

Entwicklung von Acker-Fuchsschwanz (*Alopecurus myosuroides*) unter verschiedenen Herbizidbehandlungssystemen und Bodenbearbeitungsverfahren

Development of black-grass (Alopecurus myosuroides) in regard to different herbicide systems and soil management treatments

Klaus Gehring^{*}, Stefan Thyssen, Thomas Festner

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

^{*}Korrespondierender Autor, klaus.gehring@lfl.bayern.de



DOI 10.5073/jka.2016.452.051

Zusammenfassung

Am Standort Pettenbrunn, nördlich von Freising, wurde im Jahr 2011 ein Dauerversuch in einer Winterweizen-Monokultur zur Überprüfung der Populations- und Resistenzdynamik bei Acker-Fuchsschwanz (*Alopecurus myosuroides*) begonnen. Als Prüfvarianten wurden vier unterschiedliche Herbizidregime und zwei verschiedene Bodenbearbeitungsverfahren durchgeführt. Die beiden Bodenbearbeitungsverfahren unterschieden sich durch eine wendende bzw. nicht-wendende Grundbodenbearbeitung. Als Erhebungen wurde die Besatzdichte an Acker-Fuchsschwanzpflanzen und Acker-Fuchsschwanzähren in den Behandlungsflächen und in unbehandelten Kontrollflächen festgestellt. Außerdem wurde anhand von Samenproben aus unbehandelten Kontrollflächen ein Biotest zur Überprüfung der Herbizidresistenz durchgeführt. Die Ergebnisse der Besatzdichteerhebungen und der Resistenzuntersuchungen werden für den Versuchszeitraum 2011 bis 2015 dargestellt und auf der Basis einer Rangfolgeanalyse statistisch bewertet. Hinsichtlich der Entwicklung der Besatzdichte von Acker-Fuchsschwanz hatte die Art der Bodenbearbeitung einen signifikanten Einfluss. Die untersuchten Herbizidregime hatten lediglich auf den Besatz mit ährentragenden Halmen in der behandelten Fläche einen signifikanten Einfluss. In der Faktorkombination verursachte das Bodenbearbeitungsverfahren signifikante Unterschiede in der Besatzdichte. Innerhalb der nicht wendenden Bodenbearbeitung traten zusätzlich Differenzierungen zwischen den Herbizidregimen auf. Die Resistenzuntersuchungen zeigten einen signifikanten Einfluss des Bodenbearbeitungsverfahrens, während zwischen den Herbizidregimen keine Differenzierung auftrat. In der Faktorkombination aus Bodenbearbeitung und Herbizidregime traten spezifische Differenzierungen auf. Für die im Resistenztest geprüften Herbizide traten signifikante Differenzierungen zwischen den einzelnen Wirkstoffen und Wirkmechanismusgruppen auf. Die Ergebnisse zeigen eine Entwicklung der Populationsdynamik und Herbizidresistenz im Zusammenhang mit den Prüffaktoren, die offensichtlich noch nicht abgeschlossen ist und noch weiter untersucht werden muss.

Stichwörter: Besatzdichte, Dauerversuch, Herbizidresistenz

Abstract

In 2011, a long-term field trial started in a winter wheat monoculture at Pettenbrunn, north of Freising, to examine the population and resistance dynamic of black-grass (*Alopecurus myosuroides*). Four different herbicide regimes and two different tillage methods were used as test factors. The two tillage methods were differentiated by a ploughing vs. non-ploughing primary soil tillage treatment. For the purpose of surveying of black-grass, the density of black-grass plants and seed heads in the treatment areas and in untreated control plots was assessed. In addition, a biotest to examine the herbicide resistance status was carried out using seed samples from untreated control areas. The results of the plant density survey and the resistance examinations are presented for the experiment period 2011 to 2015 and evaluated statistically on the basis of a ranking analysis. With regard to the development of the plant density of black-grass, the type of tillage had a significant influence. The herbicide regimes tested had a significant influence only on the number of seed heads in the treated area. In the factor combination, the method of tillage caused significant differences in plant density. In addition, there were also differences between the herbicide regimes within the non-ploughed plots. The resistance examinations showed a significant influence of the tillage method, while no differentiation emerged between the herbicide regimes. Specific differentiation occurred in the factor combination of tillage and herbicide regime. For the herbicides tested for resistance, significant differentiation occurred between the individual active ingredients and mode of action groups. The results show a development of the population dynamic and herbicide resistance in connection with the test factors, which are obviously not concluded and which must be further examined.

