Ergebnisse eines deutschlandweiten Gräser-Monitorings der Jahre 2019 - 2021: Befalls- und Resistenzentwicklung

Results of a weed monitoring 2019-2021: Development of infestation and resistance situation

Martin Heß[1*], Johannes Herrmann[1], Nele Bollmann[1], Jean Wagner[2]

[1]Agris42 GmbH, Stuttgart

[2]PlantaLyt GmbH, Hannover

*martin.hess@agris42.de

DOI: 10.5073/20220117-141508

Zusammenfassung

Der Befall und die Resistenzsituation von *Alopecurus myosuroides* Huds., *Apera spica-venti* (L.) P. Beauv., *Bromus* spp. und *Lolium* spp. wurden in den Jahren 2019-2021 untersucht. Es zeigt sich, dass gerade im Jahr 2021 der Befall höher war als in den Jahren davor. Resistenzen wurden gerade bei *A. myosuroides* und *Lolium* spp. sowohl bei den ACCase- als auch bei den ALS-Inhibitoren gefunden, während für *Bromus* spp. und *A. spica-venti* eher Probleme bei Sulfonylharnstoffen gefunden wurden. Zunehmend beobachten wir jedoch Fälle von Mischverungrasungen mehrerer resistenter Gräser, die die Landwirte zunehmend vor Probleme stellen.

Stichwörter: Deutschland, Herbizidresistenz, Resistenzmonitoring, Unkrautbefall

Abstract

The infestation and the resistance situation with *Alopecurus myosuroides* Huds., *Apera spica-venti* (L.) P. Beauv., *Bromus* spp. and *Lolium* spp. were determined between 2019-2021. Especially in 2021, the infestation was higher than in the years before, with no clear trend. Resistance cases were found for *A. myosuroides* and *Lolium* spp. for both ALS- and ACCase-inhibitors. For *A. spica-venti* and *Bromus* spp., resistance to ALS-inhibitors were found with minor exceptions. More problematic is the simultaneous occurrence of more than one resistant grass per field, posing new problems to farmers.

Keywords: Germany, resistance monitoring, weed infestation, weed resistance

Einleitung

Unkrautbekämpfung ist zur Sicherung der Erträge essenziell und Herbizide sind auch aus ökonomischen Erwägungen seit Längerem das Mittel der Wahl (Moss et al., 2007). Ein daraus entstehendes Problem ist jedoch das Auftreten von resistenten Unkräutern (Heap, 2014; Heap, 2015). Der Einsatz von Herbiziden zur Bekämpfung von Unkräutern kann resistente Unkräuter selektieren (Délye et al., 2010). Deren häufiger Einsatz kann daher bei gleichzeitiger geringer Anwendung alternativer Bekämpfungsmaßnahmen schneller zu sicht- und messbaren Resistenzproblemen im Feld führen (Herrmann, 2016). Probleme mit Resistenzen sind jedoch für den Landwirt mit erheblichen Kosten verbunden. Somit wäre es notwendig zum einen das Resistenzausmaß festzustellen und zum anderen eine detaillierte Ursachenforschung zu betreiben, um frühzeitige Prognosen über die Entwicklung des Problems anzustellen. Bisher wurden diese Analysen jedoch weitestgehend kleinräumig, in Feldversuchen, überregional mit dem Fokus auf bewiesenen Resistenzproblemen oder nur zur Erfassung der Resistenzsituation, aber ohne Berücksichtigung der Bewirtschaftungsmaßnahmen durchgeführt (Hogrefe, 2011; Petersen et al., 2012; Hull et al., 2014; Knight, 2016). Während jedoch die Mechanismen der Resistenzbildung hinreichend bekannt sind, fehlt es an Informationen über das Ausmaß und die Verbreitung des Problems (Neve et al., 2014). Dies ist jedoch

notwendig, um den Bedarf für neuartige Lösungen frühzeitig zu erkennen und Landwirte gezielt auf zukünftige Probleme hinzuweisen.

Dazu wurde im Jahr 2019 ein deutschlandweites Monitoring mit dem Schwerpunkt *A. myosuroides* und *A. spica-venti* gestartet. Ziel war es, den Befall vor der Ernte (nach Abschluss aller Bekämpfungsmaßnahmen) als Indikator für das Ausmaß des Problems im Feld und den Resistenzgrad im Gewächshaus zu dessen Erklärung zu bestimmen. Dabei wurde versucht, das Bundesgebiet weitestgehend abzudecken. Wir stellen hier repräsentativ für die Situation in Deutschland sowohl die Befallssituation als auch die Resistenzausprägungen dar.

