

Resistenzsituation von *Alopecurus myosuroides* in Niedersachsen

Resistance of herbicides against Alopecurus myosuroides in Lower Saxony

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

Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Pflanzenschutzamt, Wunstorfer Landstraße 9, 30453 Hannover

*Korrespondierender Autor, dirk.wolber@lwk-niedersachsen.de

DOI 10.5073/jka.2020.464.057



Zusammenfassung

Im Pflanzenschutzamt der LWK Niedersachsen werden Samen von *Alopecurus myosuroides* im sogenannten „Biotest“ auf metabolische Herbizidresistenz und bei Bedarf auf weitergehende Target-site Resistenz (TSR) untersucht. Auf den norddeutschen Flächen brechen ganze Wirkstoffgruppen bei der Bekämpfung von Acker-Fuchsschwanz in allen Ackerbaukulturen weg, insbesondere auf Flächen, die seit Jahren intensiv in engen Getreidefruchtfolgen bewirtschaftet werden. Auf knapp 50 % der untersuchten Standorte wurde eine mittlere bis starke ALS-Resistenz gegenüber Mesosulfuron (enthalten in Atlantis WG, Atlantis OD, Atlantis flex, Niantic) nachgewiesen. Weitere Herbizide aus der Gruppe der ALS-Hemmer sind betroffen, so zeigen rund die Hälfte der gegenüber Mesosulfuron resistenten niedersächsischen Standorte auch eine deutliche Wirkungseinschränkung gegenüber den Wirkstoffen Foramsulfuron und Thienencarbazone (beide enthalten in MaisTer Power) in Mais. Fast die Hälfte der untersuchten Proben zeigt in Niedersachsen keine ausreichende Wirkung mehr für die Wirkstoffgruppe der DIM, Focus Ultra ist besonders betroffen und in einem geringeren Umfang auch Select 240 EC. Die Wirkstoffgruppen A (ACCCase-Hemmer), und C (Photosynthese Hemmer) leiden ebenfalls unter einem erhöhten Resistenzrisiko bei den Gräserarten und das gleichzeitig in den Wintergetreidearten, Winterraps und den Sommerungen wie Kartoffeln, Zuckerrüben, Mais und Sommergetreide. In der Wirkstoffgruppe K zeigt der Wirkstoff Flufenacet bei der Acker-Fuchsschwanzbekämpfung ebenfalls erste Ermüdungserscheinungen. Dagegen werden bislang keine Herbizidresistenzen in den Wirkstoffgruppen E (Flumioxazin, Carfentrazone und Bifenox), F (Diflufenican, Clomazone und den Triketonen) sowie in G (Glyphosat), N (Prosulfocarb, Ethofumesat und den Synthetischen Auxinen (Quinmerac, Aminopyralid, Clopyralid) und den sogenannten Wuchsstoffpräparaten beobachtet.

Weitere Herbizidresistenzen lassen sich für *Alopecurus myosuroides* nur durch Wirkstoffwechsel, Wirkstoffkombination und ackerbaulichen Maßnahmen vermeiden.

Stichwörter: Acker-Fuchsschwanz, *Alopecurus myosuroides*, Resistenzmanagement, Ungrasbekämpfung

Abstract

In the Plant Protection Office of the LWK Lower Saxony, seeds from *Alopecurus myosuroides* are tested in the so-called "bioassay" for metabolic herbicide resistance and, if necessary, for further target site resistance (TSR). On the North German plains, whole groups of active ingredients in the control of *A. myosuroides* break away in all agricultural crops, in particular on sites that have been cultivated intensively for years in short cereal-based crop rotation. Nearly 50% of the investigated sites showed medium to high resistance to mesosulfuron (contained in Atlantis WG, Atlantis OD, Atlantis flex, Niantic). Other herbicides from the HRAC group of ALS inhibitors are affected, with around half of the mesosulfuron-resistant samples from Lower Saxony also showing a significant reduction in their sensitivity to the active substance thienencarbazone (included in, for example, MaisTer Power) in maize. Almost half of the samples examined in Lower Saxony no longer have a sufficient sensitivity to the active ingredient group of DIMs; Focus Ultra is particularly affected and, to a lesser extent, Select 240 EC.

HRAC groups A (ACCCase inhibitors) and C (photosynthetic inhibitors) also suffer from an increased risk of resistance in grass species, and at the same time in winter cereals, winter rape and spring crops such as potatoes, sugar beets, maize and summer cereals. In the HRAC group group K, the active ingredient flufenacet also shows the first signs of efficacy loss in the field of *A. myosuroides* control. In contrast, so far no herbicide resistance in the HRAC groups E (flumioxazine, carfentrazone and bifenox), F (diflufenican, clomazone and the triketones), G (glyphosate), N (prosulfocarb, ethofumesate and the synthetic auxins (quinmerac, aminopyralid, clopyralid) and the so-called growth hormone preparations has been observed.

Further herbicide resistance in *A. myosuroides* can only be mitigated by a rotation of active ingredients with different Mode of Action, the use of active ingredient combinations and agronomic measures.

