

## Herbizidresistenz bei *Apera spica-venti* L. in Bayern

*Herbicide resistance of Apera spica-venti L. 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.2012.434.015

### Zusammenfassung

Windhalm ist eines der wichtigsten Leitungsgräser im bayerischen Ackerbau. Für die Vermeidung von hohen Ertrags- und Qualitätsverlusten ist eine effektive chemische Bekämpfung im Wintergetreideanbau unverzichtbar. Durch Veränderungen in der Produktionstechnik, wie z. B. vereinfachten Fruchtfolgen und reduzierter Bodenbearbeitung, haben die Besatzdichten in den Befallsregionen zugenommen. Seit etwa 10 Jahren ist eine deutliche Entwicklung von herbizidresistenten Biotypen und Populationen feststellbar.

Der bayerische Pflanzenschutzdienst verfügt über langjährige Erfahrungen zur Resistenzentwicklung bei Windhalm. Die Auswertung von Verdachtsuntersuchungen und Monitoringerhebungen beschreibt die Resistenzentwicklung von Windhalm 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 Windhalm im bayerischen Ackerbau.

**Stichwörter:** Resistenzmanagement, Ungrasbekämpfung, Windhalm

### Summary

Loose silky-bent grass is one of the most important grass weeds in Bavaria. Effective chemical weed control is indispensable to prevent loss of yield and harvest quality in winter cereals. Crop rotations with more winter cereals, reduced soil cultivation and harvesting by private contractors caused a higher distribution of loose silky-bent in arable farming regions. Events of herbicide resistance were observed since the last 10 years. Herbicide resistance in loose silky-bent is well managed by the official plant protection service of Bavaria. A wide experience of resistance tests shows the development of resistant loose silky-bent grass and provides an opportunity for future prospects in resistance dynamics.

**Keywords:** Grass weed control, herbicide resistance management, loose silky-bent grass

### 1. Einleitung

Windhalm (*Apera spica-venti*) ist nach Ackerfuchsschwanz (*Alopecurus myosuroides*) das zweitwichtigste Leitungsgras im Wintergetreideanbau in Bayern. Windhalm tritt im Vergleich zum Ackerfuchsschwanz auch auf Standorten mit leichteren Böden auf. Aufgrund der Hauptkeimperiode im Herbst können jahrgangsweise wechselnde Besatzdichten beobachtet werden, wobei in Jahren mit einer niederschlagsreichen Witterung im Herbst tendenziell eine stärkere Windhalmentwicklung auftritt. Das Schädigungspotenzial von durchschnittlich 20 bis 30 % des Wintergetreideertrages wird in der Praxis häufig unterschätzt. Wohl auch aus diesem Grund war in der Vergangenheit eine teilweise deutliche Reduzierung der Standardaufwandmengen bei der Herbizidbehandlung in der Praxis nicht unüblich. Gebräuchliche Behandlungen auf der Basis von Pendimethalin oder Diflufenican in Ergänzung mit Isoproturon (IPU) wurden teilweise nur mit 50 % der zugelassenen Aufwandmenge eingesetzt. Die auf Windhalm-Standorten regelmäßig notwendige Herbizidbehandlung wird in der Wintergerste nahezu vollständig im Herbst durchgeführt, während in Winterweizen die Windhalmbekämpfung zum Großteil erst im Frühjahr vorgenommen wird. Erste Diskussionen hinsichtlich einer möglichen IPU-Resistenz bei Windhalm sind Anfang der 1990er Jahre aufgekommen. Mit der Einführung und Anwendung von alternativen Bodenherbiziden auf der Basis von Flufenacet und Flurtamone ist diese Problematik aus dem Fokus der Praxis und Beratung verdrängt worden. Praxisübliche Anwendungen mit Pendimethalin + IPU wurden im Winterweizen

häufig durch die Tankmischung aus Pendimethalin + Flupyrsulfuron ersetzt. Auch bei der Frühjahrsbehandlung wurde im Winterweizen IPU ab dem Jahr 2000 zunehmend durch ALS-Hemmer wie Flupyrsulfuron, Iodosulfuron oder Sulfosulfuron ersetzt. Nach dem relativ umfangreichen Wechsel zu ALS-Hemmer-Herbiziden traten seit etwa 2005 zunehmend Fälle mit unzureichenden Bekämpfungsleistungen bei der Anwendung von Herbiziden aus dieser Wirkmechanismusgruppe auf.

