

Hält der späte Saattermin, was er verspricht? Auswertungen zur Herbizid-Intensität in Winterweizen und Wintergerste

On-farm herbicide use in winter wheat and barley in response to the seeding date

Sabine Andert^{1*}, Andrea Ziese²

¹Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Professur für Phytomedizin, Satower Straße 48, 18051 Rostock

²Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Institut für Betriebswirtschaft, Dorfplatz 1, 18276 Gülzow-Prüzen

*sabine.andert@uni-rostock.de

DOI: 10.5073/20220124-065850

Zusammenfassung

Der Zeitpunkt der Aussaat kann die Entwicklung von Unkräutern und Ungräsern beeinflussen. Der vorliegende Beitrag prüft den Effekt des Saattermins auf die Intensität des Einsatzes herbizider Wirkstoffgruppen in Winterweizen und Wintergerste. Zu diesem Zweck werden Anbaudaten landwirtschaftlicher Praxisdaten in Norddeutschland über den Zeitraum 2012-2020 analysiert. Als Maßzahlen für die Pflanzenschutz-Intensität wird der Behandlungsindex verwendet. Herbizide Wirkstoffe werden mittels globaler HRAC-Klassifizierung gruppiert.

Die Ergebnisse der Auswertungen belegen den Einfluss des Aussaattermins auf die Intensität des Herbizid-Einsatzes der Praxisbetriebe. Je später die Aussaat, desto geringer die Intensität der eingesetzten Herbizide. Der Aussaattermin reduziert signifikant die Intensität der HRAC-Gruppen 2 (ALS-Inhibitoren) und 15 (Zellteilungs- und Lipid-Synthese-Inhibitoren) in Wintergerste und Winterweizen. Die Einsatzintensität von ACCase-Inhibitoren (HRAC 1), EPSP-Inhibitoren (HRAC 9) und PDS-Inhibitoren (HRAC 12) wird darüber hinaus signifikant durch Spätsaaten in Winterweizen reduziert.

Die Auswertungen der Anbaudaten deuten jedoch darauf hin, dass der Saattermin als Mittel des Integrierten Pflanzenschutzes in der Praxis nur gering genutzt wird. Wintergerste und Winterweizen werden in den Praxisbetrieben Mecklenburg-Vorpommerns überwiegend zu frühen bis mittleren Saatterminen gesät.

Zunehmende Resistenzentwicklungen bedeutender Ungräser und Unkräuter sowie die politischen Forderungen, den Pflanzenschutzmittel-Einsatz zukünftig stärker in das Gesamtsystem Ackerbau zu stellen, mahnen zu Veränderungen der Saatzeit in der Praxis.

Stichwörter: Betriebsdaten, Pflanzenschutzmittel-Intensität, Unkrautmanagement

Abstract

The seeding date is often presented as an efficient management tool for controlling weeds. We investigated the contribution of the seeding date to the variability of herbicide active ingredient use. Data on crop management and herbicide applications from farms in Northern Germany were examined for winter wheat and winter barley between 2012 and 2020. We analysed herbicide use intensity described as Treatment Frequency Index. Herbicide active ingredient are classified using the global HRAC classification. Our results revealed that the seeding date had a strong impact on-farm herbicide use intensity. Late seeding dates resulted in a lower intensity of herbicide use. The seeding date significantly reduced influence the use intensity of HRAC groups 2 (ALS inhibitors) and 15 (cell division and lipid synthesis inhibitors) in winter barley and winter wheat. ACCase inhibitors (HRAC 1), EPSP inhibitors (HRAC 9) and PDS inhibitors (12) were also significantly reduced by late seeding dates in winter wheat.

Nevertheless, the on-farm data indicate that the adoption of seeding dates as an Integrated Pest Management tool by farmers has been limited. The seeding dates in our analysis were most commonly classified as early to medium.

Farmers are strongly encouraged to revise their seeding dates due to an increasing development of herbicide resistance in weeds and the political demands to reduce the input of chemical plant protection products in the overall cropping system.

