

Resistenzentwicklung von *Alopecurus myosuroides* HUDS. (Acker-Fuchsschwanz) gegenüber ALS-Hemmern nach unterschiedlichen Vorbehandlungen

Development of resistance in Alopecurus myosuroides HUDS. (blackgrass) against ALS inhibitors after different pre-treatments

Dirk Michael Wolber*, Goßwinth Warnecke-Busch, Lisa Köhler

Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Pflanzenschutzamt, Wunstorfer Landstr. 9,
30453 Hannover *Korrespondierender Autor, dirk.wolber@lwk-niedersachsen.de

DOI 10.5073/jka.2018.458.020



Zusammenfassung

Die Resistenzentwicklung von *Alopecurus myosuroides* HUDS. (Acker-Fuchsschwanz) gegen ALS-Hemmer kann aufgrund unterschiedlicher Vorbehandlungen möglicherweise beschleunigt werden. In diesem Zusammenhang werden Sequenzbehandlungen von ALS-Hemmern in einer Kultur kritisch gesehen. Um diese Frage zu beantworten wurde ein besonderes Biotestverfahren entwickelt. Hier werden unter standardisierten Bedingungen im Freiland mit züchterischen Methoden *A. myosuroides*-Pflanzen einer Population mit beginnender ALS-Resistenz nach unterschiedlichen Vorbehandlungen vermehrt und die nachfolgende Generation hinsichtlich ihrer Empfindlichkeit gegenüber einem ALS-Hemmer überprüft.

Stichwörter: Acker-Fuchsschwanz, ALS-Hemmer, Resistenzmanagement, Sequenzbehandlung, Ungrasbekämpfung

Abstract

The resistance development of *Alopecurus myosuroides* HUDS. (blackgrass) against ALS inhibitors may possibly be accelerated due to different pretreatments. In this context, sequential applications of ALS inhibitors in a culture are thought to be critically. To answer this question, a special bioassay has been developed. In a first step, *A. myosuroides* were sequentially treated with different ALS inhibitors and propagated under standardized conditions in the open field using breeding methods. Seeds of these plants were collected and their susceptibility towards ALS inhibitors was determined.

Keywords: ALS inhibitors, blackgrass, grass weed control, herbicide resistance management, sequence treatment

Einleitung

Alopecurus myosuroides HUDS. gilt als eine sehr schwer zu bekämpfende Ungrasart und hat bereits Resistenzen gegen einige HRAC-Wirkstoffgruppen ausgebildet. Sowohl Resistenzen gegen ALS-Hemmer (HRAC-Gruppe B), ACCase-Hemmer (HRAC-Gruppe A), als auch Photosynthese-Hemmer (HRAC-Gruppe C) sind weit verbreitet. Diese Resistenzen verbreiten sich rasch und haben in Niedersachsen bereits ein enormes Ausmaß erreicht (PETERSEN, 2017; WOLBER, 2017). Als Konsequenz für die Praxis werden die möglichen Herbizidanwendungen angepasst und zunehmend strategisch fruchtfolgeübergreifend geplant (WOLBER, 2017), um weitere Resistenzentwicklungen zu vermeiden.

Material und Methoden

Bei dem untersuchten Samenmaterial handelt es sich um einen Biotyp aus dem Raum Hannover, der bereits eine schwach beginnende metabolische Resistenz gegenüber ALS-Hemmern ausgebildet hat. Dieser Biotyp wurde im Jahr 2016 in Töpfen (Durchmesser 30 cm) ausgesät und die Applikation erfolgte in einer Schachtler Applikationskabine (Wasseraufwandmenge 200 l/ha, ES 90-02, mit 1,89 bar, Spritzhöhe 40 cm). Die Behandlungen sind dem Versuchsplan (Tab. 1.) zu entnehmen. Die Versuchsglieder (VGL) 1 bis 6 wurden zu den Terminen der Unkrautentwicklung H1 (BBCH 11) bis H4 (BBCH 21-23) behandelt und nach der Behandlung ins Freiland gestellt und dort kultiviert. Vor der Blüte wurden die einzelnen Varianten mit Tüten übergestülpt, um eine Fremdbefruchtung zwischen den Versuchsvarianten zu verhindern. Die sich entwickelnden Samen wurden dadurch ausschließlich durch Blütenstände innerhalb der Varianten befruchtet. Die so

gewonnenen Samen der sich entwickelten F2-Generation wurden geerntet und erneut im Biotest untersucht.

