

Interaktionen von Vor- und Nachauflaufapplikationen auf die Kontrolle von metabolisch resistenten Ackerfuchsschwanzherkünften

Interaction of pre- and post-emergence herbicide treatment on efficacy of different black-grass biotypes with enhanced metabolism

Jan Petersen* und Florian Olf

Fachhochschule Bingen, Berlinstr. 109, 55411 Bingen

* Korrespondierender Autor, petersen@fh-bingen.de



DOI 10.5073/jka.2014.443.038

Zusammenfassung

In einem Gefäßversuch unter Freilandbedingungen mit unterschiedlichen metabolisch resistenten Ackerfuchsschwanzherkünften wurde die Wirksamkeit von Vorauf- und Nachauflaufapplikationen sowie deren Sequenz in Sommerweizen untersucht. Die Wirksamkeit der Maßnahmen wurde mit einer sensitiven Ackerfuchsschwanzherkunft verglichen. Die Ergebnisse deuten an, dass es deutliche Interaktionen je nach eingesetzten Herbizid bzw. Ackerfuchsschwanzherkunft geben kann, die es notwendig machen können, standortspezifische Herbizidstrategien zu entwickeln, die Rücksicht auf die jeweilige Resistenzsituation nehmen. Sollten sich diese einjährigen Ergebnisse bestätigen, bedeutet dies, dass zum einen die Resistenzsituation eines zu behandelten Feldes charakterisiert sein muss und ferner die Interaktionen verschiedener Herbizidstrategien so gut bekannt sein müssen, sodass eine standortspezifische optimale Herbizidwahl möglich wird. Nur so kann die Ackerfuchsschwanzpopulation wirksam kontrolliert und eine weitere Resistenzentwicklung auf dem jeweiligen Standort verzögert werden.

Stichwörter: ALS-Hemmer, Flufenacet, Flupyr-sulfuron, Prosulfocarb, Sequenzbehandlungen

Abstract

In an outdoor container trial with different resistant black-grass biotypes with enhanced metabolism, efficacy of pre- and post-emergence treatments as well as their sequence was investigated in spring wheat. Weed control success was compared to a susceptible biotype. Results indicate that there are strong interactions between herbicide and black-grass biotypes. As a consequence site specific herbicide strategies corresponding to current herbicide resistance situation can be necessary. If further trials support these findings then it is essential to characterize the site specific herbicide resistance situation and the potential interactions between different biotypes x herbicides resp. sequences. Only under these circumstances it is possible to optimize the herbicide choice on a specific site. Black-grass control might be optimal than and further speed of resistance evolution might be reduced on that site.

Keywords: ALS-Inhibitors, flufenacet, flupyr-sulfuron, prosulfocarb, sequential treatments

Einleitung

Die Bekämpfung von herbizidresistenten Ackerfuchsschwanzherkünften wird immer schwieriger. Während bei Vorkommen einer Zielortresistenz er durch Wahl einer anderen Wirkstoffgruppe zumeist wieder kontrolliert werden kann, ist dies bei manchen metabolisch bedingten Resistenzen nicht der Fall. Auf derartigen Standorten wird im Getreide zumeist eine Sequenzapplikation einer Vor- und Nachauflaufbehandlung empfohlen. Für die Voraufbehandlung kommen Herbizide mit Wirkung auf die Zellteilung und die Synthese der langkettigen Fettsäuren in Frage. Für eine Nachaufbehandlung werden dann zumeist ACC-ase-Inhibitoren oder ALS-Hemmer eingesetzt. Da es mutmaßlich unterschiedliche, nicht-Zielortresistenzen gibt, die teilweise auch die Wirksamkeit von Voraufherbiziden beeinträchtigen können, stellt sich die Frage, ob es Interaktionen zwischen Biotyp und Sequenzapplikation gibt. Wenn diese existieren, kann dies eine Rückwirkung auf die standortspezifische Herbizidwahl besitzen.

Um diese Interaktion zu untersuchen, wurde unter Halbfreilandbedingungen ein Containerexperiment mit verschiedenen metabolisch resistenten Ackerfuchsschwanzbiotypen durchgeführt. Der Ackerfuchsschwanz in Sommerweizen wurde mit verschiedenen Vor- bzw. Nachauflaufherbiziden sowie deren Sequenzen behandelt.