Keywords: On-farm data, pesticide use intensity, weed management

Einleitung

Die nationale ‚Ackerbaustrategie 2035‘ (BMEL, 2021) und die europäische ‚Farm to Fork Strategy‘ (EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2020) fordern die nachhaltige Reduktion chemisch-synthetischer Pflanzenschutzmittel. Nach den Grundsätzen des Integrierten Pflanzenschutzes (Richtlinie 2009/128/EG des Europäischen Parlaments und des Rates) gilt, dass neben weiteren vorbeugenden Maßnahmen wie beispielsweise Fruchtfolge, Bodenbearbeitung, Sortenwahl, auch der Saattermin als bedeutendes Tool im Ackerbau eingesetzt werden soll um das Auftreten von Schadorganismen vorbeugend zu reduzieren. Der Zeitpunkt der Aussaat kann insbesondere die Entwicklung von Unkräutern und Ungräsern beeinflussen (HAKANSSON, 2003; RASMUSSEN, 2004). Ein früher Saattermin von Wintergetreide führt insbesondere zu einem verstärkten Auftreten von Ungräsern (MELANDER, 1995; RASMUSSEN, 2004; LUTMAN et al., 2013).

BÜRGER et al. (2012) untersuchten Anwendungsdaten landwirtschaftlicher Praxisbetriebe und ermittelten signifikante Herbizid-Einsparungen durch späte Saattermine des Winterweizens. Auswertungen des Pflanzenschutzmittel-Einsatzes der ‚Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz‘ bestätigen eine negative, signifikante Korrelation zwischen Aussaattermin und Herbizid-Intensität (FREIER et al., 2015).

Der vorliegende Beitrag prüft weiterführend den Effekt des Saattermins auf die Intensität einzelner herbizider Wirkstoffgruppen in Winterweizen und Wintergerste. Zu diesem Zweck werden Anbaudaten der Referenzbetriebe der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern (LFA MV) genutzt. Als Maßzahlen für die Pflanzenschutz-Intensität wird der Behandlungsindex verwendet. Herbizide Wirkstoffgruppen werden mittels HRAC-Klassifizierung gruppiert.

Material und Methoden

Datengrundlage

Im Rahmen der Auswertungen der Referenzbetriebe der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern wird ein umfangreicher Datensatz landwirtschaftlicher Praxis-Daten ausgewertet. Für den vorliegenden Beitrag wurden Anbaudaten von Winterweizen (1875 Felder) und Wintergerste (960 Felder) von 17 Referenzbetrieben aus neun Jahren (2012-2020) analysiert.

Datenanalyse

Aus den Schlagaufzeichnungen wurden schlagspezifische Anbaudaten, Ackerzahlen und jährliche Erträge entnommen. Zum Anbau wurden die Art der Bodenbearbeitung (nicht wendend/wendend), Saattermin, Sorte, Saatstärke (Körner/m²) und die Vorfrucht dokumentiert. Die Gruppierung des Saattermins erfolgte in fünf Klassen: "bis 15.9.", "16.-30.9.", "01.-15.10.", "16.-31.10.", "ab 01.11."

Zur Darstellung und zum Vergleich der Herbizid-Intensitäten wird der Indikator Behandlungsindex (BI) verwendet (ROßBERG et al., 2002). Die Wirkstoffgruppen wurden entsprechend der Klassifizierung der Wirkungsmechanismen für Herbizide (Herbicide Resistance Action Committee, HRAC) gruppiert und der BI für jede HRAC-Gruppe berechnet. Applikationen mit nicht-selektiven Herbiziden vor der Aussaat wurden der HRAC-Gruppe 9 zugeordnet.

