

Bernd Augustin

Erstnachweis von Herbizidresistenz bei Flughäfer (*Avena fatua* L.) in Deutschland

First report on herbicide resistance of Wild Oat (*Avena fatua* L.) in Germany

351

Zusammenfassung

Von zwei Zuckerrübenflächen mit unzureichender Herbizidwirkung in Rheinland-Pfalz wurden 2011 zwei Flughäfersamenproben (F1, F2) gesammelt. Durch Gibberelinsäure-Behandlung wurden Keimung und Auflauf der beiden Herkünfte zur Durchführung der Gewächshausversuche optimiert. In zwei aufeinander folgenden Biotests wurden sie nach Erreichen des 2–3-Blattstadiums mit ACCase-Hemmern (Fenoxaprop, Pinoxaden, Clodinafop+Pinoxaden, Cycloxadim) und einem ALS-Hemmer (Iodosulfuron) behandelt.

Die Wirkungsbonitur ergab drei und vier Wochen nach der Behandlung bei beiden Herkünften Kreuzresistenzen zwischen allen eingesetzten ACCase-Hemmern mit Ausnahme von Cycloxadim. Die Herkunft F2 zeigte einen fortgeschrittenen Resistenzgrad mit einer Abstufung von Fenoxaprop zum Pinoxaden. Bei der Herkunft F1 beschränkte sich die Resistenz auf Einzelpflanzen. Eine anschließende genetische Untersuchung von Blattmaterial ergab bei beiden Herkünften eine I1781L Target-site-Mutation.

Zur Beurteilung der beobachteten Minderwirkung von Iodosulfuron bedarf es weiterer Untersuchungen mit abgestuften Aufwandmengen.

Stichwörter: *Avena fatua*, ACCase, ALS, Fenoxaprop, Pinoxaden, Clodinafop+Pinoxaden, Cycloxadim, Iodosulfuron

Abstract

Two seed samples of Wild Oat (F1, F2) were collected from sugar beet fields in Rhineland-Palatinate in 2011

showing reduced herbicide performance. A seed treatment with gibberellic acid improved uniform germination of the Wild Oat samples during greenhouse experiments. Herbicide action was tested by means of two successive biotests. ACCase-inhibitors (Fenoxaprop, Pinoxaden, Clodinafop+Pinoxaden, Cycloxadim) and one ALS-inhibitor were treated at 2–3-leafstage of the Wild Oat. The visual rating of herbicide efficiency 3 and 4 weeks after treatment showed a cross resistance among the tested ACCase-inhibitors, except for Cycloxadim for both samples. Seed sample F2 revealed an advanced degree of herbicide resistance, declining from Fenoxaprop to Pinoxaden. Herbicide resistance of sample F1 was restricted to single plants. A subsequent genetic analysis of leaf material revealed a target-site mutation I1781L for both samples of Wild Oat.

Further investigations are necessary in order to access reduced performance of Iodosulfuron.

Key words: *Avena fatua*, ACCase, ALS, Fenoxaprop, Pinoxaden, Clodinafop+Pinoxaden, Cycloxadim, Iodosulfuron

Einleitung

Bis 2003 waren in Rheinland-Pfalz kaum Wirkungsprobleme von Ungrasherbiziden zu beobachten. Daher wurden nur sporadisch Ackerfuchsschwanz-Samenproben von Verdachtsflächen gesammelt und auf Isoproturon- und ACCase-Resistenz (Ralon Super) getestet. Lediglich bei einer Herkunft war damals eine nachlassende Wirkung gegen Isoproturon nachweisbar. Es bestand kein Grund zur Annahme einer verbreiteten Herbizidresistenz. Ab 2006 wurden von der amtlichen Beratung in Rheinland-

Institut

Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinhessen-Nahe-Hunsrück (DLR RNH), Bad Kreuznach

Kontaktanschrift

Dr. Bernd Augustin, Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinhessen-Nahe-Hunsrück (DLR RNH), Rüdeshheimer Str. 60-68, 55545 Bad Kreuznach, E-Mail: bernd.augustin@dlr.rlp.de

Zur Veröffentlichung angenommen

2. Mai 2013

Pfalz jährlich Ungras-Samenproben von Getreideflächen mit Verdacht auf nachlassende Herbizidwirkung gesammelt. Der erste Nachweis einer ausgeprägten ACCase-Resistenz von Ackerfuchsschwanz erfolgte 2006. Seit 2007 wurde die Probenahme auf Windhalm ausgedehnt. Bereits 2008 konnte auf einem Standort eine ausgeprägte multiple Herbizidresistenz bei Windhalm festgestellt werden. Vor dem Hintergrund der fortschreitenden Resistenzentwicklung wurden 2011 erstmals zwei Flughaferproben in die Untersuchungen aufgenommen.