## 2. 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 (Fabr. Pelz, Typ 2) aufbereitet. Anschließend wurde die Keimfähigkeit nach der 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 % org. Substanz, 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. Nach Bedarf wurde i.d.R. eine einmalige Düngung mit Flüssigdünger (Wuxal® 8-8-6, 100 ml/10 l Gießwasser) mit der Bewässerung vorgenommen. Die Anzucht bis zur Herbizidbehandlung fand in einer Starklicht-Klimakammer (Typ York® 520284) statt. Bei einer Tag:Nacht-Phase von 12:12 Stunden wurde die Temperatur in einem Bereich von 20 °C am Tag bis 12 °C in der Nachtperiode und die Lichtintensität in einem Bereich von 0-70000 Lux (Lampen Typ Phillips® MT400LE/U, Weißlicht mit tageslichtähnlichem Vollspektrum, 400 µmol PAR/m<sup>2</sup>·s) geregelt. Die relative Luftfeuchtigkeit wurde auf konstant 85 % gehalten.

**Tab. 1** Im Resistenztest verwendete Herbizide.

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

Präparat Handelsname	Wirkstoff a.i.	Standard- dosis a.i. g/ha	Prüfkonzentrationen (% Standarddosis)			Applikations- termin BBCH
			50	100	200	
Bacara forte	Flufenacet+ Furtamone+ Diflufenican	96+ 96+ 96	☒	☒	–	00
Cadou SC	Flufenacet	175,00	☒	☒	–	00
Arelon Top	Isoproturon	500,00	☒	☒	☒	10-11
Lentipur 700	Chlortoluron	1050,00	☒	☒	☒	10-11
Lexus*	Flupyrsulfuron	9,26	–	☒	☒	10-11
Axial 50	Pinoxaden	45,0	–	☒	☒	12
Broadway*	Pyroxsulam + Florasulam	8,88+2,96	☒	☒	☒	12
Falkon	Penoxsulam+ Diflufenican	15 +100	☒	☒	☒	12
Husar OD*	Iodosulfuron	9,32	☒	☒	☒	12

\*) in Kombination mit spezifischen Formulierungshilfsstoff des Präparats; ☒ = Prüfkonzentration angewendet;

– = Prüfkonzentration nicht angewendet; BBCH = Skala für das phänologische Pflanzen-Entwicklungsstadium

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 (Fabr. 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. 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 erhöht. 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.

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 der Behandlung mit der Standarddosis verwendet. Bei einem Wirkungsergebnis in der Stufe 1 liegt die Herbizidsensitivität der jeweiligen Prüfherkunft im Bereich der sensitiven Vergleichsherkunft. Ab der Stufe 2 dieser Klassifikation werden Herkunftsorte zwar bereits als „resistent“ bezeichnet, für die Resistenzeinstufung der Prüfherkünfte 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

Der Bayerische Pflanzenschutzdienst führt seit 2004 ein systematisches Untersuchungsprogramm zur Überprüfung der Herbizidresistenz bei Windhalm durch. Während in den ersten Jahren nur sporadische Einzelfälle auftraten, ist seit dem Jahrgang 2009 eine deutliche Zunahme von Herkunftsorten mit herbizidresistentem Windhalm festzustellen. Die Steigerung der Resistenz-Häufigkeit wurde vorwiegend durch eine zunehmende Resistenz und Kreuzresistenz gegenüber Herbiziden aus der Gruppe der ALS-Hemmer (HRAC-Klasse: B) verursacht. Im Mittel der bisherigen Untersuchungen bei 128 Herkunftsorten ist die IPU-Resistenz mit einem Anteil von 28 % zwar nicht unbedeutend, die Sulfonylharnstoffherbizide Flupyrsulfuron, Iodosulfuron und Sulfosulfuron sind mit einem Anteil von 26 %, 23 % bzw. 12 % allerdings relativ stärker betroffen. Auch gegenüber neuen Präparaten aus der Gruppe der ALS-Hemmer, wie Falkon<sup>®</sup> (Penoxsulam + Diflufenican) und Broadway<sup>®</sup> (Pyroxulam + Florasulam), wurden bereits Kreuzresistenzen festgestellt.

**Tab. 2** Resistenzhäufigkeit im Vergleich der untersuchten Herbizide im Mittel der Untersuchungsjahrgänge 2004 bis 2010 (n = 128 Herkunftsorte).