Material und Methoden

Das Monitoring umfasst 1369 Felder und wird seit 2019 jedes Jahr durchgeführt. Dabei werden der Befall nach Abschluss aller Behandlungen im Feld für jedes Unkraut bzw. Ungras bestimmt, der Resistenzstatus für ausgewählte Ungräser ermittelt sowie Informationen zur Bewirtschaftung bei den Landwirten erfragt. Die dargestellten Daten zum Befall beziehen sich dabei auf die Situation zur Ernte und nach Abschluss aller Herbizidmaßnahmen, in Reihenkulturen auch nach mechanischer Bekämpfung. Es wurden Proben von samenreifen Ungräsern gesammelt und anschließend auf Resistenzen im Biotest-Verfahren mit zugelassenen Herbiziden untersucht. Die detaillierte Methode ist bei HERRMANN (2020) beschrieben. Die statistische Analyse wurde mit R 3.6.3 durchgeführt.

Ergebnisse

Befall von A. myosuroides, A. spica-venti, Bromus spp. (B. sterilis *L.*, B. secalinus *L.*, B. commutatus *Schrad.) und* L. multiflorum *Lam. 2019 - 2021*

Abbildung 1 zeigt den Befall der vier wichtigsten beprobten Ungräser in den Jahren 2019 - 2021 nach Abschluss der Behandlungen im Feld. Dadurch ergibt sich für die Resistenzbetrachtung ein geeigneteres Bild, da nur der Befall derjenigen Ungräser bewertet wird, die durch die Herbizidmaßnahmen nicht kontrolliert wurden. Grundsätzlich zeigt sich, dass auf den Flächen mehrheitlich nur eine geringe bis mittlere Verungrasung gefunden wurde. So wurde beispielsweise in 50 % der Fälle keine Verungrasung oder nur einzelne Pflanzen gefunden. Der Anteil der Flächen mit ganzflächigem Befall betrug weniger als 10 % mit Ausnahmen bei *A. myosuroides* 2019 (11,6 %) und 2021 (17,2 %) sowie *A. spica-venti* 2019 (10,3 %). Es zeigt sich, dass mit Ausnahme von *A. spica-venti* für alle untersuchten Gräser in 2021 der Anteil der höheren Befallsklassen ausgeprägter war als in den Jahren 2020 und 2021.

Abbildung 1 Verteilung der Befallsklassen der verschiedenen Ungräser mit Bezug auf den Vorerntebefall nach Abschluss aller Bekämpfungsmaßnahmen durch den Landwirt. 1=keine/einzelne Pflanzen, 2= kleine Nester, 3=größer Nester/halbes Feld, 4= ganzes Feld, 5=ganzes Feld, starker Befall.

Figure 1 *Distribution of the weed infestation classes after weed management practices were carried out. 1=no/single weeds, 2=small patches, 3=larger patches up to half of the field, 4=entire field, 5=entire field, heavy infestation.*

Zusammensetzung der Arten

Neben der Frage nach dem Ungrasbefall einzelner Arten wurde auch das gemeinsame Auftreten der jeweiligen Arten untersucht. Hier zeigt sich, dass auf den untersuchten Flächen in 61 % der Fälle *A. myosuroides* allein vorkam. Auf 21 % der Flächen wurde *A. myosuroides* und ein weiteres Gras beobachtet, auf 13 % der Flächen wurden nur andere Ungräser als *A. myosuroides* beobachtet und auf 5 % der Felder wurden *A. myosuroides* und mindestens zwei andere Gräser beobachtet.