Material und Methoden

Die 20 l Plastikgefäße (804 cm² Oberfläche) wurden mit gedämpften und gesiebten, sandigen Lehm (Ackerfläche aus Bingen, ~2 % Humus) befüllt. Auf der eingeebneten Bodenoberfläche wurden 25 Sommerweizenkörner (Sorte „SW Kadrij“) ausgelegt. Dies entsprach einer Saatstärke von 400 Körnern/m². Abzüglich eines Gießrandes wurden die oberen 5 cm Boden mit Ackerfuchsschwanzsamen (ca. 600 Samen je Gefäß) jeweils einer Herkunft (Tab. 1) vermischt und auf die Weizenkörner in die Gefäße gegeben. Es wurden 4 verschiedene Ackerfuchsschwanzherkünfte verwendet. Direkt nach der Saat wurden am 9.4.2013 die Voraufflaferherbizidanwendungen (Tab. 2) durchgeführt. Hierfür wurden die Gefäße in eine Schachtner Applikationskabine gestellt und mit 250 l/ha bei 2,5 bar und 2,5 km/h behandelt.

Tab. 1 Herkunft und Charakterisierung der eingesetzten Ackerfuchsschwanzbiotypen.

Tab. 1 *Origin and characterization of used black-grass biotypes.*

Biotyp	Herkunft	Herbizidresistenz (nach Voruntersuchungen)	(nach eigenen
I	Appels Wilde Samen	leichte metabolische Resistenz gegen Fenoxaprop	eigenen
II	Peldon (Herbiseed)	multiple metabolische Resistenz	
III	Wischhafen/Elbe (Nie)	multiple metabolische Resistenz inkl. Mesosulfuron	
IV	Mischung aus Bosau (SH) und Gutow (MV) (50 : 50%)	multiple metabolische Resistenz exkl. Mesosulfuron + TSR ACCase Inhibitoren	

Tab. 2 Eingesetzte Herbizide, Aufwandmengen*, Applikationszeitpunkte und Wirkstoffgehalte.

Tab. 2 *Used herbicides, dose rates, application timings and concentration of active ingredients.*

VG	Zeitpunkt	Herbizid	Aufwandmenge	Wirkstoff g/l bzw. kg
1		unbehandelt		
2	VA	Cadou SC	0,5 l/ha	Flufenacet 500 g/l
3	VA	Boxer	5,0 l/ha	Prosulfocarb 800 g/l
4	VA	Lexus	20 g/ha	50% Flupyrsulfuron
5	NA	Atlantis WG	300 g/ha + 0,6 l/ha FHS	30 g/kg Mesosulfuron + 6 g/kg Iodosulfuron
6	NA	Broadway	220 g/ha + 1 l/ha FHS	68,3 g/kg Pyroxulam + 22,8 g/kg Florasulam
7	VA	Cadou SC	0,5 l/ha	
	NA	Atlantis WG	300 g/ha + 0,6 l/ha FHS	
8	VA	Cadou SC	0,5 l/ha	
	NA	Broadway	220 g/ha + 1 l/ha FHS	
9	VA	Boxer	5,0 l/ha	
	NA	Atlantis WG	300 g/ha + 0,6 l/ha FHS	
10	VA	Boxer	5,0 l/ha	
	NA	Broadway	220 g/ha + 1 l/ha FHS	
11	VA	Lexus	20 g/ha	
	NA	Atlantis WG	300 g/ha + 0,6 l/ha FHS	
12	VA	Lexus	20 g/ha	
	NA	Broadway	220 g/ha + 1 l/ha FHS	

* bei Atlantis WG und Broadway reduzierte Aufwandmengen um Verträglichkeit bei Sommerweizen zu verbessern

Die Gefäße wurden dann in einem Vogelschutzkäfig unter Freilandbedingungen in einer randomisierten Blockanlage mit 3 Wiederholungen aufgestellt. In den dafür vorgesehenen Gefäßen wurden die Nachauflaufbehandlung am 2.5.2013 im BBCH-Stadium 11-12 des Ackerfuchsschwanzes durchgeführt. Eine Bewässerung erfolgte nach Bedarf durch Springler. Nach der VA-Applikation erfolgte aufgrund natürlichen Regenfalls am Tag nach der Behandlung (9,8 mm) sowie an den folgenden Tage keine Zusatzberegnung. 24 Stunden nach der Applikation im BBCH 11-12 fiel kein Niederschlag und eine Beregnung unterblieb ebenfalls.

