

Potential von ‘Harvest Weed Seed Control’ zur Kontrolle von Acker-Fuchsschwanz (*Alopecurus myosuroides* Huds.)

Potential of blackgrass (Alopecurus myosuroides Huds.) for Harvest Weed Seed Control

Lena Ulber

Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland, Braunschweig

lena.ulber@julius-kuehn.de

DOI: 10.5073/20220124-074645

Zusammenfassung

Die Reduzierung des Eintrages von Unkrautsamen in den Bodensamenvorrat durch Sammeln und Zerstören der Samen während der Ernte (Harvest Weed Seed Control; HWSC) stellt eine langfristige Strategie zur Verminderung des Unkrautbesatzes mit konkurrenzstarken und resistenzgefährdeten Unkrautarten wie *Alopecurus myosuroides* dar. Die Wirksamkeit von HWSC-Maßnahmen ist vor allem von der Höhe des Samenverbleibs an der Unkrautpflanze und der Höhe der verbleibenden Samen an der Pflanze zum Erntezeitpunkt abhängig. Auf drei Winterweizen-Flächen wurde daher bei *A. myosuroides* im Jahr 2020 der prozentuale Samenverbleib an der Pflanze zum Erntezeitpunkt bestimmt. Dabei konnte zum regulären Erntetermin ein Samenverbleib von 31-51 % festgestellt werden. Diese Unkrautart weist daher ein mittleres Potential für effiziente HWSC-Maßnahmen auf. Auf Standorten mit hohen *A. myosuroides*-Dichten sollte die Anwendung von HWSC aber dazu beitragen, den Sameneintrag in den Bodensamenvorrat nachhaltig zu reduzieren.

Stichwörter: Integrierte Unkrautkontrolle, Samenbank, Samenverbleib

Abstract

Reducing the entry of weed seeds into the soil seed bank by collecting and destroying seeds during harvest (Harvest Weed Seed Control; HWSC) is a long-term strategy for reducing weed populations of competitive and resistant-prone weed species such as *Alopecurus myosuroides*. A high efficacy of HWSC for reducing weed populations primarily depends on the extent of seed retention of the target species at the time of crop harvest. Seed retention of *A. myosuroides* was therefore determined on three winter wheat fields in 2020. At the regular harvest date, *A. myosuroides* showed a seed retention rate of 31-51%. This species therefore has a medium potential for efficient HWSC use. Nevertheless, on fields with high *A. myosuroides* densities, the use of HWSC can help to reduce seed-bank enrichment in the long term.

Keywords: Integrated weed control, seedbank, seed retention

Einleitung

Acker-Fuchsschwanz (*Alopecurus myosuroides* Huds.) ist die in Deutschland am stärksten von Herbizidresistenz betroffene Unkrautart. So wurden bei *A. myosuroides* Resistenzen gegen verschiedene herbizide Wirkmechanismen beobachtet. In der Praxis sind bei der Bekämpfung in Wintergetreide derzeit vor allem Resistenzen gegen Acetyl-CoA-Carboxylase (ACCCase)- und Acetolactat-Synthase (ALS)-Hemmer problematisch und in vielen Regionen bereits weit verbreitet. Die Art *A. myosuroides* weist eine hohe Konkurrenzskraft auf und kann im Winterweizen zu deutlichen Ertragseinbußen führen (Moss, 2013). Die Samenproduktion von *A. myosuroides* wird auf bis zu 2.000 Samen/Pflanze geschätzt, was bei einer unzureichenden Kontrolle von *A. myosuroides* zu einem starken Anstieg der Populationsdichte beitragen kann.