Keywords: *Alopecurus myosuroides*, black grass, grass weed control, herbicide resistance management

Einleitung

Das Auftreten von herbizidresistenten Unkräutern ist die Folge eines Selektionsprozesses durch den häufigen Einsatz von Herbiziden mit demselben Wirkmechanismus bzw. dem gleichen Wirkstoff. Dabei werden Biotypen mit einer natürlichen Widerstandsfähigkeit in ihrer Entwicklung begünstigt. Der Anteil resistenter Biotypen in der Population nimmt stetig zu und es entstehen zunehmend Bekämpfungsprobleme.

Ackerbauliche Strukturen mit ihren teils sehr einseitigen Fruchtfolgen (z. B. Winterweizen – Winterweizen – Winterraps) fördern das Auftreten von *Alopecurus myosuroides*. Die Weizensorten sind zudem infolge ihres Längenwachstums nicht konkurrenzfähig gegenüber diesem Ungras. Auch hohe Bestandesdichten werden angesichts erhöhter Lageranfälligkeit nicht angestrebt, obgleich auf diese Weise das Unkraut eher verdrängt wird. In diesen Fruchtfolgen sind mehrfache Herbizidbehandlungen mittlerweile Standard. *A. myosuroides* zeigt das gleiche Auflaufverhalten wie Wintergetreide (BALGHEIM, 2006). Er keimt oft schneller als das Wintergetreide, was ihm einen deutlichen Vorsprung zur Kulturpflanze verschafft. Besonders in den Fluss- und Küstenmarschen Niedersachsens wird auf den schweren tonhaltigen Böden die Aussaat des Wintergetreides oft in den September gelegt, da in einem regenreichen Herbst die Befahrbarkeit dieser Flächen zu einem späteren Zeitpunkt möglicherweise nicht mehr gegeben ist. Darüber hinaus ist die Aussaatstärke beim Wintergetreide an den Aussaattermin gebunden. In den daraus resultierenden dünneren Beständen des früh ausgesäten Wintergetreides entwickelt sich das einher auflaufende Ungras nahezu ohne nennenswerte Konkurrenz. Der Einfluss der Bodenbearbeitungsform (wendend/nicht wendend) hängt von dem Unkrautbesatz in der Vorfrucht und der Witterung im Bearbeitungszeitraum ab. Nicht wendende Bodenbearbeitung begünstigt den Auflauf von *Alopecurus myosuroides*-Samen. Über die Jahre reichern sich so viele Ungrassamen in der oberen Bodenschicht an und es muss mit einer Zunahme der Ungrasdichte gerechnet werden. Die wendende Bodenbearbeitung verschüttet die Ungrassamen in einen tieferen Horizont. Diese Samen kommen in der Folgekultur nicht mehr zur Auskeimung (ZWINGER, 2002).

Das Pflanzenschutzamt der Landwirtschaftskammer Niedersachsen hat in den vergangenen zehn Jahren Monitoringproben, die aus allen Teilen Niedersachsens stammen, im Biotest untersucht, um die Verbreitung von Resistenzen bei *Alopecurus myosuroides* gegen die verschiedenen Wirkstoffgruppen zu untersuchen.

Material und Methoden

Zum Nachweis einer vorliegenden Herbizidresistenz wurde ein Biotest im Gewächshaus an intakten Pflanzen, unter definierten Temperatur- und Lichtbedingungen durchgeführt. In den Jahren 2007 bis 2018 konnten in Niedersachsen 677 solcher Biotests an Samenproben von *Alopecurus myosuroides* durchgeführt werden.

Die ausgedroschenen Samenproben wurden trocken in Papiertüten aufbewahrt, bis sie vor der Aussaat zur Brechung der Dormanz 5 Tage bei – 18 °C in der Tiefkühltruhe gelagert wurden. Im Anschluss daran erfolgte unmittelbar die Aussaat der Samenproben in Biotesttöpfe (Jiffi-Rundtöpfe 8 x 8 cm geschlitzt) in 4 Wiederholungen je Versuchsvariante. Die Töpfe (Jiffi-Pots) standen in Pflanzschalen (40 x 60 cm), auf deren Boden eine Plastikfolie sowie darauf ein Bewässerungsfließ passgenau ausgelegt wurde. Bei der Aussaaterde handelte es sich um PSA-Standardboden (lehmgiger Sand pH 6,5, Humusgehalt 1,8 %, ca. 300 g incl. Topf, sterilisiert ca. 60 % WK max.). Das zu testende Samenmaterial wurde zu ca. 20 Samen portioniert, in die mit Erde gefüllten Töpfe gestreut und jeweils mit einer ca. 1 cm dicken Schicht fein gesiebter Erde des PSA-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). Eine Ausnahme bildeten die Varianten mit Bodenherbiziden. Hier wurde in den ersten 10 Tagen nach der Applikation von oben gegossen. Der Feuchtigkeitszustand der Töpfe wurde täglich kontrolliert.