Jeweils 4 Wochen nach der Behandlung wurde die Ackerfuchsschwanzdichte je Gefäß bestimmt. Am 31.7.2013 wurde der Versuch vor dem Beginn der Ackerfuchsschwanzsamenreife beendet. Die Pflanzen wurden an der Bodenoberfläche abgeschnitten und die Arten nach Weizen und Ackerfuchsschwanz getrennt. Die gesamte Ackerfuchsschwanzbiomasse je Gefäß wurde bei 105 °C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet und anschließend wurde die Trockenmasse ermittelt.

Zur statistischen Analyse wurden die Dichten und die Trockenmassen auf Basis der jeweiligen Mittelwerte der unbehandelten Kontrollen der 4 Herkünfte normiert. Anschließend erfolgte eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit dem Statistikprogramm SAS Version 9.3 und einem multiplen Mittelwertsvergleich nach Tukey bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 %.

Ergebnisse

Die verwendete Methodik führte zu einem zeitlich verzettelten Ackerfuchsschwanzauflauf mit einer maximalen Dichte von ca. 1 Pflanze je cm². Trotz der recht hohen Dichte lag die Wirkung der Cadou SC-Anwendungen im Vorauflauf je Herkunft zwischen 80 und 95% (Abb. 1). Die Wirkung der Vorauflaufvariante Boxer differierte stärker zwischen den Herkünften. Während die sensitive Herkunft (Appels Wilde Samen) noch zu 70% in der Dichte reduziert wurde, war die Wirkung bei den Herkünften Peldon, Wischhafen und der Mischung mit 10 % marginal. Völlig anders stellte sich der Einfluss von Lexus im Vorauflauf dar. Im Vergleich zur Kontrolle waren bei allen Herkünften signifikante Erhöhungen des Ackerfuchsschwanzauflaufes zu beobachten. Mit + 40 % war diese Steigerung bei der sensitive Herkunft am deutlichsten. Allerdings muss hier angemerkt werden, dass nach der Lexus-Behandlung der Ackerfuchsschwanz deutlich geschädigt war, aber 4 Wochen nach der Behandlung die visuelle Wirkungseinschätzung von 50% nicht überschritt.

Die Varianten mit ausschließlicher Nachauflaufbehandlung zeigten eine etwas geringere Wirkung als die alleinige Anwendung von Cadou im Vorauflauf. Die Differenzierung zwischen den Herkünften erfolgte erwartungsgemäß. Während bei Broadway nur die sensitive Herkunft einen hohen Wirkungsgrad bei der Dichte zeigte, konnte Atlantis WG nur die Herkunft Wischhafen nicht ausreichend kontrollieren.

Die Kombination Lexus (VA) und Atlantis WG (NA) zeigte für die Herkünfte Mischung und Peldon signifikant niedrigere Wirkungsgrade im Vergleich zum Soloeinsatz von Atlantis WG, während die Wirkung für die Herkünfte sensitiv und Wischhafen gleich war. In der Kombination Lexus (VA) und Broadway (NA) war die Wirksamkeit bei allen Herkünften ca. 10 % niedriger als bei der alleinigen Anwendung von Broadway.

Aufgrund der guten Anwendungsbedingungen für das Cadou im Vorauflauf brachten die Sequenzapplikationen mit Atlantis WG bzw. Broadway keine Wirkungssteigerungen. Lediglich bei der Herkunft Peldon wurde bei der Sequenz Cadou – Broadway eine signifikante Verschlechterung der Wirkung beobachtet.

Die Applikationsfolge Boxer (VA) und Atlantis bzw. Broadway im Nachauflauf zeigte bei allen Herkünften kaum Differenzierungen zu den jeweiligen alleinigen Nachauflaufanwendungen von Atlantis WG bzw. Broadway. Lediglich die Dichte der sensitive Herkunft konnte bei der Sequenzapplikation von Boxer und Broadway signifikant besser kontrolliert werden als bei der alleinigen Anwendung von Broadway.