Tab. 1 Versuchsplan (Aufwandmenge in kg/ha).

Tab. 1 Experimental design (application rate in kg/ha).

VGL	H1 02.05.16		H2 04.05.16		H3 11.05.16		H4 03.06.16	
	11	11	12	12	13	13	21	23
1			Atlantis WG FHS (Genapol)	0,4 0,8				
2					Atlantis WG FHS (Genapol)	0,4 0,8		
3							Atlantis WG FHS (Genapol)	0,4 0,8
4	Lexus	0,02	Atlantis WG FHS (Genapol)	0,4 0,8				
5	Lexus	0,02					Atlantis WG FHS (Genapol)	0,4 0,8
6			Lexus	0,02			Atlantis WG FHS (Genapol)	0,4 0,8

Zum Nachweis einer vorliegenden Herbizidresistenz der gewonnenen F2-Generation wurde im Gewächshaus an intakten Pflanzen unter definierten Temperatur- und Lichtbedingungen der Biotest durchgeführt. Die ausgedroschenen und gesiebten Samenproben wurden getrocknet und in Papiertüten gelagert. 5 Tage vor der Aussaat wurden die Samen zur Brechung der Dormanz bei -18°C gelagert. Im Anschluss daran erfolgte unmittelbar die Aussaat der Samenproben in Biotesttöpfe (Jiffy-Rundtöpfe, 8 x 8 cm, geschlitzt) mit 4 Wiederholungen je Versuchsvariante. Die Töpfe standen in Pflanzschalen (40 x 60 cm), deren Boden passgenau mit einer Plastikfolie und einem Bewässerungsfließ ausgelegt war. Bei der Aussaaterde handelte es sich um Standardboden (lehmgiger Sand, pH 6,5, Humusgehalt 1,8 %, ca. 300 g incl. Topf, sterilisiert ca. 60 % WK max.). Das zu testende Samenmaterial wurde portioniert, in die mit Erde gefüllten Töpfe gestreut und jeweils mit einer 1 cm dicken Schicht fein gesiebter Erde des Standardbodens bedeckt. Für das weitere Wachstum im Gewächshaus wurden die folgenden Parameter eingestellt: Tagphase: 20°C , 16 h Beleuchtung mit 8000 LUX (180 Watt/m²), Nachtphase: 16°C , 8 h Dunkelheit. Die Bewässerung erfolgte durch bedarfsgerechtes Gießen von unten (Anstau). Der Feuchtigkeitszustand der Töpfe wurde täglich kontrolliert. Die Applikation erfolgte im Stadium BBCH 11-12 von *A. myosuroides* in einer Schachtner Applikationskabine (Wasseraufwandmenge 200 l/ha, ES 90-02, mit 1,89 bar, Spritzhöhe 40 cm). Die F2-Generation wurde mit Atlantis WG 0,5 kg/ha behandelt.

Nach 21 Tagen wurde gemäß EPP0-Richtlinie PP1/93(3) der Wirkungsgrad bonitiert. Für die Bewertung des Wirkungsgrades wurden folgende Grenzwerte zugrunde gelegt: 0 – 50 % = resistente Proben; 51 – 80 % = moderat resistente Proben und 81 – 100 % = sensitive Proben.

Ergebnisse

Die Wirkung von Sequenzspritzungen mit ALS-Hemmern auf *A. myosuroides* mit beginnender metabolischer Resistenz wird durch eine Wirkungsbonitur am 24.06.2016 in der Abbildung 1 dargestellt.

Die alleinige Anwendung von Atlantis WG zum Stadium BBCH 11 des *A. myosuroides* (Biotyp mit einer beginnenden metabolischen Resistenz) hat einen Wirkungsgrad von 98 % erzielt. Damit wurde eine ausreichend wirkungssichere Bekämpfung erreicht. Zum Zeitpunkt BBCH 12 des *A. myosuroides* war die Wirkung auf 82 % abgefallen, und zum Zeitpunkt BBCH 21 des *A. myosuroides* war eine gute Bekämpfung mit einem Wirkungsgrad von 98 % möglich (Abb. 1).

Der Wirkungsabfall von Atlantis WG in BBCH 12 war in allen Wiederholungen festzustellen. In den Varianten 4 bis 6 mit Sequenzbehandlungen mit den Herbiziden Lexus und Atlantis WG waren Wirkungsgrade zwischen 92 bis 98 % festzustellen (Abb. 1).