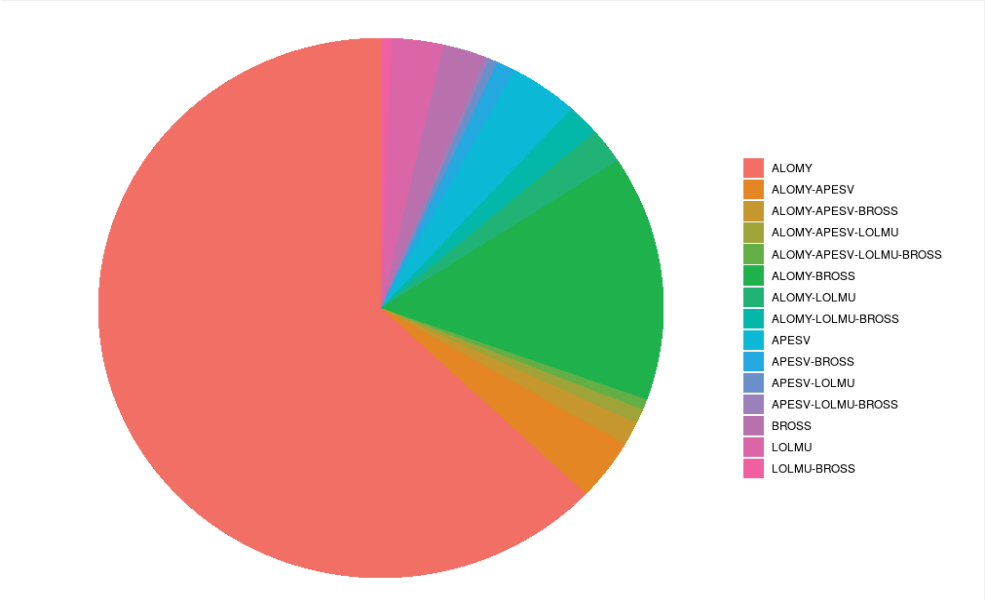

Abbildung 2 Relativer Anteil [%] der gefundenen Kombinationen der untersuchten Gräser auf 1369 im Monitoring untersuchten Flächen.

Figure 2 *Relative distribution [%] of different combinations of grasses found on 1369 fields in the monitoring across fields.*

Aus den Kombinationen geht auch hervor, dass von den 21 % der Felder mit Mischverungrasung aus *A. myosuroides* und einem weiteren Gras hier die *Bromus*-Arten mit 15 % dominierten. Meist dominiert bei den Mischverungrasungen eine Art.

Verbleibende Wirkung ausgewählter Herbizide

Abbildung 3 zeigt die verbleibende Wirkung verschiedener Herbizide auf die untersuchten Ungräser. Dabei wurden Behandlungen mit ATTRIBUT® (Propoxycarbazone, *Bromus* spp.), HUSAR® OD (Iodosulfuron, *A. spica-venti*) und ATLANTIS® WG (Mesosulfuron, Iodosulfuron, *A. myosuroides*, *Lolium* spp.) unter dem Begriff "Getreide-ALS" zusammengefasst.

Die Abb. 3 zeigt, dass unter den getesteten ACCase-Inhibitoren gegen *A. myosuroides* AXIAL® 50 (Pinoxaden) am häufigsten von Resistenzen betroffen war, gefolgt von AGIL®-S (Propaquizafop), FOCUS® ULTRA (Cycloxydim) und SELECT® 240 EC (Clethodim). Dieses Bild ergibt sich jedoch nicht bei der Bekämpfung von *Lolium* spp., wo AGIL-S etwas schlechter als AXIAL 50 abschnitt. Des Weiteren kann man beobachten, dass in *A. myosuroides* und *Lolium* spp. sowohl gegen ACCase- als auch ALS-Inhibitoren Resistenzen beobachtet wurden, während in *A. spica-venti* nur für ALS-Inhibitoren Probleme beobachtet wurden und im Fall der ACCase-Inhibitoren diese noch selten auftreten. Bei der Prüfung von ALS-Inhibitoren im Getreide (Getreide-ALS vs. BROADWAY®, Pyroxsulam) konnten wir beobachten, dass die Sulfonylharnstoffe gegen *A. myosuroides* und *Lolium* spp. etwas besser wirkten als BROADWAY, während sich dies gegen *A. spica-venti* umgekehrt verhält.