Politische und gesellschaftliche Forderungen nach einer Reduzierung des Einsatzes von chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln und die fortschreitende Resistenzentwicklung bei Unkräutern wie *A. myosuroides* erfordern innovative Verfahren für eine nicht-chemische Unkrautkontrolle. Eine langfristige Strategie mit Innovationspotential stellt die Reduzierung des Eintrages von Unkrautsamen in den Bodensamenvorrat zur Reduzierung des Unkrautbesatzes einer Ackerfläche dar. Unterschiedliche Verfahren zur Reduzierung des Sameneintrages in den Boden wurden erstmals in Australien entwickelt, unter dem Begriff „Harvest Weed Seed Control“ (HWSC) zusammengefasst und in Australien bereits erfolgreich in der Praxis eingesetzt (WALSH et al., 2017). In den letzten Jahren wurde der praktische Einsatz des Verfahrens auch in den USA und Europa getestet. Eine entsprechende Technologie, die Unkräuter während des Erntevorgangs kontrolliert, wurde jedoch bisher in Deutschland nur begrenzt diskutiert und erprobt. Üblicherweise werden Unkrautsamen, die bei der Ernte in den Mähdrescher gelangen, zusammen mit dem Kaff (Spreu und kleinere Strohteile) gleichmäßig über das Feld verteilt. Zusammen mit den vor der Ernte ausgefallenen Unkrautsamen tragen sie so zu einem erhöhten Unkrautauflauf in den Folgekulturen bei. Da sich bei vielen Unkrautpflanzen die Samen oberhalb der üblichen Erntehöhe von 15 cm befinden, ist potentiell ein Auffangen und Zerstören der Samen bei der Ernte möglich (WALSH et al., 2018). Ziel von HWSC ist das Sammeln und Zerstören von Unkrautsamen während der Ernte, um den Eintrag von keimfähigen Samen in die Bodensamenbank zu reduzieren. Dies kann zu einer nachhaltigen Reduzierung des Unkrautbesatzes einer Ackerfläche beitragen (GALLANDT, 2006) und die Notwendigkeit der (chemischen) Unkrautkontrolle in der Folgefrucht reduzieren. Eine Möglichkeit von HWSC ist die mechanische Zerstörung der Unkrautsamen bzw. deren Keimfähigkeit durch Hammer-Mühlen oder axiale Rotoren, die im hinteren Teil des Mähdreschers integriert sind (SHERGILL et al., 2020). Derzeit sind weltweit verschiedene Aggregate für diesen Zweck verfügbar. Für den deutschen Markt hat die Firma Zürn im Jahr 2020 erstmals den Vertrieb des Seed Terminator®-Aggregates übernommen, das mit verschiedenen Mähdreschertypen kombiniert werden kann. Zudem ist die Seed Control Unit des Herstellers Redekup für bestimmte John Deere-Mähdrescher verfügbar.

Studien aus Australien und den USA zeigen für die in Mähdreschern integrierbaren HWSC-Geräte eine hohe und zuverlässige Wirksamkeit bei der Zerstörung der Unkrautsamen. Durch den Einsatz einer HWSC-Mühle konnten beispielsweise 86-100 % der Samen verschiedener Unkrautarten zerstört werden (WALSH et al., 2012; SCHWARTZ-LAZARO et al., 2017; SHERGILL et al., 2020) und der Auflauf von Unkräutern in der Folgekultur um bis zu 70 % reduziert werden (BEAM et al., 2019).

Für einen hohen Wirkungsgrad von HWSC-Maßnahmen ist primär eine hohe zum Zeitpunkt der Ernte noch an der Unkrautpflanze vorhandene Samenmenge relevant. So ist die große Akzeptanz des HWSC-Systems in Australien (43 % der Landwirte nutzen HWSC, (WALSH et al., 2017)) vor allem auf den langen Verbleib der Samen an den dominanten Ungrasarten wie z.B. *Lolium rigidum* Gaud. zurück zu führen, bei denen sich bei der Ernte noch 77-99 % der Samen an der Pflanze befinden (WALSH und POWLES, 2014). Für die in Deutschland relevanten Unkrautarten fehlen bisher entsprechende Daten zum Samen-Verbleib, so dass das Potential von HWSC-Maßnahmen derzeit nicht abzuschätzen ist. Für *A. myosuroides* ist beispielsweise aus älteren Untersuchungen von KAMPE (1975) und KOCH (1968) lediglich bekannt, dass der Samenausfall in Deutschland Ende Juli erfolgt und damit ca. ein bis zwei Wochen vor der Ernte.