Keywords: Herbicide resistance, long-term trial, plant density

Einleitung

Acker-Fuchsschwanz zählt zu den wichtigsten Leitunggräsern im Ackerbau in Bayern. Die Befallsflächen und Besatzdichten haben sich zunehmend weiterentwickelt. Als weitere Problematik erschwert die Entwicklung von herbizidresistenten Populationen die Möglichkeiten der chemischen Regulierung.

Fruchtfolgen werden im Ackerbau primär nach wirtschaftlichen Aspekten bzw. dem Marktleistungspotenzial der einzelnen Kulturen gestaltet. Für die Anbaupraxis sind daher das Bodenbearbeitungsverfahren und die Ausgestaltung der Herbizidbehandlung die wesentlichen Faktoren für eine nachhaltige Regulierung von Acker-Fuchsschwanz.

Um den Einfluss von alternativen Bodenbearbeitungsverfahren und Herbizidbehandlungskonzepten auf die Entwicklung von Acker-Fuchsschwanz unter bayerischen Standortbedingungen zu untersuchen, wurde 2011 ein Dauerversuch am Standort Pettenbrunn im Landkreis Freising gestartet. Nach vier Vegetationsperioden in einer Winterweizen-Monokultur besteht die Möglichkeit zur Analyse des Einflusses der Prüffaktoren auf die Entwicklung von Acker-Fuchsschwanz. Die nachfolgende Auswertung kann als Zwischenbilanz betrachtet werden, da insbesondere in Bezug auf die Resistenzdynamik noch Entwicklungspotenzial besteht.

Material und Methoden

Feldversuch

Der Versuchsstandort in der Gemarkung Pettenbrunn (4478682.5 RW, 5365741.25 HW) im Landkreis Freising liegt auf einer Meereshöhe von 485 m ü. NN. Der mittlere Jahresniederschlag beträgt 815 mm, die Jahresmitteltemperatur liegt bei 7,7 °C. Der Boden am Standort im Tertiären Hügelland ist eine Parabraunerde aus Lößlehm (17 % Ton, 79 % Schluff, 1,8 % C_{org}, 6,6 pH_{CAL}, 18 mg/kg P₂O₅, 29 mg/kg K₂O). Der Versuch wurde mit der Aussaat von Winterweizen im Jahr 2011 gestartet und seitdem als Winterweizen-Monokultur fortgeführt. Die Aussaat erfolgte im Zeitraum von Ende September bis Anfang Oktober. Es wurden für die Region empfohlene Sorten verwendet. Die Aussaat erfolgte in der sorten- und saatezeit-spezifischen Saatstärke mit einer Kreisselege-Sämaschinenkombination. Der Besatz mit Acker-Fuchsschwanz lag im Frühjahr 2012 im Mittel bei 380 Pfl./m² in den Parzellen mit wendender Bodenbearbeitung und bei durchschnittlich 790 Pfl./m² in den Parzellen mit nicht-wendender Bodenbearbeitung. Die Resistenzuntersuchung der Ausgangspopulation zeigte eine verminderte Sensitivität gegenüber Flupyrsulfuron (Resistenzklasse: 1, nach Moss et al., 1999) und eine verminderte Sensitivität bis mittlere Resistenz gegenüber ACCase-Inhibitoren (Resistenzklasse – Pinoxaden: 1, Clodinafop: 2, Fenoxaprop-P: 3).