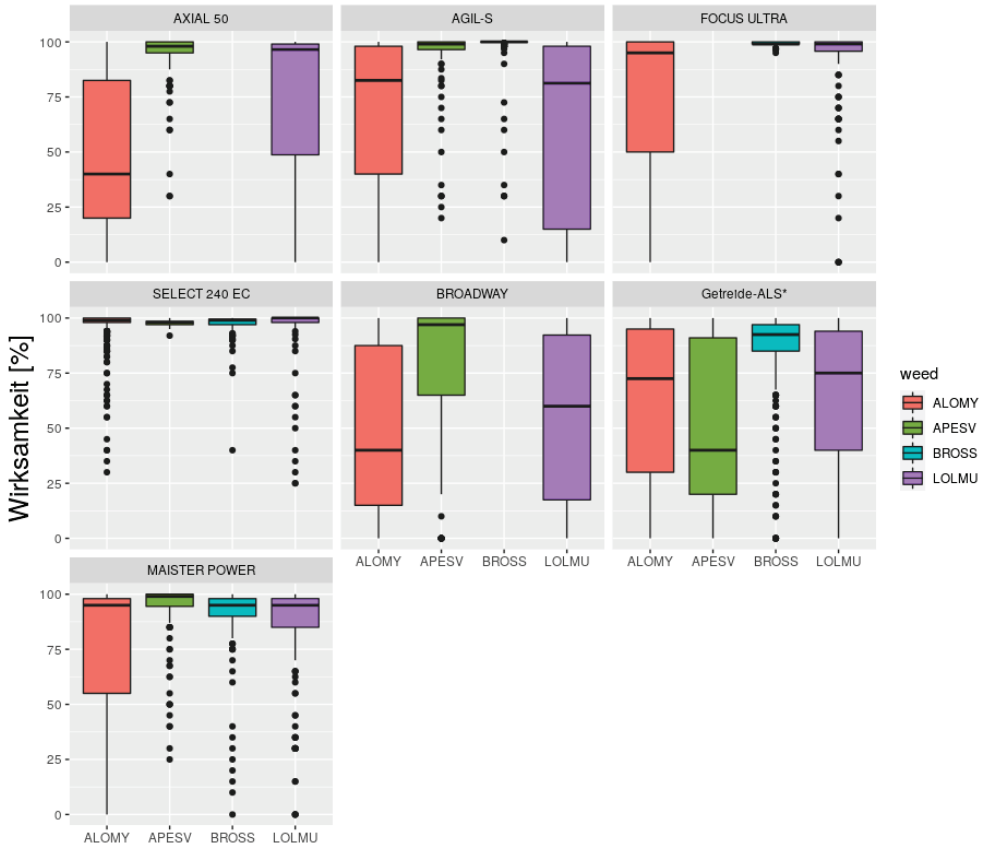

Abbildung 3 Ergebnisse der Biotest-Untersuchungen für verschiedene Ungräser und Herbizide im Gewächshaus. ALOMY = *A. myosuroides*, APESV = *A. spica-venti*, BROSS = Trespe Arten, LOLMU = *Lolium multiflorum*.

Figure 3 *Results of the greenhouse bioassay for several weed species and different herbicides. ALOMY* = A. myosuroides*, APESV* = A. spica-venti*, BROSS = brome grasses, LOLMU* = Lolium multiflorum.

Auch zeigt sich, dass Herbizidresistenzen in *Bromus* spp. bisher kaum ausgeprägt sind, sich jedoch einzelne Fälle gegen ALS-Inhibitoren zeigen (Abb. 3). Für *Lolium* spp. und *A. myosuroides* zeigt sich zudem, dass Minderwirkungen von FOCUS ULTRA etwas häufiger zu finden sind als von SELECT 240 EC, obwohl beide zu den “DIMs” gehören.

Auffallend ist, das der ALS-Inhibitor Foramsulfuron (Mais) weniger von Resistenzen betroffen ist, als andere ALS-Inhibitoren, die im Getreide eingesetzt werden. Dies zeigt sich bei allen getesteten Arten und hängt mit einer Mutation an Position Thr547 zusammen, die als einzige Resistenz gegenüber diesem Wirkstoff bewirkt.

Eine Korrelation zwischen den Befallsklassen und der verbleibenden Herbizidwirkung wurde nicht festgestellt (Daten nicht dargestellt). Dies bedeutet, dass auch auf Flächen mit guter Bekämpfungsleistung im Feld resistente Pflanzen herausselektiert werden können, die unter Umständen in Zukunft zu Problemen führen.

Korrelation der verbleibenden Wirkung von Sulfonylharnstoffen des Getreides beim Vorkommen mehrerer Arten

Da Minderwirkungen in allen untersuchten Arten gefunden wurden, stellt sich aus Sicht der Praxis die Frage, inwieweit eine Korrelation der Wirkung bei gleichzeitigem Auftreten mehrerer Ungräser besteht. Dazu wurden Korrelationen der gefundenen Wirkungsgrade gegen *A. myosuroides*, dem am häufigsten gefundenen Ungras, mit denen gegen *Bromus* spp., *Lolium* spp. und *A. spica-venti* errechnet.