Statistische Auswertungen

Die Auswertungen zum Zusammenhang zwischen der Aussaat und dem Einsatz von Herbiziden wurden mittels multipler Regressionen durchgeführt. Das Model lautet:

$$BI_{fj} = \mu + A_{fj} + bb_{fj} + vf_{fj} + a_f + k_j + l_r + \varepsilon_{ajkl}$$

Das Symbol μ kennzeichnet die mittleren Herbizid-Intensität (Referenzwert). BI_{fj} ist die Herbizid-Intensität eines Feldes (f) im Jahr k_j . A_{fj} beschreibt den fixen Effekt der Aussaat eines Feldes (f) im Jahr (j). a_f ist der zufällige Effekt der Bodengüte (Ackerzahl) des Feldes f. k_j ist der zufällige Effekt von jährlichen Bedingungen im Jahr j. l_r ist der zufällige Effekt von regionalen Bedingungen in der Region r. ε_{ajkl} ist der Fehlerterm. Es wurden separate Modelle für die Gesamtherbizid-Intensität und die HRAC-Gruppen jeweils in Winterweizen und Wintergerste erstellt.

Die statistischen Auswertungen erfolgten mit der Softwareumgebung R (R CORE TEAM, 2020) und den Paketen und 'lme4' (BATES et al., 2015), 'lmerTest' (KUZNETSOVA et al., 2017). Für die grafische Darstellung der Ergebnisse wurde das Paket 'ggplot2' (WICKHAM, 2016) verwendet.

Ergebnisse

Betriebliche Aussaatzeitpunkte in Wintergerste und Winterweizen

Wintergerste und Winterweizen werden in den Referenzbetrieben Mecklenburg-Vorpommerns überwiegend früh und als Liniensorten gedreht (Abb. 1). Der Anteil von Hybridsorten ist in Wintergerste und Winterweizen gering. Hybridgerste ist in allen Saatzeitgruppen vertreten, ihr relativer Anteil ist bei Saatterminen ab jedoch Oktober höher. Hybridweizen wird vor allem bei früherem Saattermin eingesetzt.

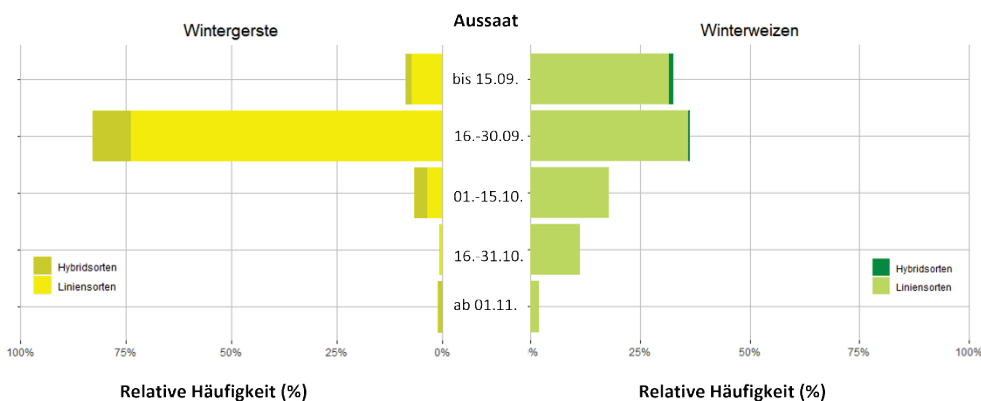


Abbildung 1 Häufigkeit (%) der Felder je Aussaatklasse in Wintergerste und Winterweizen.

Figure 1 Frequency (%) of fields per sowing date in winter barley and winter wheat.

Herbizid-Intensitäten in den Aussaatklassen

Fruchtsequenzen

Tabelle 1 stellt den Effekt des Aussaattermins auf die Herbizid-Intensität in Wintergerste und Winterweizen dar. Die Ergebnisse belegen den Einfluss des Aussaattermins auf den Herbizid-Einsatz der Referenzbetriebe in Mecklenburg-Vorpommern. Je später die Aussaat erfolgte, desto geringer war die Intensität der eingesetzten Herbizide in beiden Kulturen. Die Unterschiede in der Herbizid-Intensität zwischen den Aussaatklassen sind signifikant. Die mittlere BI-Differenz zwischen den Aussaatklassen ‚bis 15.09.‘ und ‚ab 01.11.‘ beträgt $BI=0.79$, dies entspricht einer zusätzlichen Überfahrt mit Herbiziden in Winterweizen mit 79 % der zugelassenen Aufwandmenge.

