

Herbizidresistenzen bei *Apera spica-venti* - Sachstand in Niedersachsen

Resistance of herbicides against Apera spica-venti in Lower Saxony

Goßwirth Warnecke-Busch^{1*}, Dirk Michael Wolber¹, Lisa Köhler¹, Matthias Breiding²



¹Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Pflanzenschutzamt, Wunstorfer Landstraße 9, 30453 Hannover

²Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Wunstorfer Landstraße 11, 30453 Hannover
*Korrespondierende Autorin, warnecke-busch@lwk-niedersachsen.de

DOI 10.5073/jka.2018.458.021

Zusammenfassung

Herbizidresistenzen lassen ganze Wirkstoffgruppen weltweit wegfallen. In Deutschland zeigt sich dieses Phänomen auch auf niedersächsischen Flächen, die seit Jahren intensiv in engen Getreidefruchtfolgen bewirtschaftet werden. Neben den Wirkstoffgruppen der ALS-Hemmer und Photosynthesehemmer sind beginnend auch die ACCase-Hemmer resistenzgefährdet. Diese Entwicklung hat sich bei *Apera spica-venti* durch einseitigen Herbizideinsatz und enge Getreidefruchtfolgen aufgebaut. In den Jahren 2009 bis 2016 wurden auf 269 Monitoringflächen Samenproben von *Apera spica-venti* gezogen und in Biotestungen die Wirksamkeit von Herbiziden unterschiedlicher Wirkstoffklassen getestet. Die Resistenz bei *Apera spica-venti* gegenüber Herbiziden der HARC-Gruppe B ist in Niedersachsen weit verbreitet. Auf den ersten Flächen haben sich bereits multiple Resistenzen gegen die HRAC-Gruppen A und B entwickelt.

Stichwörter: *Apera spica-venti*, Fruchtfolge, multiple Resistenzen, Resistenzmanagement, Ungrasbekämpfung

Abstract

Worldwide whole groups of active substances are getting ineffective due to herbicide resistance. This phenomenon was observed on numerous fields in Lower Saxony, Germany, which have been intensively cultivated in narrow crop rotations for years. Besides the ALS inhibitors and the photosynthesis inhibitors, also ACCase inhibitors are at risk of becoming resistant. This development was established in *Apera spica-venti* by the one-sided use of herbicides and the narrow crop rotations. From 2009 until 2016 seed samples of *Apera spica-venti* were grown on 269 monitoring areas and the efficacy of herbicides from different classes of active substances was tested in bioassays. The resistance of *Apera spica-venti* to herbicides of the HRAC group B is widespread in Lower Saxony. Multiple resistances to the HRAC groups A and B have already developed on the first areas.

Keywords: *Apera spica-venti*, crop rotation, grass weed control, herbicide resistance management, loose silky-bent grass, multiple resistance

Einleitung

Apera spica-venti (Windhalm) ist seit vielen Jahren eine der wichtigsten Ungraspflanzen in Mitteleuropa. Es handelt sich um eine monokotyle Pflanzenart, die meist im Herbst bei Temperaturen über 2 °C keimt, nur gelegentlich kann es auch im Frühjahr noch zu Keimung kommen. Der Entwicklungsrhythmus ist an Winterungen angepasst. Der *Apera spica-venti* kommt in Niedersachsen meistens auf sandigen, leichtstrukturierten Böden der Lüneburger Heide und im Weser-Ems-Gebiet sowie auf den leichten Lehmböden des mittleren Niedersachsens vor. Durch seine starke Bestockung und den langen Halm entwickelt *Apera spica-venti* eine starke Konkurrenzskraft gegenüber Wintergetreidebeständen, die größer ist als bei *Alopecurus myosuroides*. Die Samen von *Apera spica-venti* fallen vor der Weizenernte aus und werden durch Wind und Wasser verbreitet. Die Samen haben im Boden eine Lebensdauer von ca. 1 bis 4 Jahren und keimen meist gleich nach der Ernte aus. Im Vergleich zum Getreide wachsen die Keimlinge von *Apera spica-venti* langsamer, im Frühjahr entwickeln sie sich jedoch schnell und überwachsen dann die Kultur. Hohe Ungrasraten können schnell zur Konkurrenz für die Kultur um Licht, Wasser, Standraum und Nährstoffe führen. Sehr dichtes Ungrasaufkommen führt im Getreide und ggf. auch im Raps schnell zu Lager.