Der Versuch wurde zweifaktoriell mit den Prüffaktoren Bodenbearbeitung und Herbizidmanagement auf Großparzellen mit jeweils 360 m² ohne Wiederholung angelegt. Die vier untersuchten Herbizidbehandlungsverfahren bestanden aus Anwendungen im Sinne der guten fachlichen Praxis zur gezielten Vermeidung der Resistenzentwicklung (GFP), aus Standardbehandlungen mit einer möglichst günstigen Kosteneffizienz (Std.) und aus zwei Verfahren mit bevorzugter Anwendung von Herbiziden aus der Gruppe der ACCase-Inhibitoren (HRAC: A) bzw. ALS-Inhibitoren (HRAC: B). Je Großparzelle wurden vier bzw. fünf unbehandelte Kontrollflächen mit einer Größe von jeweils 4,5 m² angelegt. Die Position der Kontrollflächen wechselte von Jahr zu Jahr. Sie dienten für die Erhebung der Besatzdichte und für die Samenprobenahme zur Resistenzuntersuchung.

Tab. 1 Prüfvarianten des Dauerversuchs.

Tab. 1 Test variables of the long-term trial.

Faktor, Bezeichnung	Beschreibung
1 Bodenbearbeitungsverfahren	
1.1 Pflug	Grundbodenbearbeitung wendend (Pflugfurche)
1.2 Grubber	Grundbodenbearbeitung nicht wendend (tief-mischend mit Grubber)
2 Herbizidmanagement	
2.1 GfP	Herbizidauswahl und Wirkstoffeinsatz nach guter fachlicher Praxis (GfP) zur Vermeidung von Resistenzenentwicklungen und unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Schadschwellen
2.2 Std.	Anwendung von Standardbehandlungen mit einer möglichst günstigen Kosteneffizienz und sicherer Bekämpfungsleistung
2.3 ALS	Regelmäßige Anwendung von ALS-Inhibitoren
2.4 ACC	Regelmäßige Anwendung von ACCase-Inhibitoren

Die Herbizidbehandlungen erfolgten regelmäßig als Nachauflaufbehandlungen im Herbst. Falls die Herbstbehandlungen keine ausreichende Bekämpfungsleistung erzielten, erfolgte eine weitere Spritzfolgebehandlung im Frühjahr. Die Herbizidbehandlungen wurden mit einer handgeführten, selbstfahrenden Pressluftparzellenspritze (Fabrikat Schachtner) mit einer Fahrgeschwindigkeit von 3,9 km/h, einem Arbeitsdruck von 2,0 bar und einer Wasseraufwandmenge von 300 l/ha mit AIRMIX® 11003 Luftinjektordüsen ausgebracht. Als Erhebungen wurden anhand repräsentativer Stichproben (10-20 Auszählungen mit dem Göttinger-Zählrahmen je Erhebung und Variante) die Besatzdichte mit Acker-Fuchsschwanzpflanzen und Acker-Fuchsschwanzähren festgestellt. Die Auszählung der Pflanzendichte erfolgte zum Vegetationsende im Herbst in unbehandelten Kontrollflächen der einzelnen Versuchsvarianten und im Frühjahr nach Vegetationsbeginn in den Kontroll- und Behandlungsflächen. Die Fuchsschwanzährendichte wurde zum Vegetationshöhepunkt in den Kontroll- und Behandlungsflächen ausgezählt. Die Ergebnisse wurden mit Hilfe der Anwendung UNISTAT® 6.5 for Windows™ (UNISTAT LIMITED, 2015) einer Kruskal-Wallis-Rangvarianzanalyse zur Überprüfung von signifikanten Unterschieden unterzogen.

Resistenztest

Die Herbizidresistenz von Samenmischproben aus unbehandelten Kontrollflächen der Versuchsvarianten des Feldversuches 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 Prüfherkünfte 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 aufgetragenen 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/10l 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 (Tab. 2). 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 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 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.

Tab. 2 Im Resistenztest eingesetzte Herbizide.

Tab. 2 *Herbicides used in the resistance test.*

Präparat	Wirkstoff	Standard dosis g/ha	Prüfkonzentrationen (% Standarddosis)			Applikations- termin BBCH
			50	100	200	
Handelsname	a.i.					
Cadou SC	Flufenacet	250,00	☑	☑	-	00
Arelon Top	Isoproturon	1500,00	☑	☑	☑	10-11
Lentipur 700	Chlortoluron	2100,00	☑	☑	☑	10-11
Lexus + Trend*	Flupyrsulfuron	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
Ralon Super + Monfast*	Fenoxaprop-P	76,32	-	☑	☑	12
Topik 100	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 bestimmt.