Tabelle 1 Regression: Effekt des Saattermins auf die Herbizid-Intensität. Signifikanzlevel: $P < 0,1$, $*P < 0,05$, $**P < 0,01$ and $***P < 0,001$

Table 1 Regression: Effect of sowing date on herbicide use intensity. Significance codes: $P < 0.1$, $*P < 0.05$, $**P < 0.01$ and $***P < 0.001$

	Winterweizen		Wintergerste	
	Mittlere Herbizid-Intensität	P (t)	Mittlere Herbizid-Intensität	P (t)
bis 15.9.	2.05	1.62e-9 ***	1.55	3.7e-12 ***
16.-30.9.	1.96	2.52e-2 *	1.41	8.8e-2 .
01.-15.10.	1.70	2.79e-11 ***	1.41	2.6e-1
16.-31.10.	1.66	3.32e-09 ***	1.28	5.6e-1
ab 01.11.	1.26	1.15e-09 ***	1.29	7.6e-2 .

Effekt des Saattermins auf die Intensität herbizider Wirkstoffgruppen

Zusätzlich zur Gesamt-Herbizidintensität wurden die einzelnen Wirkstoffgruppen analysiert. Unterschiede zwischen den Aussaatklassen innerhalb der einzelnen HRAC-Gruppen sind in Tabelle 2 für Winterweizen und Tabelle 3 für Wintergerste dargestellt. Je Kultur sind die HRAC-Gruppen aufgeführt, für die signifikante Effekte des Aussaattermins ermittelt wurden. Für Winterweizen zeigte sich, dass ein späterer Aussaattermin die Herbizid-Intensität der HRAC 1 (ACCCase-Inhibitoren), 2 (ALS-Inhibitoren), 9 (EPSP-Inhibitoren), 12 (PDS-Inhibitoren) und 15 (Zellteilungs- und Lipid-Synthese-Inhibitoren) signifikant reduzierte. Ein späterer Aussaattermin erhöhte hingegen die Herbizid-Intensität der HRAC-Gruppe 14 (PPO-Inhibitoren) in Winterweizen signifikant.

Die ACCCase-Inhibitoren (HRAC 1) wurden in Wintergerste ebenfalls durch einen späteren Saattermin signifikant reduziert. Weiterhin verringerte ein späterer Saattermin in Wintergerste die Intensität der HRAC-Gruppen 3 und 15 (Hemmung des Microtubuli-Aufbaus und Zellteilungsinhibitoren). In Wintergerste wurde jedoch in den späteren Aussaatklassen eine signifikant höhere Intensität der Auxine (HRAC 4) und EPSP-Inhibitoren (HRAC 9) ermittelt.

Tabelle 2 Regression: Einfluss des Saattermins auf die Herbizid-Intensität in Winterweizen. Signifikanzlevel: $P < 0.1$, $*P < 0.05$, $**P < 0.01$ and $***P < 0.001$. Der Einfluss des Saattermins auf die HRAC-Gruppen 3, 4, 5 wurde geprüft und war nicht signifikant. Fettgedruckte Werte unterscheiden sich signifikant zum Referenzwert Aussaatklasse ‚15.9.‘

Table 2 Regression: Effect of seeding date on herbicide use intensity in winter wheat. Significance codes: $P < 0.1$, $*P < 0.05$, $**P < 0.01$ and $***P < 0.001$. Bold figures: factor levels with a significant effect ($P < 0.05$) compared to the reference level ‚15.09‘