Methode

Zur Vernalisation wurden die beiden Flughaferherkünfte F1 (Fürfeld) und F2 (Mainz-Bretzenheim) für mindestens vier Monate in einer Gefriertruhe bei -18°C und anschließend mehrere Wochen bei Kühlschranktemperatur gelagert. Die Aussaat erfolgte im Winterhalbjahr 2011/12 im Gewächshaus in dreifacher Wiederholung in 9 cm Töpfen in rheinhessischem Lösslehm von einem Ungras freien Standort (pH 7,46; 2,1% org. S.). Aufgrund der ungleichmäßigen Keimung war eine Herbizidapplikation zu einem einheitlichen Entwicklungsstadium nicht möglich. Daher wurde die Konditionierung der Flughaferherkünfte um eine Gibberellinsäure-Behandlung erweitert. Zu diesem Zweck wurden die geschälten Flughafer Samen in einer Lösung mit 200 mg Gibberellinsäure/l Wasser in einem Exikator bei Unterdruck für 24 Stunden aufbewahrt. Anschließend wurden sie 3 bis 4 Tage im Kühlschrank in Feuchtekammern vorgekeimt. Jeweils fünf sichtbar angekeimte Flughafer Samen wurden mit einer Uhrfederpinzette pro Topf ausgelegt und, wie im ersten Ansatz, mit ca. 1 cm Lösslehm abgedeckt. Mit dieser Vorgehensweise war eine sehr einheitliche Entwicklung der Flughaferpflanzen zu erzielen. Nach Kultivierung mit Zusatzbeleuchtung (Hortilux HPA 400, PAR 100–200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) und Temperatursteuerung ($20^{\circ}\text{C}/14$ Stunden

und $10^{\circ}\text{C}/10$ Stunden) wurde die Herbizidbehandlung im 2-(max. 3-) Blattstadium durchgeführt. Die Behandlung erfolgte mit einer Schachtner Karrenspritze mit 4,0 km/h; 2,0 bar an der Düse (IDKN 12004), entsprechend 400 l/ha Wasseraufwand mit anschließender Rückliterung. Es wurden nacheinander zwei verschiedene Tests durchgeführt. Lediglich die in Test 1 auffälligen Herkünfte wurden noch einmal in einem zweiten Test überprüft. Die Herbizidvarianten der beiden Tests sind in Tab. 1 aufgeführt.

Da keine sensiblen und resistenten Standardherkünfte für Flughafer verfügbar sind, erfolgte die Untersuchung parallel zur Testung von weiteren Ungräsern mit bekannten Standards/Vergleichsherkünften von Ackerfuchsschwanz (resistent: Peldon; sensitiv: Herbiseed) und Windhalm (W2/08, AUGUSTIN, 2010). Das erleichterte die Beurteilung einer ordnungsgemäßen Herbizidwirkung.

Drei und vier Wochen nach der Behandlung erfolgte die visuelle Bonitur des Wirkungsgrades und die Einstufung des Resistenzgrades (Abb. 1).

Ergebnisse

Bei beiden Flughafer-Herkünften waren im Test 1 Minderwirkungen erkennbar. Daher wurden sie beide in den Test II einbezogen. Die Herkunft F2 (Mainz-Bretzenheim) zeigte eine deutliche Kreuzresistenz bei ACCase-Hemmern. Betroffen waren die Wirkstoffe Fenoxaprop, Clodinafop und Pinoxaden. Erkennbar war eine Abnahme des Resistenzgrades von den FOP's (Fenoxaprop, Clodinafop) zum DEN (Pinoxaden). Der DIM-Wirkstoff (Cycloxydim) erwies sich dagegen als voll wirksam (Tab. 2). Bei der Herkunft F1 (Fürfeld) wurden Einzelpflanzen von den ACCase-Hemmern nicht ausreichend erfasst (Abb. 2). Dieses Phänomen war nicht in allen Wiederholungen und Aufwandmengen zu beobachten.