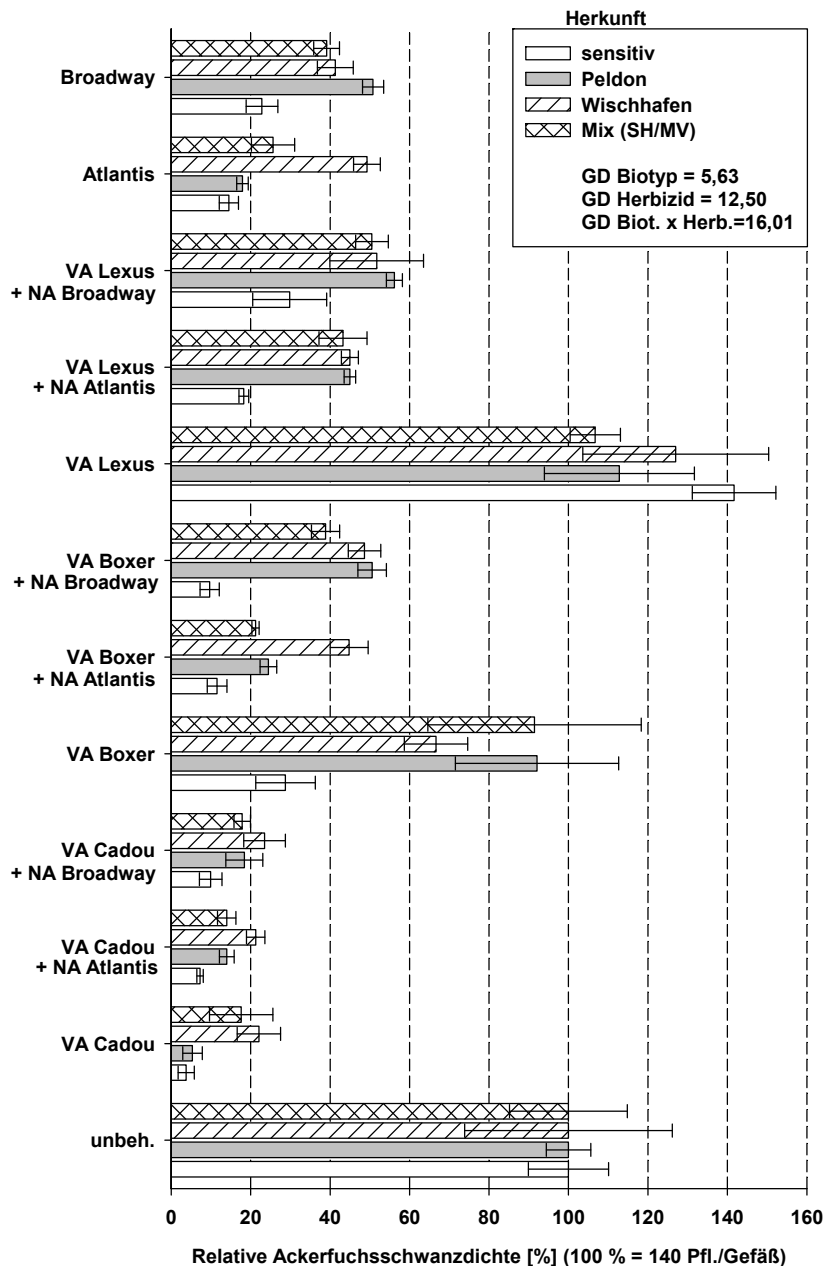


Abb. 1 Einfluss verschiedener Vor- bzw. Nachaufaufherbizidkombinationen auf die Dichte von 4 verschiedenen Ackerfuchsschwanzherkünften 4 Wochen nach der letzten Behandlung in Sommerweizen (Gefäßversuch unter Freilandbedingungen; GD – Grenzdifferenz Tukey 5 %; VA-Voraufauf; NA-Nachaufauf).

Fig. 1 Influence of different pre- and post-emergence treatments on density of 4 black-grass biotypes 4 weeks after last treatment in spring wheat (pot trial under outdoor conditions; GD – Least significant difference Tukey 5%; VA-pre-emergence; NA-post-emergence treatment).