Aussaat/HRAC	Winterweizen: Mittlere Herbizid-Intensität (BI) je HRAC-Gruppe					
	1	2	9	12	14	15
bis 15.9.	0.08	1.0	0.19	0.09	0.007	0.40
16.-30.9.	0.06	0.9	0.21	0.07	0.007	0.43
01.-15.10.	0.05	0.8	0.14	0.06	0.127	0.37
16.-31.10.	0.04	0.8	0.19	0.05	0.177	0.2
ab 01.11.	0.06	0.7	0.12	0.04	0.016	0.1

Tabelle 3 Regression: Einfluss des Saattermins auf die Herbizid-Intensität in Wintergerste. Signifikanzlevel: . $P < 0.1$, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$ and *** $P < 0.001$. Der Einfluss des Saattermins auf die HRAC-Gruppen 1,5, wurde geprüft und war nicht signifikant. Fettgedruckte Werte unterscheiden sich signifikant zum Referenzwert Aussaatklasse ,15.9.'

Table 3 Regression: Effect of seeding date on herbicide use intensity in winter barley. Significance codes: . $P < 0.1$, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$ and *** $P < 0.001$. Bold figures: factor levels with a significant effect ($p < 0.05$) compared to the reference level '15.09'

Aussaat/HRAC	Wintergerste: Mittlere Herbizid-Intensität (BI) je HRAC-Gruppe				
	2	3	4	9	15
bis 15.9.	0.46	0.56	0.12	0.12	0.3
16.-30.9.	0.40	0.41	0.11	0.14	0.29
01.-15.10.	0.21	0.42	0.28	0.27	0.11
16.-31.10.	0.41	0.21	0.11	0.23	0.27
ab 01.11.	0.00	0.10	0.13	0.47	0.10

Diskussion

Die vorliegenden Ergebnisse bestätigen den Einfluss des Saattermins auf die Herbizid-Intensität in Winterweizen und Wintergerste und begründen die Bedeutung vorbeugender Maßnahmen im Sinne des Integrierten Pflanzenschutzes. Der bereits nachgewiesene Einfluss des Saattermins auf die Gesamtherbizid-Intensität (BÜRGER et al., 2012; FREIER et al., 2015), konnte in unserer Auswertung erstmals auch für die einzelnen Wirkstoffgruppen der Herbizide ermittelt werden. Für Wintergerste und Winterweizen belegen die Ergebnisse, dass ein früherer Aussaattermin die Intensität der HRAC-Gruppen 1, 2, 3 und 15 zur Applikation nach der Aussaat bis zum Vegetationsende vor Winter signifikant erhöht. Kenntnisse zu den Wirkungen des Saattermins auf die Intensität resistenzgefährdeter Wirkstoffe (HEAP, 2021) sind für ein nachhaltiges Resistenzmanagement zwingend erforderlich. Herbizide der HRAC-Gruppen 1 und 2 werden primär im Nachauflauf zur Kontrolle von Ungräsern eingesetzt, die Wirkstoffe der beiden HRAC-Gruppen unterliegen jedoch hohem Resistenzrisiko (Moss et al., 2019). Vorauflaufbehandlungen oder frühe Nachauflaufbehandlungen werden mit Herbiziden der HRAC-Gruppen 3 und 15 in Winterweizen und Wintergerste durchgeführt, diese HRAC-Gruppen sind durch ein geringeres Resistenzrisiko charakterisiert (Moss et al., 2019). können zur wesentlichen Reduktion bzw. zum Nicht-Einsatz der HRAC-Gruppen 1,2,3 und 15 beitragen. Hinsichtlich nachhaltigem Resistenzmanagement lässt sich schlussfolgern, dass spätere Saattermine den Einsatz von Wirkstoffen mit hohem Resistenzrisiko reduzieren und gleichzeitig die Selektion von Resistenzen gegen Wirkstoffe mit (noch) geringem Resistenzrisiko verringern.