Tab. 1. Herbizidvarianten der Flughafer Resistenztests I und II

Herbizidvarianten Flughafer-Resistenztest 2011						
Nr.	Vgl.	Test 1		Vgl.	Test 2	
		Aufwand/ha	HRAC		Aufwand/ha	HRAC
1.	Kontrolle			Kontrolle		
2.	Ralon Super Power Plus	1,2 l + 0,4	A	Ralon Super Power Plus	1,2 l + 0,4	A
3.	Ralon Super Power Plus	2,4 l + 0,4	A	Ralon Super Power Plus	2,4 l + 0,4	A
4.	Husar Power Set	0,1 l + 1,0	B	Ralon Super Power Plus	4,8 l + 0,4	A
5.	Husar Power Set	0,2 l + 1,0	B	Topik 100	1,2 l	A
6.				Axial 50	1,2 l	A
7.				Axial 50	2,4 l	A
8.				Traxos	1,2 l	A
9.				Focus Ultra	2,5 l	A
10.				Husar OD + Mero	0,1 l + 1,0	B

Tab. 2. Einstufung des Resistenzgrades der Flughafer-Herkünfte F1 und F2

Einstufung Flughafer Herbizidresistenz Gesamtwirkung (%) – Probenherkünfte RLP 2011 –		Ralon Super Power Plus	Topik	Axial	Traxos	Focus Ultra	Husar Power Set
F1	Fürfeld	(+)*	(+)*	(+)*	(+)*		?
F2	Mainz-Bretzenheim	++	++	+	+		?

(+)* Einzelpflanzen überleben mit mehr oder weniger starker Wuchshemmung
? keine ausreichende Wirkung – weitere Untersuchungen erforderlich

Einteilung der Resistenzklassen			
	Sensitivitätsklasse	Obere Grenze	Untere Grenze
	S	100	83,4
+	1	83,3	66,7
	2	66,6	50
++	3	49,9	33,3
	4	33,2	16,6
+++	5	16,5	0

Abb. 1. Schema zur Charakterisierung des Resistenzgrades.

Eine zusätzliche Untersuchung von Blattmaterial der überlebenden Pflanzen durch die Fa. Bayer bestätigte eine Target-Site-Resistenz (I1781L) bei beiden Flughafer-Herkünften.

Der Sulfonylharnstoff (Iodosulfuron) zeigte bei den geprüften Flughaferpopulationen keine hinreichende Wirkung. Es sind weitere Untersuchungen mit abgestufter Herbiziddosierung erforderlich, um zu klären, ob es sich dabei ebenfalls um Herbizidresistenz handelt.

Diskussion

Erste ausgeprägte Herbizidresistenzen wurden bei *Avena fatua* Mitte der 1980iger Jahre in Australien und wenig später in Kanada und USA nachgewiesen. In Europa konnten entsprechende Nachweise 1994 in England und 1996 in Belgien und Frankreich geführt werden (IAN HEAP, 2012; CAVAN und MOSS, 1997). STOKŁOSA und KIEĆ (2006) beschrieben Minderwirkungen von ACCase-Hemmern bei Flughaferpopulationen aus Polen.

Im Gegensatz zu anderen relevanten Ungräsern verfügt der Flughafersamen über ein großes Endosperm mit entsprechenden Nährstoffreserven. Das ermöglicht ihm eine Keimung aus bis zu 20 cm Bodentiefe (KOCH, 1969). HAGEN et al. (2006) ermittelten bei verschiedenen Flughafer-Herkünften auch nach 10-jähriger Lagerungsdauer noch einen Feldaufgang von mehr als 80%. Die Keimbio-



Abb. 2. Herbizidwirkung im Biotest II (F1–F2: Flughafer-Herkünfte

1–10 Herbizidvarianten: 1 = Kontrolle
2–4 = Ralon Super Power Plus
5 = Topik
6–7 = Axial
8 = Traxos
9 = Focus Ultra
10 = Husar OD + Mero)

logie der Flughafersamen (KÄSTNER et al., 2001) und der Einfluss von Umweltfaktoren (WILSON, 1985) bewirken den bekannten verzettelten Auflauf der Flughaferpflanzen. Unzureichende Herbizidwirkungen wurden von der Praxis bislang auf die Keimbio- und Witterungsbedingungen zurückgeführt. Das galt im besonderen Maße für die Vegetationsperiode 2011/12 in der die frostbedingt, extrem lückigen Bestände einen ungewohnt starken Flughaferauflauf ermöglichten.

Die aktuellen Ergebnisse zeigen, dass künftig vermehrt eine mögliche Herbizidresistenz als Ursache für Minderwirkungen in der Praxis in Betracht gezogen werden muss. Dafür sind entsprechende Untersuchungen erforderlich. Eine Differenzierung ist im Praxisbestand nicht möglich.

