

## Dosis-Wirkungs-Versuche mit *Apera spica-venti* (L.) in Mecklenburg-Vorpommern

*Dose-response experiments with Apera spica-venti* (L.) in Mecklenburg-Vorpommern

Sabine Andert\*, Friederike de Mol, Jan Jochmann, Bärbel Gerowitt

Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Professur Phytomedizin, Universität Rostock, 18051 Rostock

\*Korrespondierende Autorin, sabine.andert@uni-rostock.de

DOI 10.5073/jka.2020.464.053



### Zusammenfassung

Der Gemeine Windhalm *Apera spica-venti* (L.) hat sich in den zurückliegenden Jahrzehnten zu einem der wichtigsten Ungräser in Europa entwickelt. Europaweit sind für Windhalm jedoch zunehmende Resistenzfälle besonders gegenüber Herbiziden aus der Gruppe der ALS-Inhibitoren bekannt.

Die vorliegenden Dosis-Wirkungs-Versuche zielen darauf ab die Wirksamkeit ausgewählter Herbizide gegenüber dem Gemeinen Windhalm in Mecklenburg-Vorpommern zu quantifizieren und Dosis-Wirkungs-Beziehungen zu prüfen. Zu diesem Zweck wurde im Frühjahr 2019 ein Biotest mit 19 Windhalmpopulationen von Feldern in Mecklenburg-Vorpommern durchgeführt. Unter standardisierten Gewächshausbedingungen wurde die Wirkung der vier Herbizide Axial 50®, Herold SC®, Broadway® und Husar Plus® auf die 19 Populationen getestet.

Für die 19 Windhalmpopulationen wurden für die Herbizide Axial 50®, Broadway® und Husar® Wirkungen >95 % ermittelt. Für Herold SC® wurden hingegen unter den getesteten Populationen anhand der mittleren Wirkung bei voller Aufwandmenge Wirkungsschwächen nachgewiesen. Die ED<sub>50</sub>-Werte variieren zwischen den Herbiziden Axial 50®, Broadway®, Husar Plus® und Herold SC®. Der höhere mittlere ED<sub>50</sub>-Wert, der für Herold SC® ermittelt wurde, deutet darauf hin, dass nur bei maximaler Dosis ausreichende Wirkung gegenüber dem Gemeinen Windhalm besteht.

**Stichwörter:** ALS-Hemmer, Gemeiner Windhalm, Herbizid, Resistenz

### Abstract

*Apera spica-venti* (L.) is one of the most abundant grass weeds in Europe. Throughout Europe, however, increasing cases of weed resistance to herbicides from ALS inhibitors are known.

This dose-response experiment aims to quantify the efficacy of selected herbicides to control loose silky bent grass in Mecklenburg-Vorpommern. Dose-response relationships will be examined. For this purpose, a biotest with 19 populations from fields in Mecklenburg-Vorpommern was carried out in spring 2019. Under standardized greenhouse conditions, the effect of the four herbicides Axial 50®, Herold SC®, Broadway® and Husar Plus® on the 19 populations was tested.

The herbicides Axial 50®, Broadway® and Husar® were shown to be more than 95% effective in the 19 populations. For Herold SC®, less efficiency was detected among the tested populations. The ED<sub>50</sub> values vary between the herbicides Axial 50®, Broadway®, Husar Plus® and Herold SC®. Differences are particularly prominent when considering the ED<sub>50</sub> values calculated as percentage of the registered application rate. The higher mean ED<sub>50</sub> value estimated for Herold SC® indicates that farmers should not reduce the dose with this product.

**Keywords:** ALS inhibitor, herbicide, loose silky bent grass, resistance

### Einleitung

Der Gemeine Windhalm *Apera spica-venti* (L.) tritt im Wintergetreideanbau in Nord-, Mittel und Osteuropa auf sandigen bis leicht lehmigen Böden auf (SCHRÖDER et al., 1993; ANDREASEN und STRYHN, 2008, 2012). Getreidereiche Fruchtfolgen in reduzierten Bodenbearbeitungsregimen fördern das Auftreten des einjährigen Ungrases (MELANDER et al., 2008; TSCHUY und WIRTH, 2015). Der Hauptaufblauszeitraum von *A. spica-venti* erstreckt sich vom Spätsommer bis in den Winter hinein (ANDERSON und ÅKERBLOM ESPEBY, 2009). Die starke Bestockungsleistung, verbunden mit hohem Längenwachstum, bewirken große Konkurrenzkraft in Wintergetreidebeständen (NIEMANN und ZWERGER, 2006).