Das Pflanzenschutzamt der Landwirtschaftskammer Niedersachsen hat in den vergangenen 8 Jahren Monitoringproben, die aus allen Regionen Niedersachsens stammen, im Biotest untersucht.

Material und Methoden

Zum Nachweis einer vorliegenden Herbizidresistenz wurden in den Jahren 2009 – 2016 Biotestungen im Gewächshaus an intakten Pflanzen, unter definierten Temperatur- und Lichtbedingungen durchgeführt. Bis zum Jahr 2016 wurden 269 Herkünfte von *Apera spica-venti* aus allen Teilen Niedersachsens von unbehandelten Varianten der Herbizidversuche für ein Herbizidresistenzmonitoring gesammelt und im Biotest untersucht.

Die ausgedroschenen und gesiebten 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 (Jiffy-Rundtöpfe 8 x 8 cm geschlitzt) in 4 Wiederholungen je Versuchsvariante. Die Töpfe (Jiffy-Pots) standen in Pflanzschalen (40 x 60 cm), auf deren Boden eine Plastikfolie sowie darauf ein Bewässerungsfließ passgenau ausgelegt wurden. 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.

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 BBCH 0-7 (je nach Herbizid) und für die Blattherbizide im BBCH 11-12.

Tab. 1 Im Resistenztest 2016 verwendete Herbizide.

Tab. 1 Herbicides used in the resistance test 2016.

Mittel	Wirkstoff	Aufwand/ha	Applikations-Termin (BBCH)
Cadou SC	Flufenacet	0,25 l/ha	00
Cadou SC	Flufenacet	0,5 l/ha	00
Boxer	Prosulfocarb	2,0 l/ha	00
Boxer	Prosulfocarb	4,0 l/ha	00
Axial 50	Pinoxaden	0,9 l/ha	11-12
Axial 50	Pinoxaden	1,8 l/ha	11-12
Agil-S + Hasten	Propaquizafop	0,5 l/ha 0,5 l/ha	11-12
Agil-S + Hasten	Propaquizafop	1,0 l/ha + 1,0 l/ha	11-12
Select 240 EC + Para Sommer	Clethodim	1,0 l/ha + 2,0 l/ha	11-12
Select 240 EC + Para Sommer	Clethodim	2,0 l/ha + 4,0 l/ha	11-12
Roundup Powerflex	Glyphosat	3,75 l/ha	11-12
Roundup Powerflex	Glyphosat	7,5 l/ha	11-12
Broadway + Broadway Netzmittel	Pyroxsulam	130 g/ha + 0,6 l/ha	11-12
	Florasulam		
Broadway + Broadway Netzmittel	Pyroxsulam	260 g/ha + 1,2 l/ha	11-12
	Florasulam		

21 und 28 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 81 – 100 %: für sensitive Proben.

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

Die getesteten Herbizide haben sich über die vergangenen 8 Jahre leicht geändert. Die Tabelle 1 zeigt die Pflanzenschutzmittel, die in der Resistenzprüfung 2016 eingesetzt wurden. Als Referenz wurde ein sensitiver Standard von *Apera spica-venti* der Firma Herbiseed, Berkshire mit getestet.

Im ersten Jahr der Resistenzuntersuchung bei *Apera spica-venti* (2009) wurden neben den ACCase-Hemmern Clethodim (Select 240 SC) und Pinoxaden (Axial 50 EC) hauptsächlich ALS- Wirkstoffe wie Iodosulfuron (Husar OD), Pyroxsulam (Broadway) und Sulfosulfuron (Monitor) getestet, um zu untersuchen, ob Sulfonylherbizide noch wirken. Bereits im Jahr 2010 musste das Untersuchungsportfolio zugunsten der Bodenherbizidwirkstoffe Flufenacet (Cadou SC) und Prosulfocarb (Boxer) umgestellt werden. Bei den Sulfonylherbiziden beschränkte man sich auf die gegen *Apera spica-venti* wirksamsten Vertreter Iodosulfuron (Husar OD), Pyroxsulam (Broadway). Die ACCase-Hemmer Clethodim (Select 240 SC) und Pinoxaden (Axial 50 EC) blieben in der Testung. In 2014 fanden die Wirkstoffe Flumioxazin (Sumimax) und Cycloxydim (Focus Ultra) Einzug in die Biotestung. 2015 wurde Sumimax gegen Diflufenican (Diflanil 500 SC) ausgetauscht. Aufgrund nachlassender Wirkung und Bedeutung in der Praxis musste Iodosulfuron (Husar OD) gegen Glyphosat (Roundup PowerFlex) ausgetauscht werden.