Für die Bewertung der Herbizidsensitivität wurde eine Resistenzklassifikation verwendet (Moss et al., 1999). 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. Die Vergleichsherkünfte stammen aus einer Mischpopulation des ökologischen Landbaus (sensitiv) und einer multiresistenten Population aus eigener Vermehrung. Feste Wirkungsgrenzen für die einzelnen Klassengrenzen können nicht

definiert 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. Um eine statistische Verrechnung zu ermöglichen wurden die Resistenzklassen den Stufen 0 bis 5 (sensitiv bis hoch resistent) zugeordnet (Tab. 3). Die Ergebnisse wurde mit Hilfe der Anwendung UNISTAT® 6.5 for Windows™ (UNISTAT LIMITED, 2015) einer Kruskal-Wallis-Rangvarianzanalyse zur Überprüfung von signifikanten Unterschieden unterzogen.

Tab. 3 Resistenzklassifikation (nach Moss et al., 1999).

Tab. 3 System for designating resistance (according to Moss et al., 1999).

Resistenzklassen, numerisch	Resistenzklassen, alphanumerisch	Beschreibung
0	S	Sensitiv
1	R?	Resistenzverdacht
2	RR	Resistenz bestätigt, Herbizidwirkungsverluste möglich
3		
4	RRR	Resistenz bestätigt, Herbizidwirkungsverluste sehr wahrscheinlich
5		

Ergebnisse

Die Besatzdichte von Acker-Fuchsschwanz in Form von Pflanzen pro Quadratmeter reagierte bereits in der ersten Vegetationsperiode 2011/12 auf die unterschiedliche Bodenbearbeitung. Die Pflanzendichte lag mit durchschnittlich 608 Pfl./m² im Herbst 2012 in den Varianten mit nicht-wendender Bodenbearbeitung um den Faktor 2,5 höher als in den Varianten mit Pflug-Bodenbearbeitung. Im Mittel der Versuchsperiode 2011-2015 lag die Pflanzendichte bei Auszählungen im Herbst in den unbehandelten Kontrollen mit nicht-wendender Bodenbearbeitung um den Faktor 2 höher als in Varianten mit wendender Bodenbearbeitung (Tab. 4). Die unterschiedlichen Herbizidregime hatten dagegen keinen signifikanten Einfluss auf die Pflanzendichte. In der Faktorkombination aus Bodenbearbeitung und Herbizidregime traten differenzierte Unterschiede in der Pflanzendichte auf. Die relativ höchste Pflanzendichte von durchschnittlich 775 Pfl./m² trat in der Variante mit ACCase-Inhibitor-Behandlungen und nicht-wendender Bodenbearbeitung auf.

Tab. 4 Acker-Fuchsschwanz-Besatzdichte im Herbst in unbehandelten Kontrollen, 2011-2015.**Tab. 4** *Black-grass density in autumn in untreated control, 2011-2015.*

Faktor, Faktorkombination	Median	ALOMY (Pfl./m²) Standardabweichung	Signifikanz*
Pflug (wendend)	306	122	a
Grubber (nicht-wendend)	622	183	b
GfP	445	214	n.s.
Std.	503	216	n.s.
ALS	426	166	n.s.
ACC	526	269	n.s.
Pflug x GfP	327	133	a
Pflug x Std.	306	175	a
Pflug x ALS	302	144	a
Pflug x ACC	298	68	a
Grubber x GfP	630	201	bc
Grubber x Std.	648	150	ab
Grubber x ALS	533	175	bc
Grubber x ACC	775	113	c

*) Kruskal-Wallis ANOVA, t-Verteilung, $\alpha = 0,05$

Die Besatzdichte mit Acker-Fuchsschwanzähren wurde in den Behandlungsvarianten ebenfalls signifikant von der Form der Bodenbearbeitung beeinflusst. Die Anzahl an Acker-Fuchsschwanzähren lag in den Varianten mit nicht-wendender im Vergleich zu wendender Bodenbearbeitung um den Faktor 4 höher (Tab. 5).