In Mecklenburg-Vorpommern betrug im Jahr 2018 der Anteil Ackerflächen mit Wintergetreide 46 % (STATISTISCHES AMT MECKLENBURG-VORPOMMERN, 2018). Für die Vermeidung von hohen Ertrags- und Qualitätsverlusten ist eine effektive Bekämpfung im Wintergetreideanbau wichtig.

In Nord-, Mittel und Osteuropa wurden in den zurückliegenden Jahren jedoch resistente Populationen von Windhalm gegen ACCase-, ALS- und PSII-Inhibitoren nachgewiesen (HEAP, 2019). In Deutschland sind für Windhalm zunehmende Resistenzfälle besonders gegenüber Herbiziden aus der Gruppe der ALS-Inhibitoren bekannt (AUGUSTIN, 2010; GEHRING et al., 2010; DICKE et al. 2016). SCHRÖDER et al. (2010) bestätigen auch für die Bundesländer Brandenburg, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen Windhalmresistenzen gegenüber ACCase- und ALS-Inhibitoren.

Dosis-Wirkungs-Versuche mit ausgewählten Herbiziden prüfen die Wirksamkeit gegenüber dem Gemeinen Windhalm in Mecklenburg-Vorpommern. MASSA et al. (2013) weisen auf *A. spica-venti*-Resistenzfälle hin. SCHULZ et al. (2014) belegen hingegen eine hohe Sensitivität des Gemeinen Windhalms gegenüber ACCase-, ALS- und PSII-Inhibitoren. In diesem Beitrag werden Dosis-Wirkungs-Kurven modelliert, die helfen, die Wirksamkeit zu quantifizieren.

## Material und Methoden

### Probenahme- und -aufbereitung

Die Samen wurden aus Windhalmrispen gewonnen, die vor der Ernte 2018 auf Winterweizen-Praxisflächen gesammelt wurden. Es wurden 19 Windhalmpopulationen zusammengetragen. Die Samen wurden anschließend in perforierten Plastiktüten bei trockenen Bedingungen gelagert. Vor der Aussaat im Januar 2019 wurden die Samen für zwei Wochen in einer Klimakammer bei 4°C gelagert, um einen Kältereiz zu setzen.

Ausgesät wurden die Windhalmsamen in 8 x 8 cm Pflanztöpfen. Das Bodensubstrat setzte sich zu 50 % aus Ackerboden (lehmgiger Sand, Ackerzahl 45), 25 % Kompost und 25 % Pflanzerde zusammen. Die Temperatur im Gewächshaus betrug tagsüber 12 °C und nachts 10 °C. In jedem Pflanztopf wurde auf fünf Einzelpflanzen vereinzelt.

### Versuchsdurchführung

Unter standardisierten Gewächshausbedingungen wurde die Wirkung der vier Herbizide Axial 50®, Herold SC®, Broadway® und Husar Plus® auf die 19 Populationen getestet (Tab. 1). Die Biotests wurden je geprüfter Herkunft und Herbizid mit sechs Konzentrationen plus unbehandelter Kontrolle durchgeführt - ausgehend von der maximal zugelassenen Aufwandmenge bis zu 1/32 Aufwandmenge. Jede Herkunft-/Herbizid-/Dosis-Kombination wurde vierfach wiederholt, mit Ausnahme von drei Herkünften, die aufgrund fehlenden Pflanzenmaterials, dreifach wiederholt wurden. Die Windhalmpflanzen befanden sich zum Zeitpunkt der Applikation überwiegend im 2-Blattstadium, einzelne Pflanzen im Übergang zur Bestockung.

Die Applikation erfolgte in einer stationären Anlage mit Flachstrahldüse (Lechler, Düsengröße 01) und einem Druck von vier Bar. Im Anschluss an die Applikation standen die Windhalmpflanzen tagsüber bei 14 °C und nachts bei 12 °C, alle drei Tage wurden die Töpfe zufällig neu auf den Gewächshaustischen verteilt, um eine gleichmäßige Versorgung mit Licht und Wärme sicherzustellen.