Ziel dieser Untersuchungen war daher die Quantifizierung des artenspezifischen Samen-Verbleibs zum Erntezeitpunkt von Winterweizen bei *A. myosuroides*, um die Effizienz von HWSC-Maßnahmen zur Ackerfuchsschwanz-Kontrolle besser einschätzen zu können.

Material und Methoden

Quantifizierung des Samenausfalls bei *A. myosuroides* über die Vegetationszeit

Die Versuche zum Samen-Verbleib wurden im Jahr 2020 auf drei Winterweizen-Flächen im Raum Braunschweig durchgeführt. Alle Flächen wiesen auch nach der Frühjahrs-Applikation von Herbiziden hohe *A. myosuroides*-Dichten auf (Tab. 1). Die Sortenwahl, Aussaat und Bewirtschaftung der Flächen erfolgte betriebsüblich. Auf jeder Fläche wurden im Mai 2020 acht Versuchspartzen mit einer Größe von 0,25 m² angelegt und die *A. myosuroides*-Pflanzendichte zu Versuchsbeginn bestimmt.

Um die Menge der ausfallenden Samen in den Partzen über die Vegetationszeit zu quantifizieren wurden Streifen aus wasserdurchlässigem Vlies zwischen den Weizenreihen ausgelegt und fixiert (Abb. 1). Die ausgefallenen Samen wurden ab dem Zeitpunkt der Samenreife bis zur Ernte in einem Abstand von 6-8 Tagen mit Hilfe eines Akku-Saugers mit einem Filteraufsatz für Kleinteile (separater Aufsatz „Catch Up“) von dem Vlies entfernt. Bei nasser Witterung wurde das Absaugen der Vliesstreifen um max. 2 Tage verschoben. Die Proben wurden im Anschluss gereinigt und dabei Samen anderer Unkrautarten und anderer Fremdbesatz heraus sortiert.

Um den Einfluss des Erntetermins auf den Samen-Verbleib am Halm zu quantifizieren wurden vier der acht Partzen ca. zwei Wochen vor dem geplanten Erntetermin (frühe Ernte, Mitte Juli) und vier Partzen zum betriebsüblichen Erntetermin (reguläre Ernte, Ende Juli/Anfang August) geerntet. Vor der Ernte erfolgte jeweils noch eine letzte Entnahme der Samen vom Vlies. An den beiden Ernteterminen (früh/regulär) wurden die Weizen- und *A. myosuroides*-Pflanzen auf einer Höhe von 15 cm per Hand abgeschnitten. Die noch in den abgeschnittenen Proben befindlichen *A. myosuroides*-Samen wurden heraus sortiert und als zum Erntezeitpunkt an den *A. myosuroides*-Pflanzen verbleibende Samen gewertet.



Abbildung 1 Vliesstreifen in Winterweizen zum Auffangen der ausfallenden Unkrautsamen im Mai 2020.

Figure 1 Plastic fleece strips in winter wheat to recover shed weed seeds in May 2020.

Insgesamt wurden in den Partzen mit regulärem Erntetermin über die gesamte Versuchsperiode an 5-6 Zeitpunkten durch Absaugen der Vlies-Streifen *A. myosuroides*-Samenproben gesammelt. In den frühen Partzen erfolgte die Probenahme abhängig vom genauen Zeitpunkt des frühen Erntetermins an 3-4 Zeitpunkten. Alle *A. myosuroides*-Proben wurden gereinigt, gewogen und die Anzahl der Samen separat für jede Versuchspartze und Probezeitpunkt bestimmt.