Tab. 5 Acker-Fuchsschwanz-Ährendichte im Sommer in Behandlungsvarianten, 2012-2015.**Tab. 5** *Black-grass seed head density in summer in treated variations, 2011-2015.*

Faktor, Faktorkombination	Median	ALOMY (Ähren/m²) Standardabweichung	Signifikanz*
Pflug (wendend)	6	36	a
Grubber (nicht-wendend)	26	81	b
GfP	21	13	ab
Std.	12	28	ab
ALS	3	19	a
ACC	66	107	b
Pflug x GfP	12	14	ab
Pflug x Std.	6	9	ab
Pflug x ALS	2	27	a
Pflug x ACC	9	69	ab
Grubber x GfP	24	13	ab
Grubber x Std.	38	33	bc
Grubber x ALS	5	12	ab
Grubber x ACC	119	118	c

*) Kruskal-Wallis ANOVA, t-Verteilung, $\alpha = 0,05$

Auch die Herbizidregime hatten einen Einfluss auf die Fuchsschwanzährendichte: Die primäre Anwendung von ALS-Inhibitoren erreichte die stärkste Reduktion der Acker-Fuchsschwanzähren, während die Behandlung mit ACCase-Inhibitoren die höchste Fuchsschwanzährendichte aufwies (Tab. 5). Die Faktorkombination aus Bodenbearbeitung und Herbizidregime führte zu einer sehr differenzierten Beeinflussung der Fuchsschwanzährendichte. Die relativ höchste Fuchsschwanzährendichte trat in der Behandlung mit ACCase-Inhibitoren unter nicht-wendender Bodenbearbeitung auf.

Die im Resistenztest festgestellten Resistanzklassen (Moss et al., 1999) waren signifikant von der Art der Bodenbearbeitung abhängig (Tab. 6). Im Mittel über alle geprüften Herbizidregime waren

Varianten mit nicht-wendender Bodenbearbeitung um den Faktor 2 stärker von Herbizidresistenz betroffen als Varianten mit wendender Bodenbearbeitung. Die primäre Behandlung mit ACCase-Inhibitoren war relativ am stärksten von Herbizidresistenz betroffen. Es konnten allerdings keine signifikanten Unterschiede zwischen den Herbizidregimen und dem jeweiligen Grad der Herbizidresistenz bestätigt werden. Die zweifaktorielle Analyse zeigte bei der festgestellten Herbizidresistenz eine sehr unterschiedliche Differenzierung zwischen den Behandlungsvarianten. Im Mittel der gesamten Versuchsperiode waren die Behandlungen nach guter fachlicher Praxis und die vorwiegende Anwendung von ACCase-Inhibitoren unter nicht-wendender Bodenbearbeitung am stärksten von Herbizidresistenz betroffen.

Tab. 6 Acker-Fuchsschwanz-Resistenz in unbehandelten Kontrollen, 2012-2014.

Tab. 6 Black-grass resistance status in untreated control, 2011-2014.

Faktor,	Mittlere Resistenzklasse (0-5, sensitiv – hoch resistent)	
Faktorkombination	Mittelwert	Signifikanz*
Pflug (wendend)	0,42	a
Grubber (nicht-wendend)	0,91	b
GfP	0,65	n.s.
Std.	0,55	n.s.
ALS	0,55	n.s.
ACC	0,90	n.s.
Pflug x GfP	0,37	a
Pflug x Std.	0,40	a
Pflug x ALS	0,33	a
Pflug x ACC	0,57	ab
Grubber x GfP	0,93	b
Grubber x Std.	0,70	ab
Grubber x ALS	0,77	ab
Grubber x ACC	1,23	b

*) Kruskal-Wallis ANOVA, t-Verteilung, α 0,05

Im Bezug auf die Resistenzklassen der untersuchten Herbizide waren Wirkstoffe aus der Gruppe der ACCase-Inhibitoren (HRAC: A) signifikant am stärksten betroffen (Abb. 1). Gegenüber dem Wirkmechanismus der Zellteilungshemmung (HRAC: K3) bzw. dem geprüften Herbizid Flufenacet traten in der gesamten Versuchsperiode keine Resistenzen auf. Die Wirkmechanismusgruppe K3 wurde daher in Abbildung 1 nicht aufgeführt.