### Bonitur

Die Bewertung der Dosis-Wirkung erfolgte durch Berechnung des Wirkungsgrades pro Topf aller Herkunft-/Herbizid-/Dosis-Kombinationen. 100-%ige Wirkung entspricht der vollständigen Reduktion von Pflanzenmaterial im Topf.

Für die Biomassebonitur der Frischmasse wurde das oberirdische Pflanzenmaterial je Pflanztopf geerntet. Die Ernte erfolgte 29- 31 Tage nach der Applikation.

**Tab. 1** Eingesetzte Herbizide, Wirkstoffe und deren HRAC-Gruppe, Wirkstoffgehalt (g/l, g/kg) sowie zugelassene Aufwandmenge (l/ha, kg/ha).

**Tab. 1** Treatment herbicides and their active ingredients, HRAC group, active ingredient content (g/L or g/kg) and dose rate (L/ha or kg/ha).

Herbizide	HRAC-Klasse	Wirkstoffe	Wirkstoffgehalt (g/l oder g/kg)	Aufwandmenge (l/ha oder kg/ha)
Unbehandelte Kontrolle				
Axial 50°	A	Pinoxaden	50,0	0,9
Broadway°	+	Florasulam	22,8	0,13+
Netzmittel		Pyroxulam	68,3	
		Cloquintocet-Mexyl	68,3	0,6
Herold SC°	F1/K3	Diflufenican	200,0	0,4
		Flufenacet	400,0	
Husar Plus°	B	Iodosulfuron	46,6	0,2
		Mesosulfuron	7,26	
		Mefenpyr	212,5	

### Statistische Analyse

Dosis-Wirkungskurven wurden mit dem vier-parametrischen log-logistischen Modell angepasst.

$$Frischmasse = c + \frac{d-c}{1+\exp(b(\log(x)-\log(e)))} \quad (1)$$

Dabei sind d und c die obere und untere Asymptote der Kurve, und b beschreibt die Steigung. e liegt im Wendepunkt der Kurve und gibt die Aufwandmenge an, die zu einer 50%igen Reduzierung der Frischmasse führt (rel. ED50-Wert). Für Rechnungen und Grafiken wurde das Paket drc des Statistikprogramms R genutzt (RITZ und STREIBIG, 2007).

### Ergebnisse

Die mittlere Wirkung bei zugelassener Aufwandmenge unterscheidet sich zwischen den Herbiziden (Tab. 2). Die Wirkung von Axial 50°, Broadway° und Husar° ist signifikant höher im Vergleich zu Herold SC°. Die signifikant höchste Wirkung erzielt Axial 50°. Die mittlere Wirkung von Herold SC° liegt unter 90 %, mit einer hohen Standardabweichung.

Die ED<sub>50</sub>-Werte unterscheiden sich ebenfalls zwischen den drei erstgenannten Herbiziden und Herold. Der ED<sub>50</sub>-Wert in % der zugelassenen Aufwandmenge für Herold SC° beträgt 30,0 %. Für Axial 50° und Broadway° wurden ähnliche ED<sub>50</sub>-Werte zueinander ermittelt, der geringste Wert beträgt 3,6 % für Broadway°.

### Dosis-Wirkung-Beziehungen

Abbildung 1 stellt die Dosis-Wirkungsbeziehungen der 19 Windhalmpopulationen der vier getesteten Herbizide dar.