Tab. 1 Im Resistenztest verwendete Herbizide.**Tab. 1** *Herbicides used in the resistance test.*

Herbizid	Wirkstoff	Wirkstoff- gruppe	Aufwand- menge voll l/g/ha	Aufwand- menge doppelt l/g/ha	Applikation BBCH
Cadou SC 2008-dato	Flufenacet	K	0,5	1,0	0-0
Arelon Top* bis 2009	Isoproturon	C	1,5	3,0	0-0
Boxer 2009-2011	Prosulfocarb	N	5,0	10,0	0-0
Ralon Super bis 2010	Fenoxaprop-P	A	1,2	2,4	11-12
Focus Ultra + Dash ab 2009	Cycloxydim	A	2,5 + 1,0	5,0 + 2,0	11-12
Select + Parasommer ab 2014	Clethodim	A	0,5+1,0	1,0+2,0	11-12
Motivell 2010-11	Nicosulfuron	B	1,0	2,0	11-12
Kelvin ab 2012-13	Nicosulfuron	B	1,0	1,0	11-12
Motivell Forte ab 2014	Nicosulfuron	B	0,75	1,5	11-12
MaisTer 2014-16	Iodosulfuron + Foramsulfuron	B	1,5	3,0	11-12
MaisTer Power ab 2016	Iodosulfuron + Foramsulfuron + Thiencarbazone	B	1,5	3,0	11-12
Atlantis OD bis 2009	Iodosulfuron + Mesosulfuron	B	1,2	2,4	11-12
Atlantis WG + FHS ab 2010	Iodosulfuron + Mesosulfuron	B	0,5 + 1,0	1,0 + 1,0	11-12
Lexus + FHS bis 2013	Flupyralsulfuron	B	0,02 + 0,25	0,04 + 0,25	11-12
Kerb FLO ab 2010	Propyzamid	K	1,875	3,75	11-12
Roundup Power Flex ab 2015	Glyphosat	G	3,75	7,5	11-12

Die Applikation erfolgte in einer Schachtner Applikationskabine (Wasseraufwandmenge 200 l/ha; Düse ES 90-02; 1,89 bar; Spritzhöhe 40 cm) für die Bodenherbizide im Stadium BBCH 0-7 (je nach Herbizid) und für die Blattherbizide im Stadium BBCH 11-12.

21 Tage nach der Herbizidapplikation wurde gemäß EPPO-Richtlinie PP1/93(3) der Wirkungsgrad bonitiert. Für die Bewertung des Wirkungsgrades wurden folgende Grenzwerte zugrunde gelegt: Wirkungsgrad 0-50 %: resistente Proben, Wirkungsgrad 51-80 %: moderat resistente Proben und Wirkungsgrad 81 – 100 %: sensitive Proben.

Als Referenz wurde ein sensibler Standard von *Alopecurus myosuroides* der Firma Herbiseed, Bergshire mit getestet.

Im Biotest sollten möglichst verschiedene Wirkungsmechanismen der Herbizide geprüft werden. Daher richtete sich die Auswahl der Herbizide nach ihrem Wirkungsmechanismus nach HRAC. Behandelt wurde dann mit handelsüblichen Gräserherbiziden in einfacher und doppelter Aufwandmenge (Tab. 1).

Die getesteten Herbizide wurden über die vergangenen zehn Jahre an die Rahmenbedingungen und die sich entwickelnden Resistenzen angepasst. Der in den Jahren 2007 bis 2009 untersuchte Wirkstoff Isoproturon (Arelon Top) wurde schrittweise durch den Wirkstoff Flufenacet (Cadou SC) ersetzt. Zunehmende Resistenzen gegenüber Iodosulfuron (Lexus) und Fenoxaprop (Ralon Super) führten zum Ausschluss auch dieser Produkte zugunsten von Nicosulfuron (Motivell forte/Kelvin) und Clethodim (Select 240 SC). Zusätzlich wurde 2010 der Wirkstoff Propyzamid (Kerb FLO) mit aufgenommen, da in der Praxis auf behandelten Flächen vermeintliche Minderwirkungen beobachtet wurden. Als letztes, wirksames Sulfonylherbizid wurde in den vergangenen 3 Jahren auch Thiencarbazone (Mais Ter; MaisTer Power) verwendet. Seit 2015 werden auch glyphosathaltige Herbizide geprüft. In Tabelle 1 ist eine Übersicht aller im Biotest getesteten Herbizide aufgeführt.

In den Jahren 2007 bis 2018 wurden in Niedersachsen insgesamt 677 Samenproben von *Alopecurus myosuroides* von Monitoringflächen im Biotest untersucht. Im Sommer 2015 wurden zusätzlich 26 im Biotest resistente Herkunft auf eine Target-Site-Resistenz (TSR) untersucht.

Darüber hinaus erfolgte eine Auswertung der Schlaghistorien. Diese Schlaghistorien entstammen den Feldern, auf denen die Samenproben für die Biotestungen gezogen wurden und beschreiben Kulturart, Bodenbearbeitung und Herbizideinsatz auf den beprobten Flächen über einen Zeitraum von fünf Jahren.

Die exakte Verbreitung von *Alopecurus myosuroides* in Niedersachsen wurde auf Landkreisebene von den Pflanzenschutzberatern der Bezirksstellen der Landwirtschaftskammer Niedersachsen geschätzt.

129 Wirkungsversuche, die im Zeitraum von 2007 bis 2016 in Niedersachsen zur Bekämpfung von *Alopecurus myosuroides* auf Praxisflächen im Winterweizen durchgeführt wurden, sind ausgewertet worden, um zu untersuchen, wie sich der Wirkungsgrad von Atlantis WG in den vergangenen 10 Jahren verändert hat.