Die statistischen Auswertungen (ANOVA) erfolgte mit der Softwareumgebung R (R CORE TEAM, 2020). Der post-hoc Turkey-Test wurde verwendet, um Unterschiede hinsichtlich der Samenanzahl zwischen den Probezeitpunkten, Ernteterminen und Standorten zu prüfen.

Ergebnisse und Diskussion

Zu Beginn des Versuches wiesen die drei Versuchsflächen *A. myosuroides*-Dichten von 29,5-58,0 Pflanzen/m² auf (Tab. 1).

Tabelle 1 *A. myosuroides*-Pflanzendichte (Mittelwert ± Standardabweichung) zu Beginn des Versuches im Mai 2020 an drei Standorten

Table 1 Density of *A. myosuroides* plants (mean ± standard deviation) at the start of the trial in May 2020 at three field locations

Standort	Mittlere <i>A. myosuroides</i> -Pflanzendichte (Pflanzen/m ²)
Schöppenstedt	58,0 (±15,71)
Grauhof	37,0 (±13,30)
Langelsheim	29,5 (±5,63)

Samenausfall bei *A. myosuroides* vor der Ernte des Winterweizens

Der Ausfall der *A. myosuroides*-Samen begann an allen drei Versuchsstandorten Ende Juni 2020 (Fig. 2).

Die wöchentliche Anzahl der vor der Ernte ausgefallenen Samen unterschied sich an den jeweiligen Standorten zwischen den Probeterminen, es konnten aber nur für einzelne Termine signifikante Unterschiede in der ausgefallenen Samenmenge nachgewiesen werden.

Samenverbleib bei *A. myosuroides* zum Erntetermin des Winterweizens

Zum frühen Erntetermin ca. zwei Wochen vor dem praxisüblichen, regulären Erntetermin war die Anzahl der noch an den *A. myosuroides*-Pflanzen verbleibenden Samen an allen drei Versuchsstandorten signifikant höher als die Anzahl der bereits ausgefallenen Samen (Tab. 2; $p < 0,05$).

Zum regulären Erntetermin war die Anzahl der ausgefallenen Samen am Standort Grauhof signifikant höher als an den beiden anderen Standorten ($p < 0,039$). Diese Unterschiede zwischen den Standorten beruhen eventuell auf unterschiedlichen Saatzeitpunkten und unterschiedlichen Konkurrenzigenschaften der angebauten Weizensorten sowie auf einer variierenden ökologischen Plastizität (Samenmenge und Zeitpunkt der Samenreife) der standortspezifischen *A. myosuroides*-Populationen (TIDEMANN et al., 2017). Die Anzahl der zum regulären Erntetermin an den Pflanzen verbleibenden Samen unterschied sich dagegen nicht signifikant zwischen den drei Standorten.