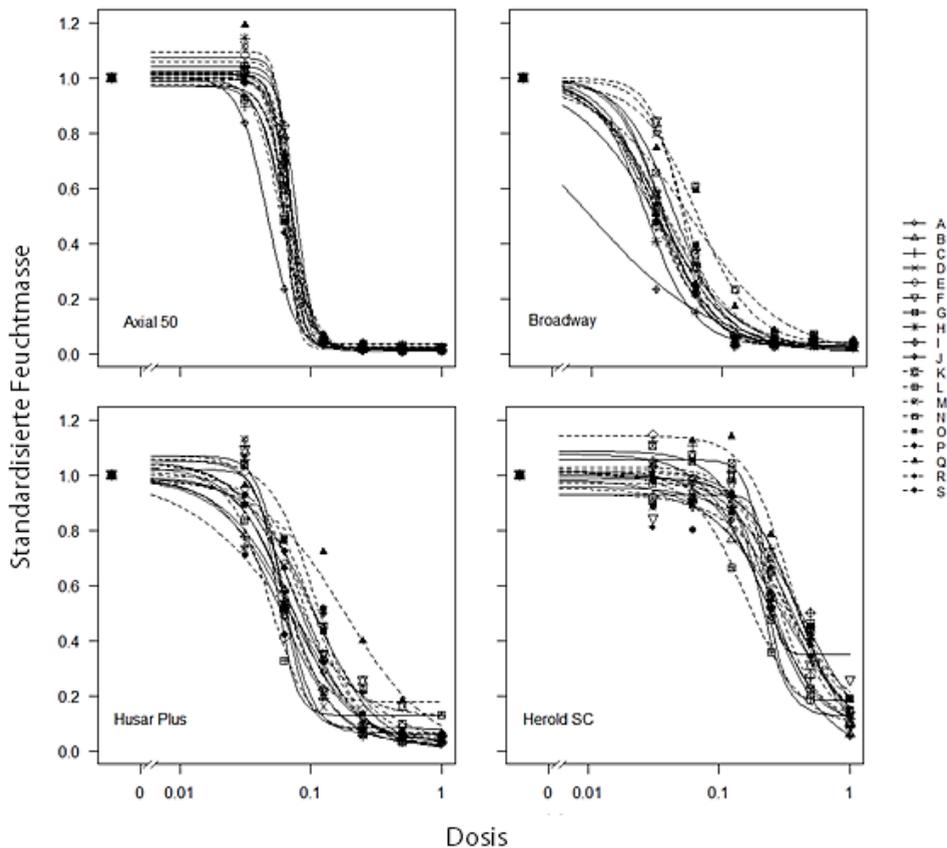
Die Dosis-Wirkungskurven für Axial 50° sind zwischen den Populationen sehr ähnlich. Im Bereich 25 - 100 % der zugelassenen Aufwandmenge unterscheiden sich die Populationen kaum untereinander. Für Broadway° gilt: Die Dosis-Wirkungsbeziehungen der Populationen sind für die Aufwandmengen 50 % und 100 % der zugelassenen Aufwandmenge ähnlich. Die Steigungen der Kurven sind jedoch geringer im Vergleich zu den Dosis-Wirkungskurven der Populationen unter Axial 50. Bei einem Achtel der maximalen Aufwandmenge (12,5 %) werden Unterschiede zwischen den Populationen bei Axial 50° und Broadway° deutlich.

Die Dosis-Wirkungskurven der Populationen für Husar Plus° verlaufen tendentiell ähnlich im Vergleich zu den Dosis-Wirkungskurven für Broadway°, die Wirkung zwischen den Populationen ist jedoch unterschiedlich. Einzelne Populationen haben eine geringere Wirkung unter niedrigen Aufwandmengen, mit steigender Dosis nimmt die Wirkung stark zu, wodurch die Steigung der Kurve größer ist. Andere Populationen weisen hingegen eine flache Dosis-Wirkungskurve auf.

**Tab. 2** Mittlere Wirkungen der Herbizide unter Verwendung der zugelassenen Dosis (mean). Sd: Standardabweichung. Unterschiedliche Buchstaben in einer Spalte signalisieren signifikante Unterschiede ( $p < 0,05$ ) zwischen den Versuchsgliedern. ED<sub>50</sub>-Werte und Standardfehler sowie der ED50-Wert in % der zugelassenen Aufwandmenge.

**Tab. 2** Mean Efficacy, ED<sub>50</sub> values (l/ha or kg/ha) and relative ED<sub>50</sub> values (% in relation to registered dose rate; 100 = registered dose) of the different herbicide treatments on *Apera spica-venti* (L.). Sd: standard deviation. SE: standard error. Different letters represent significant differences ( $p < 0.05$ ) between the different herbicides.