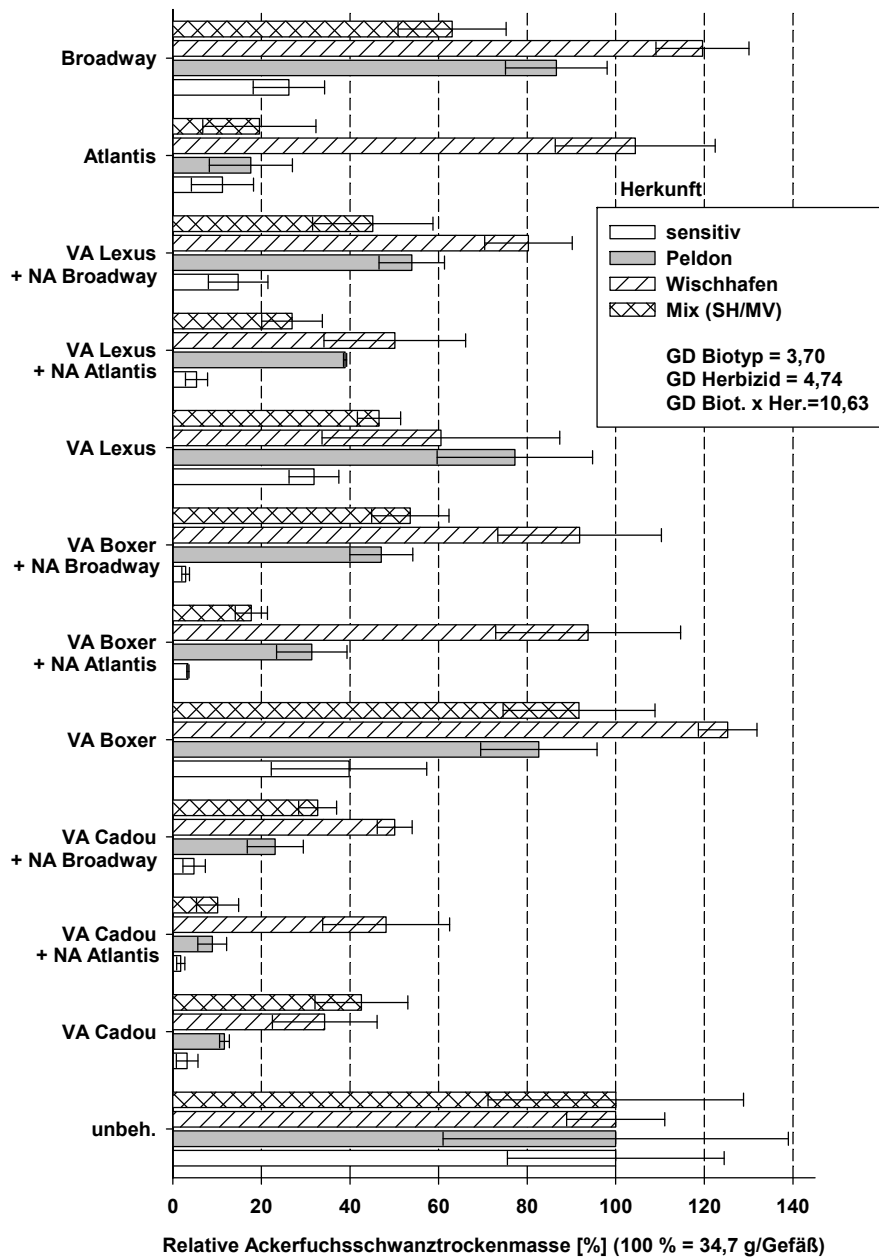


Abb. 2 Einfluss verschiedener Vor- bzw. Nachaufaflerherbizidkombinationen auf die Trockenmasse von 4 verschiedenen Ackerfuchsschwanzherkünften zur Sommerweizenernte (Gefäßversuch unter Freilandbedingungen; GD – Grenzdifferenz Tukey 5 %; VA-Voraufbau; NA-Nachaufbau).

Fig. 2 Influence of different pre- and post-emergence treatments on biomass of 4 black-grass biotypes at spring wheat harvest (pot trial under outdoor conditions; GD – Least significant difference Tukey 5 %; VA-pre-emergence; NA-post-emergence treatment).