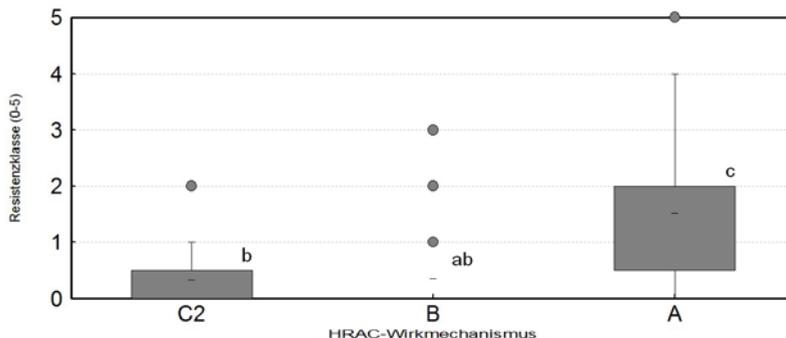


Abb. 1 Herbizidresistenz im Vergleich der betroffenen Wirkmechanismusklassen; unbehandelte Kontrollen, 2012-2014, Signifikanz nach Kruskal-Wallis ANOVA, t-Verteilung, α = 0,05.

Abb. 1 Herbicide resistance in comparison of affected mode of action; untreated control, 2012-2014, significance referred to Kruskal-Wallis ANOVA, t-distribution, α = 0.05.

Diskussion

Der in einer Winterweizen-Monokultur durchgeführte Dauerversuch zeigte bereits in der ersten Vegetationsperiode einen signifikanten und starken Unterschied im Besatz mit Acker-Fuchsschwanzpflanzen zwischen den beiden unterschiedlichen Bodenbearbeitungsvarianten. Das Verhältnis und die Intensität des Acker-Fuchsschwanz-Besatzes veränderte sich im Laufe der Versuchsperiode nicht wesentlich im Unterschied zwischen der wendenden Bodenbearbeitung mit dem Pflug und der nicht-wendenden, tief-mischenden Bearbeitung mit dem Grubber. Die Ergebnisse bestätigen die relativ hohe Bedeutung des Bodenbearbeitungsverfahrens für ein nachhaltiges Resistenzmanagement (GEHRING et al., 2012). Die Anwendung unterschiedlicher Herbizidregime zeigte dagegen nur einen geringen Einfluss auf die Populations- und Resistenzentwicklung. In der mehrfaktoriellen Analyse traten sehr spezifische Differenzierungen zwischen den Behandlungsvarianten auf. Die dynamischste Populations- und Resistenzentwicklung wurde tendenziell bei der regelmäßigen Anwendung von ACCase-Inhibitoren unter nicht-wendender Bodenbearbeitung festgestellt. Dieser Effekt wurde durch eine relativ hohe Resistenzdynamik bei Herbiziden aus der HRAC-Gruppe A bestätigt. Die bisherigen Ergebnisse bestätigen das relativ hohe Resistenzrisiko von ACCase-Inhibitoren (GEHRING, 2014). Eine mögliche Weiterentwicklung der Acker-Fuchsschwanz-Populationen und deren Resistenzdynamik wird durch die Fortführung des Dauerversuches untersucht.

Literatur

- 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., 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.
- MOOS, S.R., J.H. CLARKE, T.N. CULLEY, M.A. READ, P.J. RYAN und M. TURNER, 1999: The occurrence of herbicide-resistant grass-weeds in the United Kingdom and a new system for designation resistance in screening assays. The 1999 Brighton Conference – Weeds, conference proceedings volume I; The British Crop Protection Council, Farnham, S. 179-184.
- UNISTAT LIMITED, 2015: UNISTAT Statistical Package – User's Guide Version 6.5. <http://www.unistat.com>, 1244 S.