Im Sommer 2015 wurden einige im Biotest resistente Herkünfte auf eine TSR (Taget-Site-Resistenz) 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.

Die exakte Verbreitung von *Apera spica-venti* in Niedersachsen wurde auf Landkreisebene von den Pflanzenschutzberatern der Bezirksstellen der Landwirtschaftskammer Niedersachsen geschätzt.

Ergebnisse

Die geschätzte Verbreitung von *Apera spica-venti* auf Landkreisebene, die die Pflanzenschutzberater der Bezirksstellen der Landwirtschaftskammer Niedersachsen durchgeführt haben, ist Abbildung 1 zu entnehmen.

Auf den leichten Standorten, auf denen in Niedersachsen *Apera spica-venti* vorkommt, werden hohe Bestandesdichten aufgrund erhöhter Lageranfälligkeit nicht angestrebt, obgleich auf diese Weise das Unkraut eher verdrängt würde. Auf diesen Standorten sind mehrfache Herbizidbehandlungen (Herbst und Frühjahr) mittlerweile Standard. 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 hat sich auf den leichteren Standorten in Niedersachsen in den vergangenen 10 Jahren durchgesetzt. Dies wiederum begünstigt den Auflauf und die Vermehrung von Unkrautsamen von *Apera spica-venti*.

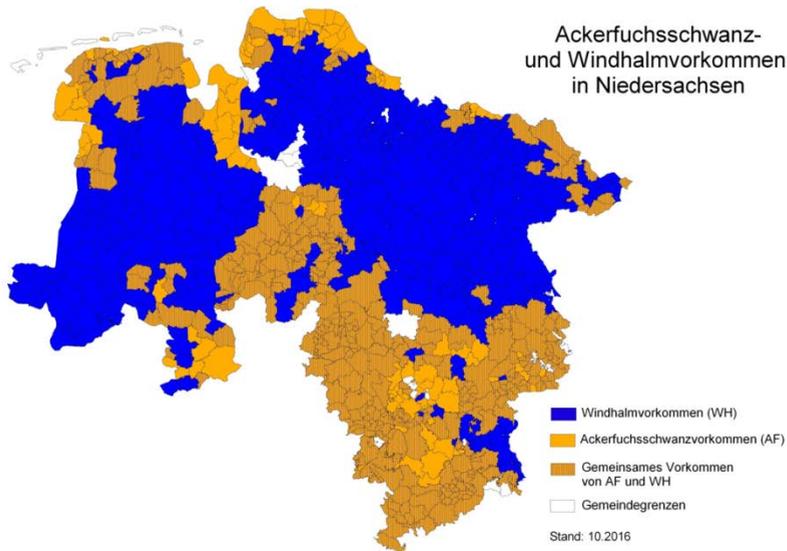


Abb. 1 Vorkommen von *Apera spica-venti* in Niedersachsen.

Fig. 1 Occurrence of *Apera spica-venti* in Lower Saxony.

In den Jahren 2009 bis 2016 wurden 269 Samenproben von *Apera spica-venti* aus allen Teilen Niedersachsens von unbehandelten Varianten der Herbizidversuche für ein Herbizidresistenzmonitoring gesammelt. Die Ergebnisse der Biotestungen sind in Abbildung 2 dargestellt.

Von den 269 *Apera spica-venti*-Verdachtsproben wurden 165 Proben auch mit Iodosulfuron (Husar OD) getestet (Abb. 2). Bei 50 % dieser untersuchten Herkünfte wurden Wirkungsgrade unter 50 % gefunden. Nur 35 % der untersuchten Verdachtsproben weisen eine noch ausreichende Wirkung mit Wirkungsgraden von 81 – 100 % gegenüber *Apera spica-venti* auf. Pyroxulam (Broadway) wirkt auf ca. 50 Standorten gegen *Apera spica-venti* noch sicherer. Der Wirkungsabfall auf unter 50 % wird für 24 % der untersuchten Herkünfte bestätigt. Der ACCase-Hemmer Propaquizafop (Agil-S) zeigt schon in fast 50 % der untersuchten Verdachtsproben von *Apera spica-venti* keine ausreichende Wirkung mehr. Die ACCase-Hemmer aus der Untergruppe der DIMs, wie Cycloxydim (Focus Ultra) und Clethodim (Select 240 EC), sind auf den untersuchten Monitoringflächen noch zu 100 % wirkungssicher.