Die Ergebnisse zur Ackerfuchsschwanzbiomasse (Abb. 2) bestätigen im Wesentlichen die zur Dichte dargelegten Ergebnisse. Das Cadou zeigte die beste Wirkung im Vergleich zu den anderen Voraufdauerherbiziden. Allerdings zeigten sich deutlichere Unterschiede zwischen den Herkünften als beim Parameter Dichte. Die Sequenz Cadou-Atlantis WG verbesserte die Solo Cadou-Anwendung leicht, jedoch mit Ausnahme der Herkunft Wischhafen. Hier war eine signifikant schlechtere Wirkung der Sequenz zu beobachten.

Im Vergleich dazu war die Sequenz Lexus-Atlantis WG besser in der Wirkung bei der Herkunft Wischhafen als der Soloeinsatz von Lexus (VA) bzw. Atlantis WG (NA). Die Wirkung dieser Kombination entsprach etwa der Leistung der Sequenz Cadou-Atlantis WG. Bei den Herkünften Mischung und Peldon war allerdings die Cadou-Atlantis WG-Sequenz deutlich wirkungsstärker. Im Vergleich aller Sequenzbehandlungen fiel die Wirkung von Broadway gegenüber Atlantis WG mit Ausnahme der wirkungsgleichen sensitiven Herkunft geringer aus. Dennoch führten die Sequenzen zu höheren Wirkungen als die jeweiligen Soloeinsätze.

Diskussion

Die Bekämpfung von metabolisch resistenten Ackerfuchsschwanzherkünften wird immer schwieriger. Um bestehende höchst ökonomische Ackerbaukonzepte aufrecht zu erhalten, werden die Herbizidstrategien immer ausgefeilter und aufwendiger. In Problemregionen wird aktuell empfohlen das Saatbett vor der Weizenaussaat zu präparieren, den dann vor der Saat aufgelaufenen Ackerfuchsschwanz mit Glyphosat zu beseitigen und mit möglichst wenig Bodenbearbeitungsintensität den Weizen zu säen. In Anschluss daran soll eine Bodenherbizidmaßnahme gefolgt von einer Nachaufdaueranwendung durchgeführt werden, um das Ungras zu bekämpfen (GEHRING *et al.*, 2012). Teilweise werden dann auch noch verschiedene Herbizide in eine Tankmischung gebracht, um die Wirkungssicherheit zu erhöhen. Neben den Aspekten der Kosten, der Umweltrelevanz und der Einflüsse auf die Nachfrucht stellt sich bei diesem Konzept die Frage, ob dies eine nachhaltige Strategie zur Ackerfuchsschwanzkontrolle darstellen kann.

Da gemutmaßt wird, dass nach gewärtigem Stand der Kenntnisse die Ursachen für eine metabolische Resistenz sehr unterschiedlich sein können und bei dem Fremdbefruchter Ackerfuchsschwanz die verschiedensten Resistenzgene in einem Individuum unterschiedlich kombinieren können (PETIT *et al.* 2010), scheint die praktische Konsequenz klar: Es wird Biotypen geben, die nahezu jede Herbizidstrategie überleben können. Die Frage ist nur welche(r) Biotyp(en) herrscht/herrschen auf einem Acker vor, und mit welcher Strategie kann dieser aktuell am bestem kontrolliert werden.

Die dargelegten Ergebnisse deuten an, dass bei jeder der 11 hier angewandten Herbizidstrategien die Biotypen unterschiedlich reagieren und, wenn auch auf unterschiedlichem Niveau, stets überlebende Pflanzen zu finden sind. Dies bedeutet, dass keine Strategie nachhaltig die Resistenzentwicklung aufhalten kann, sondern diese nur verzögert und die Strategie nach relativ kurzer Zeit wieder verändert bzw. angepasst werden muss.

Variation in der Wirksamkeit gegenüber den verschiedenen Biotypen besteht gegenüber allen eingesetzten Herbiziden. Neben den ALS-Inhibitoren betrifft dies auch das Prosulfocarb und das Flufenacet. Diese Variation bestätigen auch Untersuchungen von KLINGENHAGEN (2012). Nun sind Flufenacet-haltige Produkte derzeit die wichtigste und auch wirksamste Maßnahme im Voraufdauer, gerade um metabolisch resistente Ackerfuchsschwanzbiotypen zu bekämpfen. Mittelfristig besteht jedoch die Gefahr, dass diese Effizienz verloren geht. Interessant hierbei sind die im Versuch gemachten Beobachtungen, dass die Individuen, die eine Flufenacetbehandlung überlebten sich auch nicht durch die Nachaufdauerbehandlungen kontrollieren ließen. Eine Kreuz- bzw. multiple Resistenz von Flufenacet und den ALS-Inhibitoren (inkl. Atlantis WG) scheint häufig vorzuliegen. Das dennoch gerade diese Sequenz empfohlen wird (z.B. Cadou forte + Atlantis WG) und auch sehr wirksam ist, liegt zumeist daran, dass die Anwendungsbedingungen für die Bodenherbizide und damit deren Wirksamkeit im Freiland meist nicht so optimal sind (trockener