Wirkung bei zugel. Dosis					
Herbizid	Mean (%)	Standart- abweichung (sd)	ED50-Wert (l/ha oder kg/ha)	Standart- fehler (SE)	ED50-Wert in % der zugelassenen Aufwandmenge
Axial 50°	98,6 <sup>a</sup>	0,6	0,06	0,001	6,7
Broadway°	96,7 <sup>ab</sup>	1,1	0,02	0,001	3,6
Herold SC°	87,8 <sup>c</sup>	6,8	0,12	0,017	30,0
Husar Plus°	95,5 <sup>b</sup>	2,7	0,003	0,003	7,7



**Abb. 1** Dosis-Wirkungskurven von 19 Windhalmherkünften (A-S) aus Mecklenburg-Vorpommern bei den Herbiziden Axial 50°, Broadway°, Husar° und Herold SC°. Dosierung 0-1. 1 (=100 %) entspricht der zugelassenen Aufwandmenge der Herbizide (Tab. 1).

**Fig. 1** Dose response curves for 19 *A. spica-venti* population originating from fields in Mecklenburg-Vorpommern for the herbicides Axial 50°, Broadway°, Husar° and Herold SC°. Dose rates 0-1. 1 (=100%) = registered dose.

Der Verlauf der Dosis-Wirkungskurven unterscheidet sich für Herold SC<sup>®</sup> eindeutig von den Herbiziden Axial 50<sup>®</sup>, Broadway<sup>®</sup> und Husar<sup>®</sup>. Die Kurven sind flacher und zeigen nur bei maximaler Dosis ausreichende Wirkung, jedoch auch bei 100%-iger Aufwandmenge unterscheiden sich die Wirkungen zwischen den Populationen. Weiterhin werden für jede getestete Dosis Unterschiede in den Dosis-Wirkungskurven zwischen den Populationen deutlich.

Bei Axial<sup>®</sup> und Broadway<sup>®</sup> strebt die Dosis-Wirkungskurve bei hoher Dosis für alle Herkünfte gegen Null. Bei Herold<sup>®</sup> und Husar<sup>®</sup> hingegen ist die untere Asymptote bei drei bzw. vier Herkünften signifikant unterschiedlich von Null.

## Diskussion

Eine der aktuellen Fragestellungen in der angewandten Herbiologie ist das Management von Ungräsern in herbizidintensiven Anbausystemen unter dem Aspekt der Entwicklung von Resistenzen (SCHULZ, 2015). Die vorliegenden Dosis-Wirkungs-Versuche erlauben eine Einschätzung der Wirksamkeit der Herbizide Axial 50<sup>®</sup>, Broadway<sup>®</sup>, Husar Plus<sup>®</sup> und Herold SC<sup>®</sup> gegenüber dem Gemeinen Windhalm in Mecklenburg-Vorpommern.

Für die 19 Windhalmpopulationen aus Mecklenburg-Vorpommern wurden für die Herbizide Axial 50<sup>®</sup>, Broadway<sup>®</sup> und Husar<sup>®</sup> Wirkungen >95 % ermittelt. Für Herold SC<sup>®</sup> wurden hingegen unter den getesteten Populationen anhand der mittleren Wirkung bei voller Aufwandmenge Wirkungsschwächen nachgewiesen. Die unteren Asymptoten der Dosis-Wirkungskurven weisen zusätzlich bei Husar Plus<sup>®</sup> auf eine Minderwirkung bei einzelnen Populationen hin. DICKE et al. (2016) ermittelten für hessische Windhalmbiotypen hingegen bei nahezu allen geprüften Biotypen hohe Wirkungsgrade des Herbizids Herold SC<sup>®</sup>. Deutlich geringere Wirkungen der Präparate aus der HRAC-Klasse B (Broadway<sup>®</sup> und Husar Plus<sup>®</sup>) wurden unter den hessischen Biotypen nachgewiesen, dies kann anhand der Ergebnisse der Windhalmpopulationen Mecklenburg-Vorpommerns nicht bestätigt werden. Unter Beachtung von Jahres- und Laborunterschieden, sollte zukünftig geprüft werden, inwieweit klimatische Unterschiede, abweichendes Herbizidmanagement oder auch das Anbaumanagement Unterschiede zwischen den hessischen und mecklenburgischen Ergebnissen erklären können. DICKE et al. (2018) schlussfolgern, dass eine Erhöhung des Anteils von Herbiziden der HRAC-Klasse B in der Fruchtfolge zu hohen Wirkungsverlusten führt. Um die Sensitivität der Windhalmpopulationen gegenüber Herbiziden der HRAC-Klasse B auch zukünftig zu erhalten, sollte diese Erkenntnis unbedingt in der Beratung zum Resistenzmanagement in Mecklenburg-Vorpommern beachtet werden. Vor dem Hintergrund des hohen Wintergetreideanteils am Ackerflächenverhältnis in Mecklenburg-Vorpommern wird intensive Bodenbearbeitung mit dem Pflug und ein sinkender Anteil an Winterungen in der Fruchtfolge empfohlen. Diese ackerbaulichen Maßnahmen beugen dem Auftreten des Gemeinen Windhalm vor (MELANDER et al., 2008; TSCHUY und WIRTH, 2015) und reduzieren die Notwendigkeit des Herbizideinsatzes.