Ergebnisse

Zunächst verbreitete sich die Resistenz gegenüber Isoproturon (IPU) aus der Gruppe der Photosynthesehemmer (HRAC C). Als dieser Wirkstoff nicht mehr ausreichende Gräserwirkung zeigte, wurden ACCase-Hemmer (HRAC A) gegen *A. myosuroides* eingesetzt. Anfangs kamen vermehrt FOP's wie z.B. Haloxyfop, Quizalofop, Fluazifop, und Propaquizafop zum Einsatz. Nachdem auch hier Resistenzen auftraten, wurden im Getreide ALS-Hemmer (HRAC B) wie Sulfosulfuron, Flupyrsulfuron, Amidosulfuron, Propoxycarbazone, Iodosulfuron sowie Metsulfuron eingesetzt und in dikotylen Kulturen (Raps, Kartoffeln und Zuckerrüben) zur Ungrasbekämpfung vermehrt DIM's aus der Gruppe der ACCase-Hemmer appliziert. In den vergangenen 10 Jahren haben sich auf vielen Flächen in Norddeutschland breite Resistenzen des *A. myosuroides* gegenüber teilweise mehreren Wirkstoffgruppen ausgebreitet. Neben der Wirkstoffgruppe der ACCase-Hemmer ist auch die Wirkstoffgruppe der ALS-Hemmer stark resistenzgefährdet. Die exakte Verbreitung von *A. myosuroides* wurde auf Landkreisebene von den Pflanzenschutzberatern der Landwirtschaftskammer Niedersachsen geschätzt (Abb. 1).

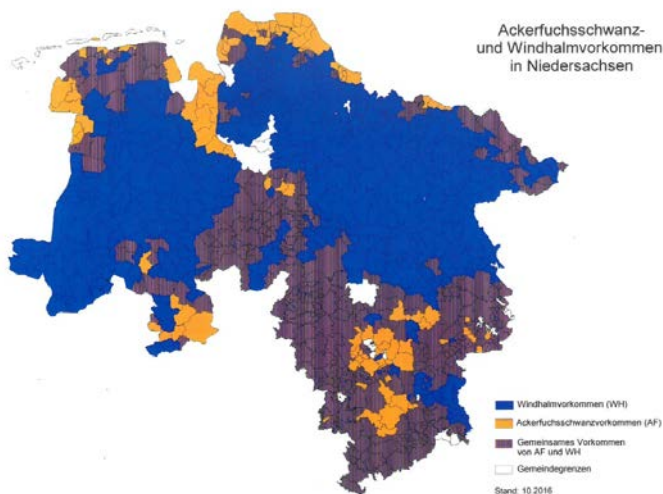


Abb. 1 Vorkommen von *Alopecurus myosuroides* in Niedersachsen.

Fig. 1 Occurrence of *Alopecurus myosuroides* in Lower Saxony.

In den Jahren 2007 bis 2018 wurden in Niedersachsen 677 Samenproben von *A. myosuroides* von Monitoring Flächen im Biotest untersucht (Abb. 2). In 285 Proben der untersuchten 677 *Alopecurus myosuroides* – Herkünfte wurden in den vergangenen zehn Jahren eine ALS-Resistenz gegenüber Mesosulfuron (enthalten in Atlantis WG, Atlantis OD, Atlantis flex, Niantic) nachgewiesen. Nur 43 % der untersuchten Monitoringproben weisen eine noch ausreichende Wirkung mit Wirkungsgraden von 81 – 100 % gegenüber Mesosulfuron auf.

Fast die Hälfte der untersuchten Proben in Niedersachsen zeigte mit Wirkungsgraden unter 50 % Wirkung keine ausreichende Wirkung für die Wirkstoffgruppe der DIMs. Cycloxydim (Focus Ultra) ist besonders betroffen und in einem geringeren Umfang auch Clethodim (Select 240 EC). Für die Gruppe der FOPs, dazu gehören Herbizide wie z. B. Fenoxaprop (Ralon Super), Clodinafop (Traxos, Sword) und Propaquizafop (Agil-S), zeigte in den Resistenzuntersuchungen lediglich für ca. 12 % der Proben noch eine ausreichende Wirkung. Der im Raps eingesetzte Wirkstoff Propyzamid (Kerb FLO, Cohort, Groove und Milestone) zeigte noch keine Wirkungsminderungen, ebenso wie der hier nicht aufgeführte Wirkstoff Pendimethalin (enthalten in Malibu, Picono und Stomp Aqua). Der bodenwirksame Wirkstoff Flufenacet (enthalten in Cadou SC, Herold SC, Bacara Forte) zeigte in ca. 8 % der untersuchten Monitoringproben für *A. myosuroides* eine beginnende Herbizidresistenz.