Gegenüber dem Bodenherbizidwirkstoff Prosulfocarb (Boxer) wird eine 98 % Wirkung bestätigt, bei Flufenacet (Cadou SC) sogar noch eine Wirkung von 100 %. Flumioxazin (Sumimax) wirkt auf den *Apera spica-venti* auf 94 % der untersuchten Standorte, aber der Wirkstoff Diflufenican (Diflanil 500 SC) ist nur noch auf 62 % der untersuchten Standorte mit Wirkungsgraden über 50 % einzusetzen. Aufgrund dieser schlechten Wirkungen von Iodosulfuron (Husar) und Diflufenican (Diflanil 500 SC) sind diese Produkte im Biotest ausgetauscht worden.

Erste Resistenzentwicklungen in *Apera spica-venti* gegen die Wirkstoffgruppe DEN mit dem Wirkstoff Pinoxaden, enthalten in Axial 50 SC, wurden in Niedersachsen bereits auf 14 % der Standorte entdeckt, 81 % der untersuchten Proben zeigen noch ausreichende Wirkungen.

Im Sommer 2015 wurden einige im Biotest resistente Herkünfte auf eine TSR untersucht worden. Von den 14 untersuchten Herkünften wies eine Probe eine Resistenz an der Position Trp574 auf und 13 Proben an der Position Pro197.

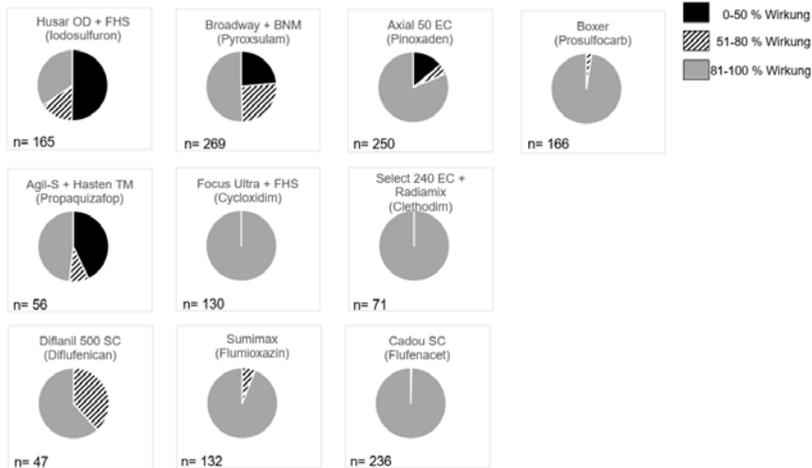


Abb. 2 Überblick über untersuchte *Apera spica-venti*-Samenproben im Biotest 2009-2016.

Fig. 2 Overview of studied *Apera spica-venti* seed samples in the bioassay 2009-2016.

Auf ersten Standorten in Niedersachsen sind Mehrfachresistenzen (multiple Resistenzen) gegen unterschiedliche Wirkstoffklassen bei *Apera spica-venti* festzustellen. Die Auswertung in Abbildung 3 veranschaulicht diese multiplen Resistenzen.

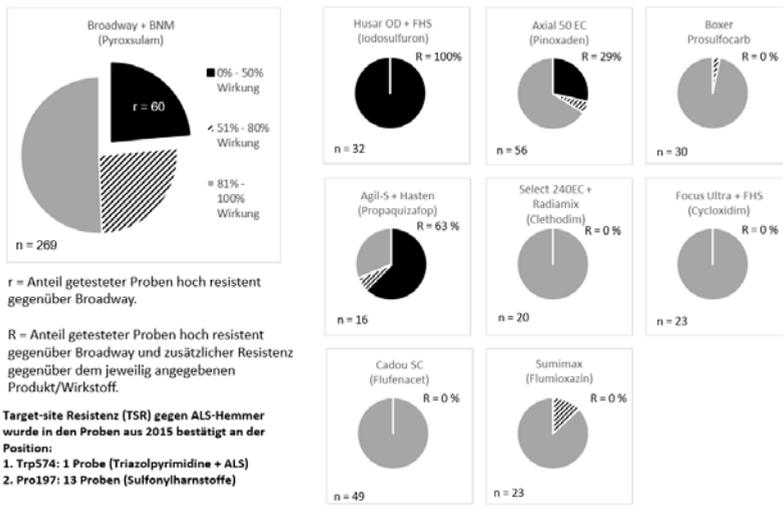


Abb. 3 Multiple Resistenz in *Apera spica-venti* bis 2016.