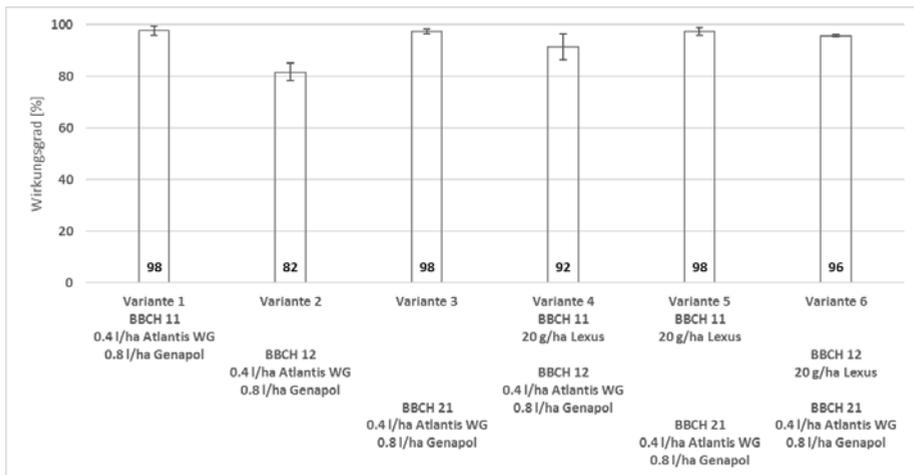


Abb. 1 Wirkung von Sequenzapplikationen mit ALS-Hemmer (Lexus und Atlantis WG) auf *A. myosuroides* mit beginnender metabolischer Resistenz (Wirkungsbonitur am 24.06.2016). Fehlerbalken zeigen die Standardabweichung.

Fig. 1 Effect of sequential applications of ALS inhibitors (Lexus and Atlantis WG) on *A. myosuroides* exhibiting beginning metabolic resistance (efficacy was determined on 24.06.2016). Error bars indicate standard deviation.

Eine Minderwirkung der Atlantis-Behandlung in Spritzfolgen mit einer Lexus-Vorbehandlung war nicht zu erkennen. In keiner der Varianten war eine vollständige Bekämpfung von *A. myosuroides* möglich, so dass in allen Varianten Ungrassamen für die weiteren Untersuchungen an der F2 geentet werden konnten (Abb. 1).

Die Vorbehandlungen mit dem Soloprodukt Atlantis WG in BBCH 11 und 12 des *A. myosuroides* (Variante 1 und 2) erreichten nach Behandlung mit Atlantis WG 0,5 kg/ha in der F2-Generation eine vollständige Bekämpfungsleistung (Abb. 2) oder anders ausgedrückt: die Nachkommen in der F2 sind vollständig sensitiv. Die beginnende metabolische Resistenz der ursprünglichen Generation war nach Vorbehandlung in der F1-Generation nicht festzustellen.

Die Vorbehandlung mit dem Soloprodukt Atlantis WG in BBCH 21 (Variante 3) ließ in der F2-Generation, nach der erneuten Behandlung von Atlantis WG, nur einen über die Wiederholungen gemittelten Wirkungsgrad von 78 % feststellen (Abb. 2).

Eine ähnliche Beobachtung zeigte das Resistenzniveau der F2-Generation nach der Sequenzbehandlungen mit Lexus und Atlantis WG in der F1-Generation. Auch hier schwankte das Resistenzniveau bei der Vorbehandlung von Lexus in BBCH 11 und Atlantis WG in BBCH 12 (Variante 4) zwischen einer sensitiven Bewertung bis zu einem Biotyp mit einer mittleren Resistenzprägung, im Mittel der Wiederholungen mit 85 % (Abb. 2).

Ganz anders zeigten sich dagegen die F2-Nachkommen nach Vorlage der Sequenzbehandlung von Lexus in BBCH 11 und Atlantis WG in BBCH 21 (Variante 5) und nach der Vorlage der Sequenzbehandlung von Lexus in BBCH 12 und Atlantis WG in BBCH 21. In beiden Varianten waren die Nachkommen in der F2-Generation vollständig sensitiv (Abb. 2). Die beginnende metabolische Resistenz der ursprünglichen Generation war in der F2-Generation nach Selektion der Varianten 5 und 6 nicht festzustellen.