In keinem Fall konnte eine enge Korrelation gefunden werden. Folgende Korrelationen wurden für die Ergebnisse gefunden: zwischen *A. myosuroides* und *Bromus* spp. r=0,19, p<0,001, N=734, zwischen *A. myosuroides* und *A. spica-venti* r=0,42, p<0,01, N=65 und zwischen *A. myosuroides* und *Lolium* spp. r=0,31, p<0,05, N=83. Bisher ist das Vorkommen von zwei resistenten Gräsern auf dem selben Feld noch selten. Gerade bei *B. commutatus* traten jedoch vereinzelt Fälle, bei denen keine Restwirkung von sowohl ATLANTIS (*A. myosuroides*) als auch ATTRIBUT mehr gefunden wurde (Daten nicht dargestellt). Wir glauben, dass gerade diese Fälle in Zukunft häufiger auftreten werden.

Diskussion

Während einzeln betrachtet das Befallsgeschehen nach Abschluss der Behandlungen auf den Flächen mehrheitlich niedrig ist, konnten gerade für *A. myosuroides* 2021 häufiger Flächen mit schwerem Befall beobachtet werden. Hinzu kommt, dass gerade gegen *A. myosuroides* und *Lolium* spp. Minderwirkungen sowohl der ACCase- als auch der ALS-Inhibitoren beobachtet werden. Mit Blick auf die Befallsdaten fällt auf, dass ein Teil dieser Proben von Feldern stammt, in denen der Landwirt eine gute Bekämpfungsleistung erzielte, jedoch die wenigen überlebenden Pflanzen resistent waren. Die Ergebnisse der Befallsstärke vor der Ernte nach Abschluss aller Bekämpfungsmaßnahmen dokumentieren den endgültigen Erfolg der Maßnahmen. Die Restverunkrautung mit dikotylen Arten (Ergebnisse nicht gezeigt) ist deutlich geringer als die mit Gräsern. Felder mit ganzflächigem Befall mit einer einzelnen dikotylen Art wurden praktisch nicht beobachtet. Unter den Gräsern ist *A. myosuroides* mit etwa 10 % der Felder in den hohen ertragsrelevanten Befallsstufen 4 und 5 das größte Einzelproblem. Trends einer Zu- oder Abnahme der Befallsstärken lassen sich nach drei Beobachtungsjahren nicht erkennen. Allerdings war in der Saison 2020/21 der Vorerntebefall mit *A. myosuroides* deutlich höher. Wir führen dies auf eine insgesamt stärkere Befallssituation zurück, die vermutlich auf einen höheren Samenvorrat während der letzten zwei Jahre, aufgrund geringeren Auflaufs wegen Trockenheit, zurückgeht. Wir dürfen daher von einer starken Ergänzung des Samenvorrates im Boden ausgehen. Für *A. spica-venti* konnten wir einen stärkeren Befall nicht feststellen. Im Vergleich zu *A. myosuroides* war ein stärkerer Frühjahrsauflauf nicht zu beobachten.

Schwerer ganzflächiger Befall mit *Bromus* spp. konnte nur auf wenigen Feldern beobachtet werden. Dies hauptsächlich mit der Tauben Trespe *(Bromus sterilis)*, obwohl diese Art relativ frequent ist, allerdings meist auf die Ackerränder beschränkt. Wiesentrespe *(Bromus commutatus)* scheint sich als Ackerungras stärker zu etablieren.

Zusätzlich konzentriert sich jedoch die Betrachtung der Problematik in Problemregionen zunehmend auf ein Spektrum an Ungräsern. Dabei spielen vor allem Mischverungrasungen aus *A. myosuroides, Bromus* spp., *A. spica-venti* und *Lolium* spp. eine wichtige Rolle. So konnten wir Fälle aufzeigen, bei denen im Getreide auf Grund von Resistenzen bei Sulfonylharnstoffen sowohl *A. myosuroides* als auch *Bromus* spp. nicht mehr ausreichend bekämpft werden konnten. Durch den Wegfall der Sulfonylharnstoffe in diesen Fällen ergibt sich aber das Problem, dass die bisherige Bekämpfungsstrategie gegen beide vorkommenden Arten unter Umständen nicht mehr ausreicht. Hierbei stellt sich die Frage, ob das Thema Mischverungrasung ein neues Problem ist, welches durch größere Felder, die verschiedene Standortbedingungen vereinigen, begünstigt wird. Wahrscheinlich müssen wir uns auch von der eher statischen Arten-Definition lösen, nach der Arten bestimmte feste Standortansprüche besitzen und von bestimmten ackerbaulichen Produktionsmethoden mehr oder weniger begünstigt werden oder davon, dass ein Herbizid gegen alle Populationen die gleiche Wirkung hat. Das deutlichste Beispiel dazu ist natürlich die Herbizidresistenz. Zwar gehören Pflanzen von *A. myosuroides* mit unterschiedlichstem Resistenzprofil immer noch zur Art *A. myosuroides*, aber eine generelle Herbizidempfehlung ist nicht mehr möglich. Der Landwirt muss vor dem Einsatz das Resistenzprofil der zu behandelnden Population kennen. Dies gilt insbesondere für Wirkstoffe mit höherer Resistenzprävalenz von 10 % der Populationen oder mehr. Wir