Fig. 3 Multiple resistance in *Apera spica-venti* until 2016.

Von den untersuchten 269 Verdachtsproben, bei denen Resistenzen bei *Apera spica-venti* im Biotest vermutet wurden, wiesen 60 Standorte eine Resistenz gegen Broadway (Pyroxsulam) auf (Abb. 3). Diese 60 (r) Herkünfte wurden in der jeweiligen Untersuchung auch gegen andere Wirkstoffe getestet. Die gegen Broadway resistenten *Apera spica-venti*-Populationen wiesen gleichzeitig eine Resistenz gegenüber Pinoxaden (Wirkstoffgruppe DEN, enthalten in Axial 50 EC und Traxos) und Propaquizafop (Wirkstoffgruppe der FOP, enthalten in Agil-S) auf.

Auf vielen Flächen in Norddeutschland werden Sulfonylherbizide zur Bekämpfung von *Apera spica-venti* eingesetzt. Die Frage, wie sicher in den niedersächsischen Fruchtfolgen Sulfonylherbizide noch sind, soll die folgende Auswertung der Schlagdaten in Abbildung 4 zeigen. Es ergeben sich folgende Aussagen: mit zunehmender Anzahl Winterungen in der Fruchtfolge (>3 Mal Winterung in 5 Jahren) verschlechtert sich über die Jahre der Bekämpfungserfolg von Husar OD (Iodosulfuron) gegen *Apera spica-venti*. Von 38 im Biotest resistent beurteilten Herkünften (< 50 % Wirkung von Husar OD im Biotest) hatten alle (100 %) Herkünfte Blattfrüchte in der Fruchtfolge, aber auch in 100 % der Fälle mehr als 3 Mal in 5 Jahren Getreide in der Fruchtfolge. 58 % dieser Herkünfte verzichteten vollständig auf den Pflug. Darüber hinaus setzten 92 % der Betriebe mehr als einmal pro Jahr ALS-Hemmer ein.

	Husar OD / Husar plus	Husar OD / Husar plus	Broadway	Broadway
	<50% Wirkung	51-79 % Wirkung	<50% Wirkung	51-79 % Wirkung
	n=38 Proben mit mind. 5 jähr. Schlaghistorie	n=12 Proben mit mind. 5 jähr. Schlaghistorie	n=25 Proben mit mind. 5 jähr. Schlaghistorie	n=13 Proben mit mind. 5 jähr. Schlaghistorie
	Angaben in % der Schlaghistorien	Angaben in % der Schlaghistorien	Angaben in % der Schlaghistorien	Angaben in % der Schlaghistorien
≥ 3x Wintergetreide in 5 Jahren in der Fruchtfolge	100	92	100	92
Blattfrüchte in Fruchtfolge	100	100	100	100
Pflugverzicht	58	33	76	38
Wiederholter Einsatz von ALS-Hemmer in der Fruchtfolge				
≥ 1 x ALS- Hemmer in 5 Jahren	92	83	96	92

Abb. 4 Auswertung von Schlagdaten.

Fig. 4 Evaluation of field history data.

Die gleiche Auswertung auf Flächen, auf denen *Apera spica-venti* als gegenüber Broadway resistent bestätigt wurde (< 50 % Wirkung), ergibt das identische Bild wie bei Husar OD. In 100 % der Fälle wurde mehr als 3 Mal in 5 Jahren Getreide in der Fruchtfolge angebaut, alle Herkünfte hatten Blattfrüchte in der Fruchtfolge und auf 96 % der Flächen kam mehr als einmal in 5 Jahren ein ALS-Hemmer zum Einsatz. Auch der völlige Pflugverzicht schlägt sich in der Minderwirkung von Broadway nieder. In 96 % der untersuchten Fälle stammten die gegen Broadway resistenten Herkünfte von Flächen, auf denen vollkommen auf den Pflug verzichtet wurde.