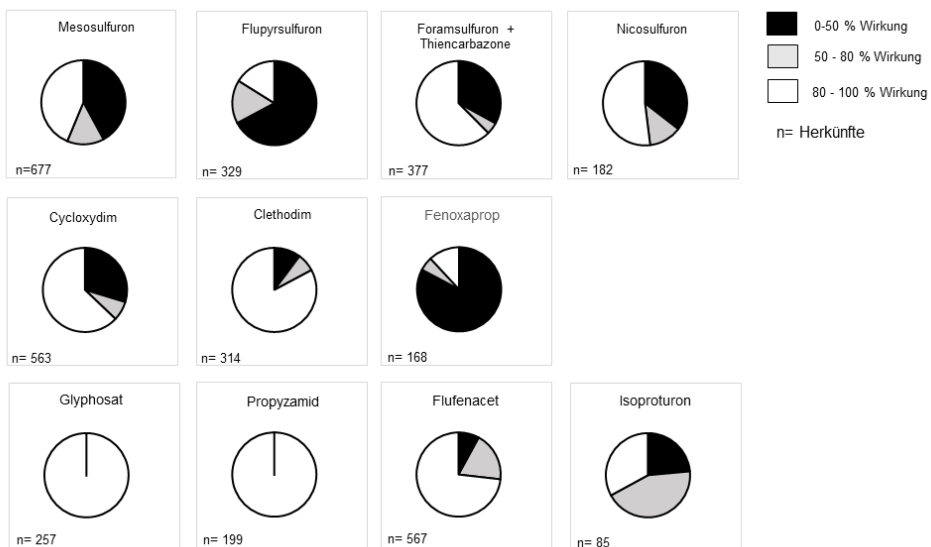


Abb. 2 Überblick über untersuchte *Alopecurus myosuroides*-Samenproben im Biotest 2007 – 2018.

Fig. 2 Overview of studied *Alopecurus myosuroides* seed samples in the bioassays 2007 – 2018.

Die 285 gegenüber Mesosulfuron resistenten Proben wurden im jeweiligen Testdurchgang auch bezüglich ihrer Sensitivität gegenüber anderen Wirkstoffen getestet. Das Ergebnis ist in Abbildung 3 dargestellt. Bei mehr als 70 % der Proben ($r = 81$ von $n = 109$ getesteten Proben) bestätigte sich im Biotest neben der Resistenz gegen Mesosulfuron auch eine Resistenz gegenüber dem im Mais eingesetzten Nicosulfuron (Motivell forte, Kelvin OD). Bei 55 % ($r = 92$ von $n = 167$) der als resistent gegenüber Mesosulfuron bestätigten Proben wurde gleichzeitig eine Resistenz gegenüber Foramsulfuron plus Thienicarbazone (MaisTer, MaisTer Power) festgestellt. Die als resistent gegenüber Mesosulfuron bestätigten Proben zeigten weiterhin eine Resistenz gegenüber Pinoxaden (85 % der Proben) und Fenoxaprop-P (93 % der Proben). Bis zum Jahr 2013 wurden diese multiplen Resistenzen eher auf den Marschböden in Niedersachsen gefunden, seit 2014 nehmen sie aber besonders auf den typischen *Alopecurus myosuroides*-Standorten in Süd- und Ostniedersachsen zu.

Der Vergleich von 129 Wirkungsversuchen, die im Zeitraum von 2006 bis 2016 in Niedersachsen zur Bekämpfung von *A. myosuroides* im Winterweizen durchgeführt wurden verdeutlicht, dass der Wirkungsgrad auch von Atlantis WG in den vergangenen 10 Jahren auf den Praxisflächen in Niedersachsen deutlich abnahm (Abb. 4).

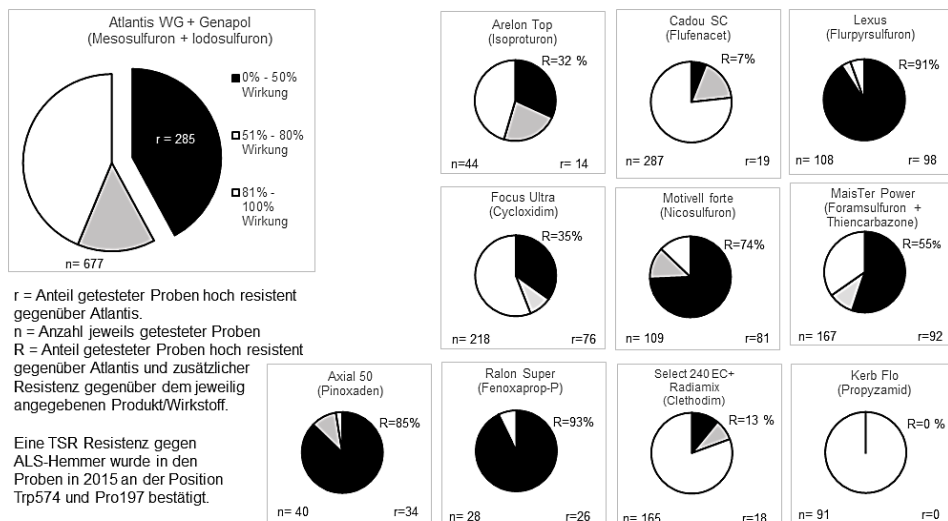


Abb. 3 Multiple Resistenz in *Alopecurus myosuroides* 2007 bis 2018.

Fig. 3 Multiple resistance in *Alopecurus myosuroides* from 2007 until 2018.