Die ED<sub>50</sub>-Werte variieren zwischen den Herbiziden Axial 50<sup>®</sup>, Broadway<sup>®</sup>, Husar Plus<sup>®</sup> und Herold SC<sup>®</sup>. Der höhere mittlere ED<sub>50</sub>-Wert, der für Herold SC<sup>®</sup> ermittelt wurde, deutet darauf hin, dass nur bei maximaler Dosis ausreichende Wirkung gegenüber dem Gemeinen Windhalm besteht.

Der ED<sub>50</sub>-Wert gilt als Parameter, um Unterschiede in der Wirkung von Herbiziden zu veranschaulichen (STREIBIG, 2003; RIETZ und STREIBIG, 2007; NORDMEYER und ZWERGER, 2010). Der Parameter ist geeignet, um die zum Zeitpunkt des Biotests bestehenden Sensitivitäten der Populationen gegenüber Herbiziden zu beschreiben. Resistenzfaktoren, die aus den ED<sub>50</sub>-Werten resistenter und sensibler Herkünfte berechnet werden, ermöglichen darüber hinaus Sensitivitätsunterschiede zwischen Populationen zu charakterisieren (NORDMEYER und ZWERGER, 2010). Herbizidresistenz entwickelt sich im Zusammenspiel von Populationsdynamik und –genetik, Herbizid und agronomischen Aspekten (SCHULZ et al., 2015). *A. spica-venti* ist eine auskrenzende Art und durch eine hohe genetische Variabilität gekennzeichnet (WARWICK et al., 1987). Um das Risiko der Resistenzentwicklung einer Population zu charakterisieren ist es nötig, die Population auf Einzelpflanzenebene zu betrachten (RENTON, 2011). Die Einzelpflanze, als Träger der sensitiven oder

resistenten Erbinformation, beeinflusst durch den Selektionsdruck das Resistenzniveau der gesamten Population (KUDSK, 2014). Die Beurteilung von Einzelpflanzen ist potentiell geeignet, um frühzeitig Sensitivitätsverschiebungen innerhalb der Population zu detektieren und das Risiko der Resistenzentwicklung abzuschätzen (BECKIE et al., 2000; SCHULZ et al., 2014).

## Danksagung

Dank gilt den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Landesamtes für Landwirtschaft, Lebensmittelsicherheit und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Abteilung 4-Pflanzenschutzdienst, für das Sammeln von Pflanzenmaterial im Sommer 2018.