Diskussion

Die ackerbaulichen Strukturen in Niedersachsen mit ihren teils sehr einseitigen Fruchtfolgen und einem hohen Wintergetreideanteil in der Fruchtfolge (Wintergetreide – Wintergetreide – Winterraps; Wintergetreide – Wintergetreide - Kartoffel/Zuckerrübe) fördern das Auftreten von Gräsern wie *Apera spica-venti*. Die modernen Weizensorten sind zudem aufgrund ihres Längenwachstums und der geringeren Bestockung der Einzelpflanze wenig konkurrenzfähig gegenüber dem *Apera spica-venti*.

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.

Die Entwicklung der Resistenzen bei *Apera spica-venti* durchläuft in Niedersachsen ein gleichbleibendes Muster. Durch jahrzehntelangen Einsatz von Isoproturon (IPU) (HRAC C)

verbreitete sich zunächst die Resistenz gegenüber diesem Bodenherbizid. Als dieser Wirkstoff nicht mehr ausreichende Gräserwirkung zeigte, wurden ALS-Hemmer (HRAC B) eingesetzt, die auch eine gewisse „Nebenwirkung“ gegen dikotyle Unkräuter aufweisen, wie sie auf den typischen Wildhalmstandorten vermehrt auftreten. Sulfonylherbizide wie Flupyrsulfuron (Ciral SX), Propoxycarbazon (Attribut), Sulfosulfuron (Monitor) und zuletzt auch Iodosulfuron (Husar OD) zeigen eine zunehmend reduzierte Wirkung auf *Apera spica-venti*, wie auch aus dem beschriebenen Biotest hervorgeht. Einzig Pyroxsulam (Broadway) ist auf vielen Flächen das letzte wirksame Sulfonylherbizid. *Apera spica-venti* entwickelt gegenüber ALS-Hemmern, neben den metabolischen Resistenzen, zunehmend Target-Site Resistenzen (TSR) mit sehr hohen Resistenzfaktoren. Alarmierend ist besonders der Umstand, dass zunehmend mehrere Mutationsstellen gefunden werden und damit die gesamte Gruppe der ALS-Hemmer durch sogenannte Target-Site Resistenzen (TSR) betroffen ist (siehe Abb. 5). Mit Pinoxaden (Axial 50 EC) beginnt auf den ersten niedersächsischen Flächen auch die Gruppe der ACCase-Hemmer (HRAC A) eine ehemals sichere Wirkung einzubüßen. Damit dieser Trend gestoppt wird, müssen neben rigorosem Wirkstoffwechsel in der Rotation auch acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen zur Resistenzvermeidung ergriffen werden. Das Resistenzrisiko steigt 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 entstehen.

Erst bei der Erweiterung der Fruchtfolge mit Blattfrüchten wird ein Herbizidwirkstoffwechsel im Sinne eines Resistenzmanagements ermöglicht. Weiterhin sind besonders der späte Saattermin sowie der Pflugeinsatz und eine intensive Stoppelpbearbeitung als Maßnahmen zu nennen, um den Unkrautbesatz vor der ersten Herbizidmaßnahme und damit das Risiko einer Herbizidresistenz deutlich zu reduzieren. Bei Saatterminen bis Ende November ist die Keimrate von *Apera spica-venti* deutlich geringer als bei früheren Saatterminen. Der Einsatz von Glyphosat vor oder kurz nach Saat hilft zusätzlich einen starken Ungrasbesatz zu reduzieren, kann aber eine extensive Stoppelpbearbeitung 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 besonders bei *Apera spica-venti* mindern. Die Überlebensdauer der Samen im Boden beträgt beim *Apera spica-venti* bis zu fünf Jahre.