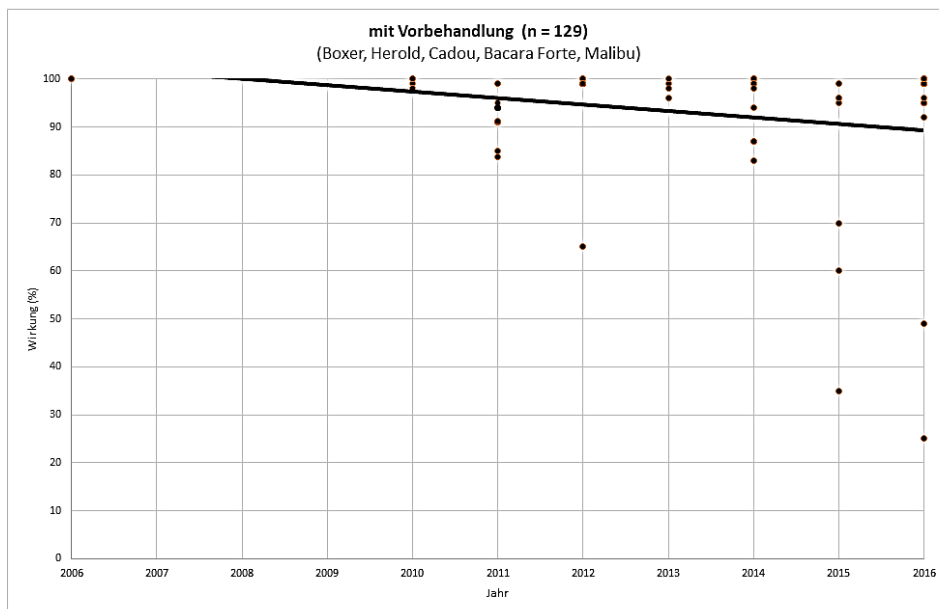


Abb. 4 Wirkungsverlust von Atlantis WG (0,5 kg/ha) in 129 niedersächsischen GEP-Versuchen im Wintergetreide.

Fig. 4 Loss of efficiency of Atlantis WG (0.5 kg/ha) in 129 Lower Saxony GEP experiments in winter cereals.

Die Auswertung der Schlagdaten in Tabelle 2 bestätigt die Ergebnisse der Resistenzuntersuchung. Je häufiger ein ALS-Hemmer in der Fruchtfolge eingesetzt wurde, umso häufiger traten Resistenzen gegenüber Atlantis WG auf.

Von den 68 Schlägen mit nachgewiesener Resistenz gegenüber Atlantis WG (<50 % Wirkung) wurde in 77 % der Fälle mehr als zweimal Atlantis WG in den vergangenen fünf Jahren appliziert und in 81 % der Fälle mehr als dreimal ein ALS-Hemmer wie z. B. Atlantis WG. Auch der völlige Pflugverzicht resultiert in einer Minderwirkung von Atlantis WG. In 76 % der untersuchten Fälle stammten die gegenüber Atlantis WG resistenten Herkünfte von Flächen, auf denen vollkommen auf den Pflug verzichtet wurde.

Tab. 2 Auswertung von Schlagkarteidaten nach Resistenzuntersuchung von *A. myosuroides*.

Tab. 2 Evaluation of field data after resistance examination of *A. myosuroides*.

Herbizid	Atlantis <50% Wirkung n=68 Proben mit 5 jähr. Schlaghistorie Angaben in % der Schlaghistorie	Atlantis 51-80 % Wirkung n= 55 Proben mit 5 jähr. Schlaghistorie Angaben in % der Schlaghistorie	Atlantis 80-100 % Wirkung n= 105 Proben mit 5 jähr. Schlaghistorie Angaben in % der Schlaghistorie
> 3x Wintergetreide in 5 Jahren in der Fruchtfolge	84	96	57
Pflugverzicht	76	44	40
Kein ALS-Hemmer	0	0	21
Kein Einsatz von Flufenacet	12	10	14
> 2x Atlantis (in 5 Jahren in der Fruchtfolge)	77	29	26
≥ 3x ALS-Hemmer (in 5 Jahren in der Fruchtfolge)	84	96	57

Diskussion

In den niedersächsischen Fluss- und Küstenmarschen haben sich bei *Alopecurus myosuroides* seit den 1990er Jahren durch einseitige Getreidefruchtfolgen mit ausschließlichen Anbau von Winterungen sowie in den September vorgezogene Saattermine, und auch durch zu häufigen Einsatz von Herbiziden der gleichen Wirkstoffgruppe, breite Resistenzen gegenüber teilweise mehreren Wirkstoffgruppen ausgebreitet. Neben der Wirkstoffgruppe der ACCase-Hemmer (HRAC A) sind auch die ALS-Hemmer (HRAC B) stark resistenzgefährdet. Die Beschreibung der HRAC-Gruppen und das jeweilige Resistenzrisiko sind in Tabelle 3 aufgeführt (WOLBER, 2017).