Bedingt durch die Keimbio- und Witterungsbedingungen sind Feldproben von Flughafersamen, im Gegensatz zum kurzlebigeren Ackerfuchsschwanz oder Windhalm, erheblich inhomogener. Daher ist ein vergleichsweise langer Zeitraum zur Ausbildung eines erkennbaren Herbizidresistenzniveaus erforderlich. Dies wird beim Vergleich der Untersuchungsergebnisse der beiden Flughafer-Herkünfte F1 und F2 deutlich. In der Population F2 ist bereits ein über alle

Wiederholungen und Aufwandmengen deutlich erkennbares Resistenzniveau erreicht. Bei der Herkunft F1 dagegen beschränkt sich die Resistenz noch auf wenige Individuen, die sowohl in der Feldpopulation als auch bei den Resistenzuntersuchungen nur schwer zu erkennen sind.

Voraussetzung für eine sichere Diagnose ist ein möglichst gleichmäßiger Auflauf der Flughafersamen. Eine Behandlung mit Gibberillinsäure hat diesbezüglich deutlich gleichmäßigere Testbestände erbracht. Darüber hinaus ist eine ausreichende Anzahl an Testpflanzen erforderlich. Es bleibt fraglich, ob die in den Untersuchungen verwendeten 15 Pflanzen pro Herbizidvariante mit ausreichender Sicherheit eine beginnende Resistenzentwicklung erkennen lassen.

In Rheinland-Pfalz ist der Flughafer nicht nur in den klassischen Sommerungen zu finden (Zuckerrübe, Sommergerste). Aufgrund der milden Winterwitterung bereitet er in Rheinhessen und der Pfalz auch in spät gesättem Winterweizen häufiger Probleme. In der klassischen Fruchtfolge Zuckerrüben, Winterweizen, Sommergerste entsteht damit ein permanenter Selektionsdruck, der in der Vergangenheit auf ACCase-Hemmer beschränkt war und mittlerweile die Sulfonylharnstoffe einschließt. Es sind weitere Untersuchungen erforderlich, um die Verbreitung von Herbizidresistenz in Flughaferpopulationen in Rheinland-Pfalz abschätzen zu können.

Für eine Beurteilung der beobachteten Minderwirkungen vom Iodosulfuron (Husar Power Plus) im Hinblick

auf eine möglicherweise vorhandene Resistenz sind noch weitere Untersuchungen mit abgestuften Aufwandmengen und Anwendung vergleichbarer Sulfonylharnstoffe erforderlich.

Literatur

- AUGUSTIN, B., 2010: Windhalm-Herkunft aus Rheinland-Pfalz mit multipler Herbizidresistenz. *Julius-Kühn-Archiv* **428**, 271-272.
- CAVAN, G., S.R. MOSS, 1997: Herbicide resistance and gene flow in black-grass (*Alopecurus myosuroides*) and wild-oats (*Avena* spp.). The 1997 Brighton Crop Protection Conference, Weeds, Proceedings of an international conference organized by The British Crop Protection Council, Brighton UK, 17-20 November 1997, Vol. 1, 305-310.
- HAGEN, D., L. SIEBERT, B. HOFMANN, O. CHRISTEN, 2006: Keimverhalten ausgewählter Flughafervarietäten (*Avena fatua* L.) in Abhängigkeit von Herkunft und Lagerungsdauer. *Mitt. der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften* Band 18, Kiel, Schmidt & Klaunig.
- KÄSTNER, A., E.J. JÄGER, R. SCHUBERT, 2001: Handbuch der Segetalpflanzen Mitteleuropas. Wien (u.a.), Springer, 609 S.
- KOCH, W., 1969: Einfluss von Umweltfaktoren auf die Samenphase annueller Unkräuter. Insbesondere unter dem Gesichtspunkt der Unkrautbekämpfung. *Arbeiten der Universität Hohenheim* 50, Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer, 204 S.
- HEAP, I., 2012: International Survey of Herbicide Resistant Weeds, <http://www.weedscience.org/Case/Case.asp?ResistID=5662> [18.11.2012].
- STOKŁOSA, A., J. KIEĆ, 2006: Studies on wild oat (*Avena fatua* L.) resistance to fenoxaprop-P. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderheft XX*, 115-122.
- WILSON, B.J., 1985: Effect of seed age and cultivation on seedling emergence and seed decline of *Avena fatua* (L.) in winter barley. *Weed Research* **25**, 213-219.