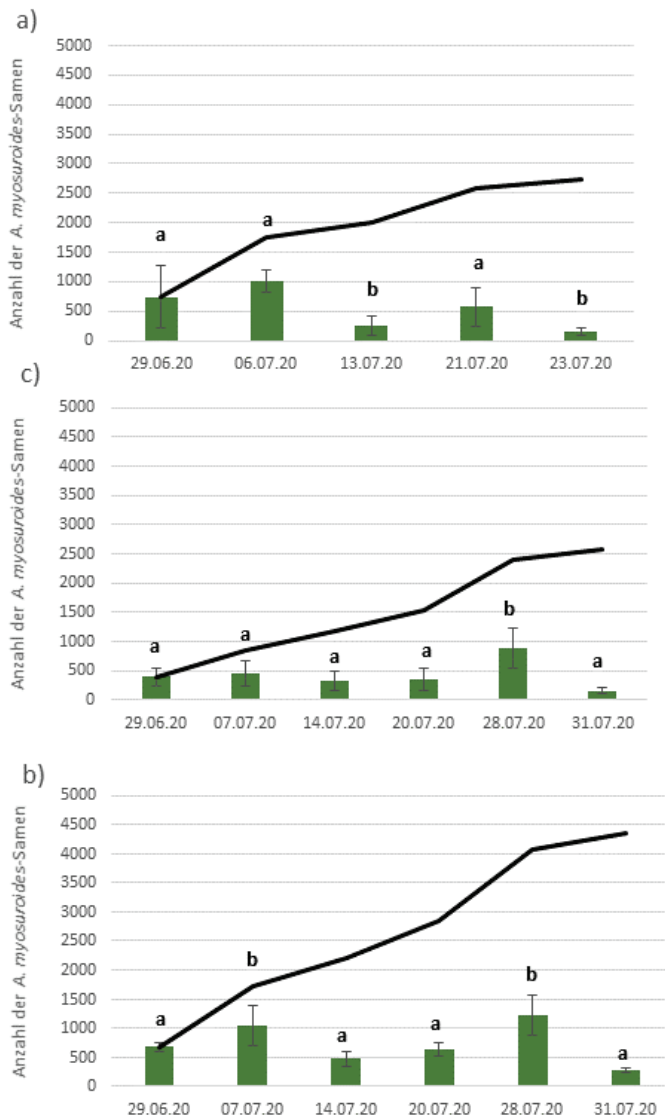


Abbildung 2 Mittlere (grüne Balken; Mittelwert \pm Standardabweichung) und kumulative Anzahl (schwarze Linie) der wöchentlich ausgefallenen *A. myosuroides*-Samen in 0,25 m²-Versuchsparzellen mit regulärem Erntetermin an den drei Standorten Schöppenstedt (a), Grauhof (b) und Langelsheim (c) im Versuchsjahr 2020. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p < 0,05$) in der Anzahl der ausgefallenen *A. myosuroides*-Samen zwischen den Probezeitpunkten.

Figure 2 Mean (green bars; mean \pm standard deviation) and cumulative number (black line) of the weekly shed *A. myosuroides* seeds in 0.25 m² plots of the regular harvest date at the three field locations Schöppenstedt (a), Grauhof (b) and Langelsheim (c) in 2020. Different letters refer to significant differences ($p < 0.05$) in the shed *A. myosuroides* seeds between the sampling dates.

An den drei Standorten konnten jeweils keine signifikanten Unterschiede in der Menge der ausgefallenen Samen zwischen dem frühen und regulären Erntetermin beobachtet werden (Tab. 2). Die Menge der an den *A. myosuroides*-Pflanzen verbleibenden Samen war dagegen am Standort Schöppenstedt und Grauhof zum frühen Erntezeitpunkt signifikant höher als zum regulären Erntetermin ($p < 0,05$). Am Standort Langelsheim zeigten sich dagegen keine signifikanten Unterschiede in der Menge der verbleibenden Samen zwischen dem frühen und regulären Erntetermin.

Tabelle 2 Anzahl der ausgefallenen und an der Pflanze verbleibenden *A. myosuroides*-Samen (Mittelwert \pm Standardabweichung) zum frühen (ca. zwei Wochen früher) und regulären Erntezeitpunkt von Winterweizen in 0,25 m²-Versuchspartzellen an drei Versuchsstandorten in 2020

Table 2 Number of *A. myosuroides* seeds (mean \pm standard deviation) shed and retained at the early (approx. two weeks earlier) and regular harvest date of winter wheat in 0.25 m² plots at three field locations in 2020

Standort	Früher Erntetermin		Regulärer Erntetermin	
	Anzahl ausgefallene Samen	Anzahl verbleibende Samen	Anzahl ausgefallene Samen	Anzahl verbleibende Samen
Schöppenstedt	2911 (\pm 1481)	8466 (\pm 2982)	2734 (\pm 2734)	2237 (\pm 1803)
Grauhof	3172 (\pm 1030)	5650 (\pm 2100)	4345 (\pm 933)	1881 (\pm 190)
Langelsheim	1728 (\pm 314)	3078 (\pm 3126)	2565 (\pm 320)	2678 (\pm 1177)