Anhand der Resistenzuntersuchungen im Biotest und der ausgewerteten Versuche lässt sich die allgemeingültige Tabelle 4 ableiten (WOLBER, 2017). Das Resistenzrisiko steigt, wenn regelmäßig ein hoher Unkrautbesatz bereits vor dem Herbizideinsatz geduldet wird. Je mehr Unkräuter vorhanden sind, desto eher kann ein mutiertes Unkraut mit der entsprechenden Resistenzeigenschaft selektiert werden. Auch steigt das Resistenzrisiko zum Beispiel in einer engen Getreidefruchtfolge insbesondere dann, wenn ortstypisch ein sehr früher Saatzeitpunkt gewählt oder wenn vollständig auf den Pflug verzichtet wird. Besonders bei frühen Saatterminen, also im September und Oktober, kann sich ein stärkerer Unkrautbesatz vor Winter entwickeln und damit auch ein größeres Herbizidresistenzrisiko.

Erst bei der Erweiterung der Fruchtfolge mit Blattfrüchten wird ein Herbizidwirkstoffwechsel im Sinne eines Resistenzmanagements ermöglicht. Bei Saatterminen bis Ende November ist die Keimrate von *Alopecurus myosuroides* deutlich geringer als bei früheren Saatterminen. Der Einsatz von Glyphosat vor oder kurz nach Saat hilft zusätzlich bei einem starken Ungrasbesatz, kann aber eine extensive Stoppelbearbeitung im Sinne des Resistenzmanagements nicht vollständig ersetzen.

Auf Flächen wo erstmals eine Herbizidresistenz zu beobachten ist, kann ein einmaliges Unterpflügen, gefolgt von einem mehrjährigen Pflugverzicht die weitere Ausdehnung einer resistenten Population mindern (WOLBER, 2017). Allerdings ist dann die Überlebensdauer der

Unkrautsamen im Boden zu beachten. In Abhängigkeit von der Bodenart, der biologischen Bodenaktivität und den ackerbaulichen Einflüssen können *Alopecurus myosuroides* bis zu 10 Jahre im Boden (ZWERGER, 2002) überleben.

Mit zunehmendem Anteil von Sommerungen und Blattfrüchten in der Fruchtfolge wird zusätzlich eine nachhaltige Minderung des Samenpotentials erreicht, da die Samen von Ungräsern nur eine begrenzte Zeit keimfähig sind und nach der Bodenbearbeitung zur Sommerung deutlich vermindert auflaufen. Ein jährlicher Wechsel zwischen Blatt- und Halmfrucht kann die Verunkrautung mit *Alopecurus myosuroides*, im Vergleich zu Fruchtfolgen mit 67 % Getreideanteil, fast halbieren. Sorten mit guter Konkurrenzkraft sowie homogene, lückenfreie Bestände helfen ebenfalls den Unkrautbesatz zu unterdrücken und unterstützen so ein effektives Resistenzmanagement.

Tab. 3 Wirkstoffgruppen nach HRAC und Wirkungsmechanismen mit deren Resistenzrisiko.

Tab. 3 Active substance groups according to HRAC and modes of action with their resistance to resistance (excerpt).

	A	B	C	E	F	G	K	N	O
Wirkmechanismus	ACCase-Hemmer	ALS-Hemmer	Photosynthese-Hemmer	PPO-Hemmer	4-HPPD-Hemmer	ESPS-Hemmer	Zellwachstums-Hemmer	Lipidsynthese-Hemmer	Synthetische Auxine
Resistenzrisiko gegen Gräserarten	sehr hoch	sehr hoch	hoch	sehr gering	sehr gering	gering	mittel	gering	gering

Tab. 4 Wie hoch ist die Gefahr einer Herbizidresistenz? (Quelle: WOLBER (2017) verändert nach HRAC: Guidelines to the management of herbicide resistance).

Tab. 4 What is the risk of herbicide resistance? (Source: WOLBER (2017) according to HRAC: Guidelines to the management of herbicide resistance).

Gefährdung	Gering	Mittel	Hoch
Fruchtfolge	Vielseitig mit Sommerungen	Eingeschränkt, vorwiegend Winterungen	Kein Fruchtwechsel
Bodenbearbeitung	Pflugeinsatz, intensive Stoppelbearbeitung	Pflugeinsatz, ansonsten eher Extensiv	Minimalbodenbearbeitung
Unkrautbesatz vor Herbizideinsatz	Niedrig	Mittel	Hoch
Resistenzverbreitung in Region	Ohne	Erste Verdachtsfälle in einzelner Wirkstoffgruppe	Mehrere Wirkstoffgruppen betroffen
Selektionsdruck		Wirkungsgrade 100 % (z.B. Mischungen von mehr als zwei Wirkstoffgruppen)	Zunehmender Selektionsdruck durch abfallende Wirkungsgrade (unter 97 %) ohne Kombination und Wechsel von Wirkstoffgruppen
Wechsel von Wirkstoffgruppen	Wechsel pro Fruchtfolge	Jährlicher Wechsel mit einer Unkrautgeneration	Mehrmalige Verwendung einer Wirkstoffgruppe in einer Kultur bei „Teilwirkung“
Ausbreitungsgeschwindigkeit der Unkrautresistenz	Langsame Ausbreitungsgeschwindigkeit (Metabolische Resistenz, viele Gene betroffen)		Schnelle Ausbreitungsgeschwindigkeit (TSR, Punktmutation eines Gens, Pollentransport)

Eine angepasste Bodenbearbeitung unterstützt ein Anti-Resistenzmanagement zusätzlich, so bewirkt eine intensive Stoppelbearbeitung eine verbesserte Strohhrotte. Die Stroh- und Spreuverteilung wird gleichmäßiger und damit verbessert sich der gleichmäßige Aufgang der Unkrautsamen. Allerdings sind 6-8 Wochen Keimruhe bei *Alopecurus myosuroides* keine Seltenheit.