Boden, Keimung aus tieferen Bodenschichten, späte Keimung) wie im vorliegenden Versuch. Sensitive Individuen, die so einer Flufenacetwirkung entgehen, können durch das Atlantis WG im Nachauflauf wirksam kontrolliert werden.

Die entscheidende Frage, die diesem Versuch zu Grunde lag, ob eine Voraufanwendung die Effizienz der Nachauflaufanwendung beeinflussen kann, ist nicht einfach zu beantworten. Generell kann es eine Beeinflussung geben und zwar in beide Richtungen (verbesserte oder verschlechterte Wirkung). Diese ist aber nicht vorrangig von der Herbizidauswahl der Sequenz, sondern von deren Interaktion mit den Ackerfuchsschwanzbiotypen bestimmt. Mit anderen Worten: Was sich auf einem Acker als vorteilhaft für den Bekämpfungserfolg herausstellt, kann sich auf einem anderen Feld sich als nachteilig herausstellen.

Sollten sich diese Ergebnisse in weiteren Versuchen bestätigen, bedeutet dies in der Konsequenz zum einen, dass der Resistenzstatus vom Ackerfuchsschwanz eines Feldes möglichst gut charakterisiert sein sollte und zum anderen, dass die Interaktionen dieses vorrangig vorkommenden Biotyps mit Herbiziden bzw. Herbizidsequenzen bekannt sein sollte, bevor eine Herbizidauswahl für diese Fläche getroffen wird.

Diese gezielte Vorgehensweise steht allerdings vor einigen Herausforderungen, die es in naher Zukunft zu bewältigen gilt. Die Art der vorherrschenden metabolischen Resistenz (und auch Zielortresistenzen) muss mit vertretbarem Aufwand schlagspezifisch charakterisierbar sein und eine Art Datenbank für die Wirksamkeit verschiedenster Herbizide/Herbizidsequenzen/Herbizidmischungen bei den unterschiedlichsten Resistenztypen müsste erarbeitet werden. Schließlich müssten, sofern sich diese Werkzeuge entwickeln lassen, diese auch noch in die Praxis implementiert werden. Bei diesem enormen Aufwand muss einem zudem bewusst sein, dass dies alles keine Lösung der Resistenzprobleme schafft, sondern lediglich Zeit gewonnen wird. In der Hoffnung, dass diese Zeit genutzt wird, um prinzipiell neue Möglichkeiten der Ackerfuchsschwanzkontrolle zu entwickeln, mag diese Strategie sinnvoll sein.

Literatur

- GEHRING, K., R. BALGHEIM, E. MEINLSCHMIDT und C. SCHLEICH-SAIDFAR, 2012: Prinzipien einer Anti-Resistenzstrategie bei der Bekämpfung von *Alopecurus myosuroides* und *Apera spica-venti* aus Sicht des Pflanzenschutzdienstes. 25th German Conference on Weed Biology and Weed Control, March 13-15, 2012, Braunschweig, Germany. Julius-Kühn-Archiv **434**, 89-101.
- KLINGENHAGEN, G., 2012: Comparison of different black-grass populations (*Alopecurus myosuroides* Huds.) in their susceptibility to herbicides under field conditions. 25th German Conference on Weed Biology and Weed Control, March 13-15, 2012, Braunschweig, Germany. Julius-Kühn-Archiv **434**, 81-87.
- PETIT, C., B. DUHIEU, K. BOUCANSAUD und C. DÉLYE, 2010: Complex genetic control of non-target-site-based resistance to herbicides inhibiting acetyl-coenzyme A carboxylase and acetolactate-synthase in *Alopecurus myosuroides* Huds. *Plant Science* **178** (6), 501-509.