An den Standorten Schöppenstedt und Grauhof unterschied sich die Gesamtmenge der Samen deutlich zwischen den beiden Ernteterminen. So wurden z.B. am Standort Schöppenstedt in den Versuchspartzellen mit frühem Erntetermin insgesamt 11.377 ausgefallene und verbleibende Samen gezählt, in den Partzellen mit dem regulärem Erntetermin waren es dagegen insgesamt nur 4.971 Samen. Der Anteil der zum regulären Erntetermin ausgefallenen Samen im Verhältnis zu den verbleibenden Samen fiel in Schöppenstedt und Grauhof somit niedriger aus als erwartet. Mögliche Gründe sind eine unterschiedliche *A. myosuroides*-Dichte in den Versuchspartzellen des frühen und des regulären Erntetermins oder eine Reduzierung der später in der Saison ausgefallenen Samen durch Prädatoren wie kleine Vertebraten oder Carabiden (DAOUTI et al., 2021).

An den drei Standorten befanden sich zum frühen Erntetermin noch 52-73 % der *A. myosuroides*-Samen an den Pflanzen, zum regulären Erntezeitpunkt waren es nur noch 31-51 % der insgesamt gebildeten *A. myosuroides*-Samen (Abb. 3). Dies zeigt, dass insbesondere in den Wochen vor der Ernte noch ein großer Teil der *A. myosuroides*-Samen ausfällt und somit zu einer Anreicherung der Samen im Bodensamenvorrat beiträgt.

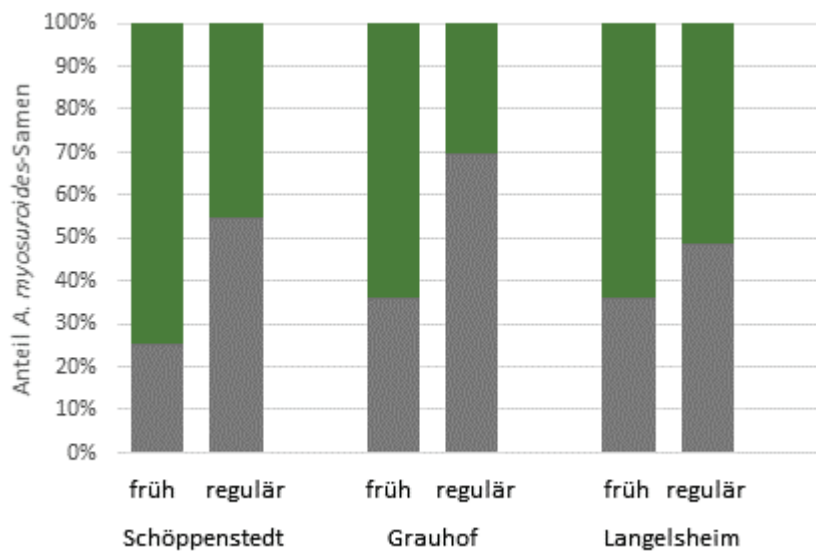


Abbildung 3 Prozentualer Anteil der ausgefallenen (grau) und der an der Pflanze verbleibenden (grün) *A. myosuroides*-Samen zum frühen (ca. zwei Wochen früher) und regulären Erntezeitpunkt von Winterweizen in 0,25 m²-Partzellen an drei Versuchsstandorten in 2020.

Figure 3 Percentage of *A. myosuroides* seeds that were shed (gray) or retained on the plant (green) at the early (approx. two weeks earlier) and regular harvest date in 0.25 m² plots at three field locations in 2020.

30. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung, 22. – 24. Februar 2022 online

Diese Ergebnisse sind vergleichbar mit Studien aus Dänemark, die den Samenverbleib bei *A. myosuroides* zum Erntezeitpunkt von Wintergetreide mit 29-37 % quantifizierten (BITARAFAN und ANDREASEN, 2020). In UK wurde dagegen ein deutlich geringerer Samenverbleib von 10-20 % zum Zeitpunkt der Winterweizen-Ernte festgestellt (WALSH et al., 2018). Für andere Ungrasarten wie *Lolium*-Arten wird aus Australien und Spanien ein deutlich höherer Samenverbleib von 85 % angegeben (BLANCO-MORENO et al., 2004; WALSH UND POWLES, 2014). Neben den klimatischen Bedingungen wie Lufttemperatur und Bodenfeuchte (MAITY et al., 2021) kann sich auch die Konkurrenzkraft der Kulturpflanzen auf die Samenbildung und den Samenausfall von *A. myosuroides* auswirken (YASIN et al., 2017).

Die Wirksamkeit von HWSC-Maßnahmen ist vor allem von dem Samenverbleib an der Unkrautpflanze und der Höhe der verbleibenden Samen an der Pflanze zum Erntezeitpunkt abhängig. In unseren Versuchen befanden sich alle *A. myosuroides*-Samenstände über der praxisüblichen Druschhöhe von 15 cm, so dass sie durch den Mähdrescher vollständig erfasst werden konnten. Der im Jahr 2020 bei *A. myosuroides* festgestellte Samenverbleib von 31-51 % zum regulären Erntezeitpunkt deutet auf ein mittleres Potential für die Anwendung von HWSC zur Reduzierung des *A. myosuroides*-Befalls hin (BECKIE et al., 2018). Auf Standorten mit hohen *A. myosuroides*-Dichten kann die wiederholte Anwendung von HWSC aber dennoch dazu beitragen, den Sameneintrag in den Bodensamenvorrat nachhaltig zu reduzieren. Ein frühzeitiger Erntetermin kann mit Hinblick auf unsere Ergebnisse den Anteil der an der *A. myosuroides*-Pflanze verbleibenden Samen deutlich erhöhen. So könnten z.B. Standorten mit hoher *A. myosuroides*-Dichte bei gleichzeitig ausreichendem Trockengehalt des Weizens prioritär geerntet werden.

Literatur

- BEAM, S.C., S. MIRSKY, C. CAHOON, D. HAAK, M. FLESSNER, 2019: Harvest weed seed control of Italian ryegrass (*Lolium perenne* L. ssp. *multiflorum* (Lam.) Husnot) , common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.), and Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri* S. Watson). *Weed Technology* **33** (4), 627-632, DOI: 10.1017/wet.2019.46.
- BECKIE, H.J., R.E. BLACKSHAW, K.N. HARKER, B.D. TIDEMANN, C.J. WILLENBORG, 2018: Weed seed shatter in spring wheat in Alberta. *Canadian Journal of Plant Science* **98** (1), 107-114, DOI: 10.1139/cjps-2017-0103.
- BITARAFAN, Z., C. ANDREASEN, 2020: Seed Production and Retention at Maturity of Blackgrass (*Alopecurus myosuroides*) and Windgrass (*Apera spica-venti*) at Wheat Harvest. *Weed Science* 10.1017/wsc.2020.7, 1-25, DOI: 10.1017/wsc.2020.7.
- BLANCO-MORENO, J.M., L. CHAMORRO, R.M. MASALLES, J. RECASENS, F.X. SANS, 2004: Spatial distribution of *Lolium rigidum* seedlings following seed dispersal by combine harvesters. *Weed Research* **44** (5), 375-387, DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2004.00412.x>.
- DAOUTI, E., M. JONSSON, G. VICO, A. MENEGAT, 2021: Seed predation is key to preventing population growth of the weed *Alopecurus myosuroides*. *Journal of Applied Ecology* **n/a** (n/a), DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14064>.
- GALLANDT, E.R., 2006: How can we target the weed seedbank? *Weed Science* **54** (3), 588-596, DOI: 10.1614/WS-05-063R.1.
- KAMPE, W., 1975: The emergence dynamics of black grass (*Alopecurus myosuroides*) and silky apera (*Apera spica-venti*) in the Palatinate in 1970 to 1974. *Gesunde Pflanze* **27**, 133-138.
- KOCH, W., 1968: Environmental factors effecting the germination of some annual grasses. *Proceedings of the 9th British Weed Control Conference*, Brighton, UK, British Crop Protection Council.
- MAITY, A., A. LAMICHANEY, D.C. JOSHI, A. BAJWA, N. SUBRAMANIAN, M. WALSH, M. BAGAVATHIANNAN, 2021: Seed Shattering: A Trait of Evolutionary Importance in Plants. *Frontiers in Plant Science* **12** (1180), DOI: 10.3389/fpls.2021.657773.

30. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung, 22. – 24. Februar 2022 online

MOSS, S., 2013: Black-grass (*Alopecurus myosuroides*): everything you really wanted to know about black-grass but didn't know who to ask. Rothamsted Technical Publication Harpenden, Hertfordshire, UK: Rothamsted Research. 4 p.

SCHWARTZ-LAZARO, L.M., J.K. NORSWORTHY, M.J. WALSH, M.V. BAGAVATHIANNAN, 2017: Efficacy of the Integrated Harrington Seed Destructor on Weeds of Soybean and Rice Production Systems in the Southern United States. *Crop Science* **57** (5), 2812-2818, DOI: 10.2135/cropsci2017.03.0210.

SHERGILL, L.S., K. BEJLERI, A. DAVIS, S.B. MIRSKY, 2020: Fate of weed seeds after impact mill processing in midwestern and mid-Atlantic United States. *Weed Science* **68** (1), 92-97, DOI: 10.1017/wsc.2019.66.

TIDEMANN, B.D., L.M. HALL, K.N. HARKER, H.J. BECKIE, E.N. JOHNSON, F.C. STEVENSON, 2017: Suitability of Wild Oat (*Avena fatua*), False Cleavers (*Galium spurium*), and Volunteer Canola (*Brassica napus*) for Harvest Weed Seed Control in Western Canada. *Weed Science* **65** (6), 769-777, DOI: 10.1017/wsc.2017.58.

WALSH, M., J. OUZMAN, P. NEWMAN, S. POWLES, R. LLEWELLYN, 2017: High Levels of Adoption Indicate That Harvest Weed Seed Control Is Now an Established Weed Control Practice in Australian Cropping. *Weed Technology* **31** (3), 341-347, DOI: 10.1017/wet.2017.9.

WALSH, M.J., J.C. BROSTER, L.M. SCHWARTZ-LAZARO, J.K. NORSWORTHY, A.S. DAVIS, B.D. TIDEMANN, H.J. BECKIE, D.J. LYON, N. SONI, P. NEVE, M.V. BAGAVATHIANNAN, 2018: Opportunities and challenges for harvest weed seed control in global cropping systems. *Pest Management Science* **74** (10), 2235-2245, DOI: 10.1002/ps.4802.

WALSH, M.J., R.B. HARRINGTON, S.B. POWLES, 2012: Harrington Seed Destructor: A New Nonchemical Weed Control Tool for Global Grain Crops. *Crop Science* **52** (3), 1343-1347, DOI: 10.2135/cropsci2011.11.0608.

WALSH, M.J., S.B. POWLES, 2014: High Seed Retention at Maturity of Annual Weeds Infesting Crop Fields Highlights the Potential for Harvest Weed Seed Control. *Weed Technology* **28** (3), 486-493, DOI: 10.1614/wt-d-13-00183.1.

YASIN, M., E. ROSENQVIST, C. ANDREASEN, 2017: The Effect of Reduced Light Intensity on Grass Weeds. *Weed Science* **65** (5), 603-613, DOI: 10.1017/wsc.2017.17.