Gruppe	A	B	C	E	F	G	K	N	O
Wirkmechanismus	ACCase-Hemmer	ALS-Hemmer	Photosynthese-Hemmer	PPO-Hemmer	Carotinoidsynthesehemmer	ESPS-Hemmer	Zellwachstumshemmer	Lipidsynthese-Hemmer	Synthetische Auxine
Wirkstoffe	FOPs*/DENS	Flupyrsulfuron Propoxy-carbazone			Diffufenican		Flufenacet	Prosulfocarb	MCPA*
	und DIMs*	Mesosulfuron	CTU		Clomazone* Aclorifen		Pendimethalin	Ethofumesat	Dichlorprop* Mecoprop* Quinmerac Dicamba
		Metsulfuron-methyl	Metamitron	Flumioxazin Carfentrazone Bifenox	Flurtamone*	Glyphosate	Metazachlor		Aminopyralid Clopyralid Picloram Fluoroxypyr 2,4-D*
		Iodosulfuron Imaxamox Triflussulfuron Rimsulfuron Nicosulfuron*	Metribuzin Terbutylazin Lenacil		Triceton		S-Metolachlor Dimethenamid Pethoxamid*		
Resistenzrisiko gegen Gräserarten	sehr hoch	hoch	mittel- hoch	sehr gering	sehr gering	gering- mittel	mittel	gering	gering
Getreide	Axial, Ralon Super, Sword, Traxos	Absolute M, Atlantis, Attribut, Calliban, Broadway, Concert SX, Husar OD, Lexus, Viper	Carmina, Fenikan Lentipur 700, Toluron 700 SC, Trinity*	Sumimax, Fox, Lotus, Oratio 40	Bacara forte, Fenikan, Herold SC, Carmina 640, Othello	Roundup u.a.	Activus SC*, Cadou SC, Herold SC, Pontos, Stomp Aqua*, Mailbu*, Picono*, Trinity*	Boxer*	Starane, U 46 M*, U 46 D*, Duanti, Ariane C,
	Kartoffeln	Cato	Sencor WG, Artist Goltix Titan/Gold, Maxpro	Shark	Bandur		Artist	Boxer*	
Rüben	Agil S, Fusilade Max, Galant Super, Panarex, Targa Super, Select, Focus Ultra	Debut				Roundup u.a.	Spectrum	Ethosath 500	Rebell Ultra
Raps		CL-Vantiga und CL-Cientia nur in Clearfield-Sorten			Centium*, Cirrus*, Echelon*, Gamit 36 CS		Bracan*, Butisane, Colzor Trio*, Nimbus*, Kerb, Quantum*, Milestone		Bullsan Top, Effigo, Rebell Ultra, Lontrel
Mais	Focus Ultra nur in Duo Sorten	Accent, Adengo, Arigo*, Cato, Mottivell*, Samson*, Milagro*, Kehvin*, Principal*, MaisTer	Artett, Calaris, Bromoterb, Gardo Gold, Successor T*		Adengo, Arigo, Elumis, Laudis, Callisto, Calaris, Mikado	Roundup u.a.	Activus SC*, Clio Super, Dual Gold, GardoGold, Stomp Aqua*, Successor T*		Mais Banvel, Effigo

Abb. 5 Wirkstoffgruppen nach HRAC und Wirkungsmechanismen mit deren Resistenzrisiko (Auszug).

Fig. 5 Groups of active substances according to HRAC and mechanisms of action with their risk to resistance (abstract).

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 *Apera spica-venti*, im Vergleich zu Fruchtfolgen mit 67 % Getreideanteil, fast halbieren. Sorten mit guter Konkurrenzskraft sowie homogene, lückenfreie Bestände helfen ebenfalls den Unkrautbesatz zu unterdrücken und unterstützen so ein effektives Resistenzmanagement.

Fazit

Die Herbizidresistenzen haben sich auf sandigen, leichtstrukturierten Böden der Lüneburger Heide und im Weser-Ems-Gebiet sowie auf den leichten Lehmböden des mittleren Niedersachsens bei *Apera spica-venti* ausgebreitet. Der Wirkstoffwechsel, auch über die Fruchtfolge gesehen, ackerbauliche Maßnahmen (angepasste Fruchtfolgen, intensive Bodenbearbeitung und spätere Saattermine) und der Einbau von Sommerungen in die Fruchtfolge sowie ein einmaliger Pflugeinsatz, damit die resistenten Samen vergraben werden, gewährleisten auch weiterhin eine erfolgreiche Landbewirtschaftung.

Literatur

WOLBER, D. M., 2017: Herbizidresistenzen: Das Ende der Fahnenstange ist erreicht. Getreidemagazin **3**, 23-29.
 WOLBER, D. M., 2014: Resistenzentwicklungen von *Apera spica-venti* (L.) P. Beauv. (Gemeiner Windhalm) in Niedersachsen 2013 - zunehmend auch gegen Pinoxaden. Julius-Kühn-Archiv **443**, 280-286.
 EPPO-RICHTLINIE PP1/93(3): Weeds in cereals. European and Mediterranean Plant Protection Organisation.