizidresistenten Acker-Fuchsschwanz (*Alopecurus myosuroides* Huds.) in Winterweizen (*Triticum aestivum* L.). *Julius-Kühn-Archiv* **443**, 311-319.
- GEHRING, K., T. FESTNER und S. THYSSEN, 2016: Entwicklung der Herbizidresistenz bei Acker-Fuchsschwanz (*Alopecurus myosuroides*) in Bayern. *Julius-Kühn-Archiv* **452**, 412-417.
- IDENTXX, 2014: Molekulargenetische Untersuchung zur Wirkortresistenz bei Acker-Fuchsschwanz. Unveröffentlicht.
- IDENTXX, 2015: Molekulargenetische Untersuchung zur Wirkortresistenz bei Acker-Fuchsschwanz. Unveröffentlicht.
- IDENTXX, 2016: Molekulargenetische Untersuchung zur Wirkortresistenz bei Acker-Fuchsschwanz. Unveröffentlicht.
- UNISTAT LIMITED, 2015: User's Guide, Version 6.5. London, UK, 1244 p.
- ZWERGER, P., B. AUGUSTIN, J. BECKER, CH. 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.