Unterstützend auf eine schnellere und gleichmäßigere Unkrautentwicklung nach dem Grubbereinsatz wirkt ein zusätzlicher Arbeitsgang mit einer Crosskill-Walze. Dieser Effekt ist dann besonders stark zu sehen, wenn der zweite Grubberstrich nach später Ernte nicht mehr möglich ist. Auch ein zeitiger Pflugeinsatz im August, insbesondere für schwere Böden, bewirkt eine abgetrocknete Krume und ein feinkrümeliges Saatbett, welches einen verzögerten Auflauf des Unkrauts vermeiden kann (WOLBER, 2017).

Fazit

Die Herbizidresistenzen haben sich in Niedersachsen auf nahezu auf allen Standorten mit *Alopecurus myosuroides*-Vorkommen ausgebreitet. Die Monitoringproben zeigen mittlerweile multiple Resistenzen bei *Alopecurus myosuroides* auf, wie in Abbildung 3 verdeutlicht. Eine Bekämpfung ist ohne flankierende pflanzenbauliche Maßnahmen nicht mehr möglich. Die HRAC-Gruppen A und B sind auf vielen Flächen nicht mehr vollständig wirksam. In der Wirkstoffgruppe A bleiben auf einzelnen Flächen lediglich die Gruppe der DIMs. In der Wirkstoffgruppe B treten erste Resistenzen gegen in Mais eingesetzte Sulfonylharnstoffe auf, was eine Sommerung mit Mais auf *Alopecurus myosuroides*-Resistenzstandorten schwierig macht.

Ein Umdenken der Praxis in längerfristige „Wirkstoffplanungen“ über die Fruchtfolge ist zwingend erforderlich, um nachhaltig Ackerbau betreiben zu können. Der Wirkstoffwechsel, auch über die Fruchtfolge gesehen, reicht alleine nicht aus, um die Resistenzentwicklungen aufzuhalten. Wesentliche Risikofaktoren sind auch einseitige Fruchtfolgen bis hin zur Monokultur, die die Entwicklung einzelner Unkräuter oder Ungräser besonders begünstigen (z. B. ausschließlich Winterungen in Frühsaat). Der vollständige Verzicht auf den Pflug und der Einsatz von Minimalbestellverfahren ermöglichen eine unmittelbare Generationsfolge bei Samenunkräutern/-gräsern, die Folge ist ein erhöhtes Resistenzrisiko (WOLBER, 2017). Der Einbau von Sommerungen in die Fruchtfolge und spätere Aussaattermine gewährleisten auch weiterhin eine erfolgreiche Landbewirtschaftung durch die Kombination von Stoppelbearbeitungsgängen im Herbst und Einsatz von Glyphosat nach dem Wiederergrünen, wie teils auch vor Winterungen üblich (WOLBER, 2017).

Literatur

- BALGHEIM, R. 2006: Herbizidresistenz vermeiden, Wirkstoffe erhalten – eine Gemeinschaftsaufgabe von Beratung, Forschung und Praxis am Beispiel des Ackerfuchsschwanzes (*Alopecurus myosuroides* Huds.) Journal of Plant Diseases and Protection, Sonderheft XX, 49-56.
- EPPO-RICHTLINIE PP1/93(3): Weeds in cereals. European and Mediterranean Plant Protection Organisation.
- LANDSCHREIBER, M., C. SCHLEICH-SAIDFAR, U. HENNE, 2017: Herbizide allein helfen nicht mehr. Ackerbauliche Maßnahmen gegen Ackerfuchsschwanz: 7 Jahre Erfahrungen mit Ackerfuchsschwanz in der Marsch und im östlichen Hügelland in Schleswig-Holstein (Teil 1). LOP 8/2017, 14-21.
- MOSS S.R., K.M. COCKER, A.C. BROWN, L. HALL, L.M. FIELD, 2003: Characterisation of target-site resistance to ACCase-inhibiting herbicides in the Weed *Alopecurus myosuroides* (black-grass). Pest Manag. Sci. 59, 190-201.
- WOLBER, D.M., 2017: Herbizidresistenzen: das Ende der Fahnenstange ist erreicht. Getreidemagazin 3/2017 (23 Jg.), 8-15.
- WOLBER, D.M., 2017: Wirkstoffmanagement wird immer wichtiger. Getreidemagazin 4/2017 (23 Jg.), 18-27.
- ZWERGER, P., H.U. AMMON, 2002: Unkraut Ökologie und Bekämpfung. Verlag Ulmer, ISBN 3-8001-3846-8.
- ZWERGER, P., P. AUGUSTIN, J. BECKER, C. DIETRICH, R. FORSTER, K. GEHRING, R. GERHARDS, B. GEROWITT, M. HUTTENLOCHER, D. KERLEN, G. KLINGENHAGEN, M. LANDSCHREIBER, E. MEINDLSCHMIDT, 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.