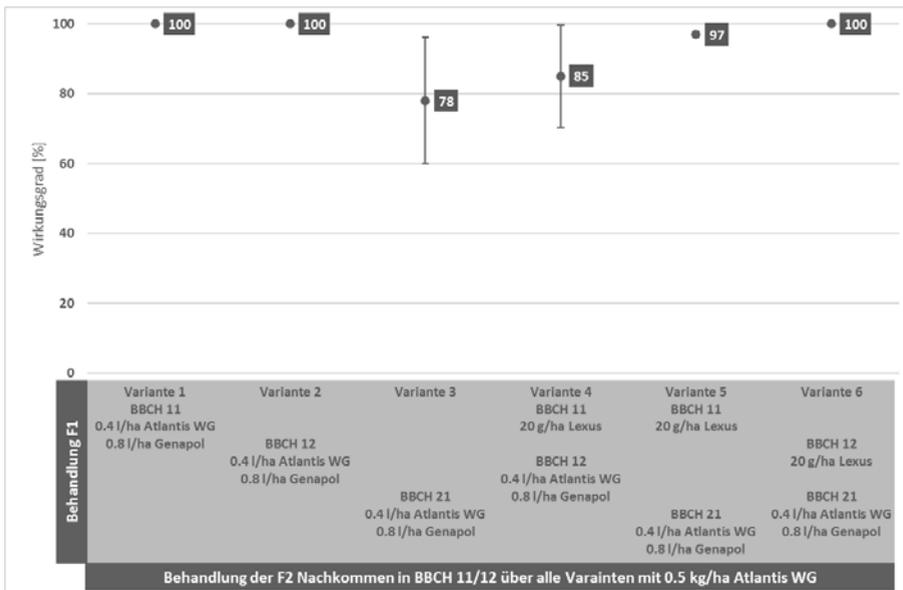


Abb. 2 Resistenzuntersuchung der F2-Generation nach Sequenzbehandlungen mit ALS-Hemmer (Lexus und Atlantis WG) in der F1- Generation von *A. myosuroides* mit beginnender metabolischer Resistenz.

Fig. 2 Resistance study of the F2 generation after sequential treatment with ALS inhibitors (Lexus and Atlantis WG) in the F1 generation of *A. myosuroides* with beginning metabolic resistance.

Zusammenfassend zeigen die F2-Nachkommen nach Anwendung von Atlantis WG in Variante 1 und 2 sowie nach Sequenzbehandlungen in Variante 5 und 6 keine Verschiebung in Richtung eines erhöhten Resistenzniveaus gegenüber der ursprünglichen Population (Abb. 2). Lediglich die F2 Nachkommen der späten Nachbehandlung von Atlantis WG in BBCH 21 (Variante 3) sowie die F2-Nachkommen der Sequenzbehandlung in Variante 4 zeigten eine Varianz in der Wirkung geben die Schwankungsbreite der Ursprungspopulation mit einer beginnenden metabolischen Resistenz wieder.

Diskussion

Der häufig postulierte Grundsatz, dass Sequenzbehandlungen von ALS-Hemmern, wie zum Beispiel Lexus gefolgt von Atlantis WG, gegenüber einem alleine eingesetzten ALS-Hemmer (Atlantis WG), die Wirkungssicherheit gegen *A. myosuroides* beeinträchtigen, ist anhand der gezeigten Ergebnisse der Topfversuche nicht zu bestätigen. In einer früheren Arbeit waren durch eine Sequenzbehandlung von Lexus gefolgt von Atlantis WG auch synergistische Effekte zu beobachten (DROBNY et al., 2006). Auch eine mögliche Förderung der Resistenzentwicklung gegenüber der Wirkstoffgruppe der ALS-Hemmer konnte anhand der gezeigten Untersuchungsergebnisse für eine beginnende metabolische Population von *A. myosuroides* für die nachfolgende Generation nicht bestätigt werden. Auch PETERSEN (2014) bestätigt für vier untersuchte Biotypen von *A. myosuroides*. (2 sensitive und 2 metabolisch resistente) das unterschiedliche Vorbehandlungen (keine, Lexus, Boxer, Cadou) die Wirksamkeit einer Behandlung mit Atlantis WG im Frühjahr nicht beeinflusst haben.