## Literatur

- ANDREASEN, C., H. STRYHN, 2008: Increasing weed flora in Danish arable fields and its importance for biodiversity. *Weed Research* **48**, 1–9.
- ANDERSSON, L., L. ÅKERBLOM ESPEBY, 2009: Variation in seed dormancy and light sensitivity in *Alopecurus myosuroides* and *Apera spica-venti*. *Weed Research* **49**, 261–270.
- ANDREASEN, C., H. STRYHN, 2012: Increasing weed flora in Danish beet, pea and winter barley fields. *Crop Protection* **36**, 11–17.
- AUGUSTIN, B., 2010: Windhalm-Herkunft aus Rheinland-Pfalz mit multipler Herbizidresistenz. *Julius-Kuehn-Archiv* **428**, 271–272.
- BECKIE, H.J., I.M. HEAP, R.J. SMEDA, L.M. HALL, 2000: Screening for herbicide resistance in weeds. *Weed Technol* **14**, 428–445.
- DICKE, D., C. HENSCHKE, J. PETERSEN, 2016: Untersuchungen zur Resistenz von *Apera spica-venti* (L.) P. Beauv. (Gemener Windhalm) gegenüber Herbiziden unterschiedlicher HRAC-Klassen in Hessen. Tagungsband 25. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung. *Julius-Kühn-Archiv* **452**, 68–75.
- DICKE, D., C. HENSCHKE, A. BÜCHSE, 2016: Simulation zukünftig zu erwartender Wirkungsgrade von Herbiziden der HRAC-Klasse B gegenüber Windhalm in Abhängigkeit von Bewirtschaftungsparameter. *Julius-Kühn-Archiv* **458**, 99–105.
- GEHRING, K., R. BALGHEIM, E. MEINLSCHMIDT, C. SCHLEICH-SAIDFAR, 2010: Prinzipien einer Anti-Resistenzstrategie bei der Bekämpfung von *Alopecurus myosuroides* und *Apera spica-venti* aus Sicht des Pflanzenschutzdienstes. *Julius-Kühn-Archiv* **434**, 89–101.
- KUDSK, P., 2014: Reduced herbicide rates: present and future. *Julius-Kühn-Archiv* **443**, 37–44.
- MASSA, D., Y. I KAISER, D. ANDÚJAR-SÁNCHEZ, R. CARMONA-ALEFÉREZ, J. MEHRTENS, R. GERHARDS, 2013: Development of a geo-referenced database for weed mapping and analysis of agronomic factors affecting herbicide resistance in *Apera spica-venti* L. Beauv. (silky windgrass). *Agronomy* **3**, 13–27.
- MELANDER, B., N. HOLST, P.K. JENSEN, E.M. HANSEN, J.E. OLESEN, 2008: *Apera spica-venti* population dynamics and impact on crop yield as affected by tillage, crop rotation, location and herbicide programmes. *Weed Research* **48**, 48–57.
- NIEMANN, P., P. ZWARGER, 2006: Über Herbizidresistenzen bei *Apera spica-venti* (L.) P.B. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz – Journal of Plant Diseases and Protection, Special issue* **XX**, 81–88.
- TSCHUY, F., J. WIRTH, 2015: Die aktuelle Situation der Herbizidresistenzen in der Schweiz. *Agrarforschung Schweiz* **6**, 516–523.
- RENTON, M., A. DIGGLE, S. MANALIL, S. POWLES, 2011: Does cutting herbicide rates threaten the sustainability of weed management in cropping systems? *Journal of Theoretical Biology* **283**, 14–27.
- RITZ, C., J.C. STREIBIG, 2005: Bioassay analysis using R. *Journal of Statistical Software* **12**, 1–22.
- STATISTISCHES AMT MECKLENBURG-VORPOMMERN, 2018: Statistisches Jahrbuch Mecklenburg-Vorpommern. Schwerin. 478 S.
- SCHRÖDER, G., E. MEINLSCHMIDT, R. BALGHEIM, E. BERGMANN, K. GÖBNER, 2010: Effektive Kontrolle von Windhalm (*Apera spica-venti* (L.) P. B.) in Wintergetreide durch Nutzung von Herbizidbehandlungen mit hohen Wirkungsgraden – Ergebnisse der Ringversuche der Bundesländer Brandenburg, Hessen, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen von 2001–2011. *Julius-Kühn-Archiv* **434**, 301–312.
- SCHROEDER, D., H. MUELLER-SCHAERER, C.S.A. STINSON, 1993: A European weed survey in 10 major crop systems to identify targets for biological control. *Weed Research* **33**, 449–458.
- SCHULZ, A., S.K. MATHIASSEN, F. DE MOL, 2014: Approaches to early detection of herbicide resistance in *Apera spica-venti* regarding intra- and inter-field situations. *Journal of Plant Diseases and Protection* **121**, 138–148.
- SCHULZ, A., 2015: Untersuchungen zur Populationsdynamik und Resistenzentwicklung gegenüber Herbiziden von *Apera spica-venti* (L.) P. Beauv. Dissertation.
- WARWICK, S.I., B.K. THOMPSON, L.D. BLACK, 1987: Genetic variation in Canadian and European populations of the colonizing weed species *Apera spica-venti*. *New Phytologist* **106**, 301.