**Tab. 2** *Rate of herbicide resistance in case of the evaluated herbicides averaged over tests conducted 2004 to 2010 (n = 128 Biotypes).*

Präparat	Wirkstoff	Anteil herbizidresistenter Herkunftsorte	
Handelsname	a.i	%	
Arelon Top	Isoproturon	28	
Husar OD*	Iodosulfuron	26	
Lexus*	Flupyrsulfuron	23	
Falkon	Penoxsulam + Diflufenican	9	
Broadway*	Pyroxulam + Florasulam	2	
Axial 50	Pinoxaden	0	
Bacara forte	Flufenacet + Flurtamone + Diflufenican	0	
Cadou SC	Flufenacet	0	
Lentipur 700	Chlortoluron	0	

Gegenüber den Bodenherbiziden Chlortoluron (CTU), Flufenacet, dem Kombinationspräparat Bacara forte<sup>®</sup> (Flufenacet + Flurtamone + Diflufenican) und dem rein blattaktiven Graminiazid Axial 50 (Pinoxaden) sind bisher in Bayern noch keine Herbizidresistenzen nachgewiesen worden. In der Behandlungspraxis ist damit die Windhalmresistenz gegenüber Präparaten aus der Gruppe der ALS-

Hemmer die absolut dominierende Problematik. Die Verteilung von resistenten Windhalm-Herkünften zeigt eine einheitliche Betroffenheit in den traditionellen Windhalmregionen Süd-Bayerns.

**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	%
ALS-Hemmer	B	72
Photosystem-II-Hemmer	C	28
ACCCase-Hemmer	A	0
Zellwachstums-Hemmer	K	0

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



○ Resistenzverdacht      ● Resistenz gegen einen Wirkmechanismus      ● Resistenz gegen zwei Wirkmechanismen

**Abb. 1** Verteilung herbizidresistenter Windhalm-Herkünfte in Bayern; Resistenzuntersuchungen von 2004 bis 2010 (n = 128).

**Fig. 1** *Distribution of herbicide resistant loose silky-bent grass in Bavaria; resistance monitoring 2004 to 2010 (n = 128).*

#### 4. Diskussion

Die Herbizidresistenz bei Windhalm entwickelt sich aufgrund einer zunehmenden Resistenzdynamik bei ALS-Hemmer-Herbiziden zu einem ernsthaften Problem in der Anbaupraxis. Während bei Wintergerste und früh gesättem Winterweizen auf bisher nicht resistenzgefährdete Boden-Breitbandherbizide (HRAC-Klasse: K3) ausgewichen werden kann, ist die Windhalmbekämpfung in Winterweizen zu einem Großteil auf den Einsatz von blattaktiven Herbiziden im Frühjahr angewiesen. Die bisher in zunehmenden Einzelfällen nachgewiesene hohe Resistenzdynamik gegenüber verschiedenen ALS-Hemmer-Herbiziden lässt eine generelle Gefährdung dieser Wirkmechanismusgruppe befürchten. Ein Ausweichen auf das in Bayern noch nicht von Resistenz betroffene Herbizid Pinoxaden (HRAC-Klasse: A) stellt keine nachhaltige Wirkstoffstrategie dar, weil auch dieser Wirkstoff bzw. diese Wirkmechanismusgruppe als resistenzgefährdet eingestuft werden muss (RAFFEL et al., 2010). Für ein Herbizidmanagement zur Vermeidung von multiresistenten Windhalm-Populationen (AUGUSTIN, 2010) kann daher nur auf den verstärkten Einsatz von weniger gefährdeten Bodenherbiziden aus der HRAC-Klasse K3 ausgewichen werden. Die bisher noch üblichen IPU-Behandlungen sollten nach Möglichkeit durch CTU (Chlortoluron) ersetzt werden, da zwischen diesen beiden Herbiziden aus der Gruppe der PS-II-Hemmer (HRAC-Klasse: C2) bisher noch keine Kreuzresistenzen bei Windhalm aufgetreten sind.

#### Literatur

- AUGUSTIN, B., 2010: WINDHALM-HERKUNFT AUS RHEINLAND-PFALZ MIT MULTIPLER HERBIZIDRESISTENZ. JULIUS-KÜHN-ARCHIV **428**, 271-272.
- 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.
- RAFFEL, H., J. PETERSEN, J. GORNIK UND D. KAUNDUN, 2010: UNGRASRESISTENZ – WAS MÜSSEN WIR TUN UM DIE LEISTUNGSFÄHIGKEIT VON WIRKSTOFFEN ZU ERHALTEN? JULIUS-KÜHN-ARCHIV **428**, 274.