Untersuchungen zur Resistenzentwicklung in der nächsten Unkrautgeneration nach Sequenzbehandlungen von ALS-Herbiziden gibt es nur sehr wenige. PETERSEN (2015) zeigt für eine resistente Population von *A. myosuroides* „Elbe“, dass die Vorbehandlungen mit Sequenzanwendungen von ALS-Hemmern keinen messbaren Einfluss auf die weitere Resistenzentwicklung hatten. PETERSEN (2015) gibt aber zu bedenken, dass die Population schon

resistent war und die kleinräumige Anordnung möglicherweise durch wechselseitigen Pollenaustausch mögliche Unterschiede nivelliert haben könnte. Dieser Pollenaustausch mit anderen Versuchsvarianten kann in den hier gezeigten Ergebnissen ausgeschlossen werden, da die Pflanzen durch übergestülpte Tüten am Pollenaustausch gehindert waren.

Eine Resistenzentwicklung von *A. myosuroides* gegenüber ALS-Hemmern tritt unter Freilandbedingungen erfahrungsgemäß nach mehreren Jahren nach Erstanwendung der Wirkstoffgruppe auf. Dies geschieht meist erst nach ca. 6-8 Anwendungen, vor allem, wenn es zum Wiederholen, alleinigen Einsatz der ALS-Hemmer kommt. Sie kann aber hinausgezögert werden, wenn Maßnahmen zum Resistenzmanagement genutzt werden (WOLBER, 2017).

Neben den ackerbaulichen Resistenzmanagementmaßnahmen sind daher auch der Wirkstoffwechsel und die Wirkstoffkombination von mehreren wirksamen Wirkstoffgruppen zu nennen. Tankmischungen und Spritzfolgen sind mögliche Verfahren, um eine ausreichend sichere Unkrautbekämpfung zu erzielen, wobei möglichst Herbizide mit unterschiedlichen Wirkmechanismen eingesetzt werden sollten (ZWERGER et al., 2017). Eine Bekämpfungsfolge mit demselben Wirkungsmechanismus innerhalb einer Kultur oder in einer unmittelbaren Folge gegen die Nachkommen behandelter Unkrautarten ist zu vermeiden (ZWERGER et al., 2017). Eine vollständige 100 prozentige Wirkung, wie in den gezeigten Ergebnissen zu sehen ist, ist in der Praxis kaum erreichbar. Daher werden immer Wirkstoffkombinationen mit einem unterstützenden Bodenwirkstoff eingesetzt (WOLBER, 2017).

Die Ergebnisse zeigen, dass die sequentielle Applikation von ALS-Hemmern nicht zwangsläufig zu Minderwirkungen innerhalb einer Generation führen muss. Im Sinne eines guten Resistenzmanagements und zum Erreichen eines höchstmöglichen Wirkungsgrades ist jedoch zumindest bei einem ALS-Hemmer ein Partner einer wirksamen zweiten Wirkstoffgruppe in einer Tankmischung zuzusetzen.

Literatur

- DROBNY, H.G., M. SALAS und J.P. CLAUDE, 2006: Management of metabolic resistant black-grass (*Alopecurus myosuroides* HUDS.) populations in Germany – challenges and opportunities. *Journal of Plant Diseases and Protection, Sonderheft XX*, 66-72.
- MEINLSCHMIDT, E., C. TÜMLER, K. EWERT, H. SCHMALSTIEG und E. BERGMANN, 2016: Verbreitung und effektive Kontrolle von Ackerfuchsschwanz (*Alopecurus myosuroides*) im Hinblick auf die Resistenzentwicklung - Auswertung der Ringversuche der Bundesländer Brandenburg, Hessen, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen von 2000-2014. *Julius-Kühn-Archiv* **452**, 371-384.
- PETERSEN, J., 2014: Einfluss von Sequenzbehandlungen auf die Herbizidresistenzentwicklung bei *Alopecurus myosuroides*. *Julius-Kühn-Archiv* **447**, 102-103.
- PETERSEN, J., 2015: Einfluss von Sequenzbehandlungen auf die Herbizidresistenzentwicklung bei Ackerfuchsschwanz. *Getreidemagazin* **4**, 17-21.
- PETERSEN, J., 2017: Resistenzentwicklung von Ackerfuchsschwanz. *Getreidemagazin* **4**, 14-17.
- WOLBER, D., 2017: Herbizidresistenzen: das Ende der Fahnenstange ist erreicht. *Getreidemagazin* **3**, 23-29.
- ZWERGER, P., B. AUGUSTIN, J. BECKER, C. 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 und D. WOLBER, 2017: Integriertes Unkrautmanagement von Herbizidresistenz. *Journal für Kulturpflanzen* **69** (4), 146-149.