können auch annehmen, dass gleichzeitig mit der Resistenzselektion die Arten eine Evolution durch die üblichen praktizierten ackerbaulichen Produktionsverfahren erfahren haben. Also, dass nicht nur bestimmte Produktionsverfahren bestimmte Arten begünstigen, sondern dass auch ein aktiver evolutionärer Anpassungsprozess permanent stattfindet. Wir vermuten dies besonders für die Gräserarten. Es ist durchaus möglich, dass eine Art Ko-Evolution zwischen Herbizidresistenz und Adaptation an verschiedene agronomische Eigenschaften stattfindet.

Literatur

DÉLYE, C., S. MICHEL, A. BÉRARD, B. CHAUVEL, D. BRUNEL, J.-P. GUILLEMIN, F. DESSAINT, V. LE CORRE, 2010: Geographical variation in resistance to acetyl-coenzyme A carboxylase- inhibiting herbicides across the range of the arable weed *Alopecurus myosuroides* (black-grass). New Phytol. **186** (4), 1005–1017, DOI: 10.1111/j.1469-8137.2010.03233.x.

HEAP, I., 2014: Global perspective of herbicide-resistant weeds. Pest Manag. Sci. **70** (9), 1306–1315, DOI: 10.1002/ps.3696.

HEAP, I., 2021 International Survey Of Herbicide Resistant Weeds. URL: www.weedscience.org .

HERRMANN, J., 2016: Analysis of the spatial and temporal dynamics of herbicide resistance to ACCase- and ALS-Inhibitors in *Alopecurus myosuroides* Huds. and their causes. PhD Thesis, Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig, 208 p., DOI: 10.24355/dbbs.084-201701240925-0.

HERRMANN, J., M. HESS, J. WAGNER, 2020: Befall und Herbizid-Sensitivität in ausgewählten Regionen Deutschlands: Ergebnisse eines Gräser-Resistenzmonitorings 2019. 29. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung, Julius-Kühn-Institut, Braunschweig, Germany, Julius-Kühn-Archiv **464**, 333-338, DOI: 10.5073/jka.2020.464.050.

HOGREFE, C., 2011: Untersuchungen zur Herbizidresistenz in verschiedenen Feldpopulationen von Ackerfuchsschwanz (*Alopecurus myosuroides* Huds.) in Deutschland, Masterarbeit Hochschule Neubrandenburg.

HULL, T., L. TATNELL, S. COOK, S. MOSS, 2014: Current status of herbicide-resistant weeds in the UK. Aspects of Applied Biology **127**, 261–272.

KNIGHT, C., 2016: Investigating the evolution of herbicide resistance in UK populations of *Alopecurus myosuroides*. PhD thesis, University of Warwick.

MOSS, S.R., S.A.M. PERRYMAN, 2007: The incidence of herbicide-resistant *Alopecurus myosuroides* (black-grass) in England and its development in relation to past herbicide use. Aspects of Applied Biology **83**, 109–113.

NEVE, P., R. BUSI, M. RENTON, M.M. VILA-AIUB, 2014: Expanding the eco-evolutionary context of herbicide resistance research. Pest Manag. Sci. **70** (9), 1385–93, DOI: 10.1002/ps.3757.

PETERSEN, J., G. NARUHN, H. RAFFEL, 2012: Nicht-Zielortresistenzen bei *Alopecurus myosuroides* und *Apera spica-venti* – Resistenzmuster und Resistenzfaktoren. 25. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung, Julius-Kühn-Institut, Braunschweig, Germany, Julius-Kühn-Archiv **434**, 43-50, DOI: 10.5073/jka.2012.434.004.

POWLES, S., Q. YU, 2010: Evolution in action: plants resistant to herbicides. Annu. Rev. Plant Biol. **61**, 317–347, DOI: 10.1146/annurev-arplant-042809-112119.