Spätere Saattermine reduzieren ebenfalls signifikant die Intensität nicht-selektiver Anwendungen mit Herbiziden der HRAC-Gruppe 9 (Wirkstoff Glyphosat) in Winterweizen. Spät ausgesäeter Winterweizen folgte überwiegend der Vorfrucht Zuckerrüben. In Wintergerste ist der Effekt gegenteilig. Dies ist insbesondere durch Applikationen von Glyphosat zur Sikkation der Wintergerste in den Jahren 2012-14 zu begründen. Aus den Ergebnissen zum Einfluss des Saattermins auf die Glyphosat-Intensität (HRAC 9) lässt sich insgesamt ableiten, dass eine Verschiebung des Saattermins geeignet ist, um Glyphosat im Wintergetreide-Anbau zukünftig zu substituieren.

Der späte Saattermin hält, was er verspricht! Die Ergebnisse der Referenzbetriebe (Abb. 1) deuten jedoch darauf hin, dass der Saattermin als Mittel des Integrierten Pflanzenschutzes in der Praxis gering wahrgenommen und genutzt wird. THIEL et al. (2021) schlussfolgern in ihrer Analyse der Wahrnehmung und Umsetzung des Integrierten Pflanzenschutzes in der Praxis, dass standortspezifische, praxistaugliche Handreichungen zu vorbeugenden Methoden und Schadschwelle fehlen. Darüber hinaus beeinflussen offensichtlich überwiegend pflanzenbauliche Aspekte, wie höhere Keimraten und positive Bestandesentwicklung bei früheren Aussaaten sowie auch das Arbeitsaufkommen und Witterungseinflüsse

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

die Terminierung der Wintergetreideaussaat in der Praxis. Insbesondere die Verwendung von Hybridweizensaatgut ist für Praxisbetriebe aufgrund höherer Saatgutkosten lediglich zu frühen Saatterminen ökonomisch sinnvoll. In den Referenzbetrieben der LFA MV wurde Hybridweizen nahezu ausschließlich zu frühen Saatterminen gedrillt, um die Saatstärke reduzieren zu können, die im Mittel der Jahre für Hybridweizen 140 Körnern/m² betrug. Trotz der Reduzierung der Saatstärke waren die Saatgutkosten im Mittel der Jahre doppelt so hoch im Vergleich zu Liniensorten. Der Anteil des Hybridweizens der Referenzbetriebe der LFA MV beträgt langjährig 1 % und ist damit von untergeordneter Bedeutung.

Zunehmende Resistenzentwicklungen bedeutender Ungräser sowie die politischen Forderungen den Pflanzenschutzmittel-Einsatz zukünftig stärker in das Gesamtsystem des Ackerbaus zu stellen, mahnen jedoch zu Anpassungen der Saatzeit des Wintergetreides. Zukünftig gilt es, Strategien zu entwickeln (Forschung), zu prüfen (Beratung) und anzuwenden (Praxis), die die vorbeugenden Maßnahmen im Sinne des Integrierten Pflanzenschutzes in den Mittelpunkt der Kontrollstrategien stellen.

Literatur

- BATES, D., M. MÄCHLER, B. BOLKER, S. WALKER, 2015: Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software* **67**, 1–48, DOI:10.18637/jss.v067.i01.
- BMEL, 2021: Ackerbaustrategie 2035. Zugriff: 20. Oktober 2021, URL: <https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/ackerbaustrategie2035.html;jsessionid=B71B203DC62DAFC38875C88804135FE3.live921>.
- BÜRGER, J., A. GÜNTHER, F. de MOL, B. GEROWITT, 2012: Analysing the influence of crop management on pesticide use intensity while controlling for external sources of variability with Linear Mixed Effects Models. *Agricultural Systems* **111**, 13–22, DOI:10.1016/j.agsy.2012.05.002.
- EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2020: Farm to Fork Strategy: For a fair, healthy and environmentally-friendly food system.
- FREIER, B., J. SELLMANN, J. STRASSEMAYER, J. SCHWARZ, B. KLOCKE, S. DACHBRODT-SAAAYDEH, H. KEHLENBECK, W. ZORNACH, A. HERZER, U. MÜLLER, A. SCHOBER, C. WAGNER, PFLANZENSCHUTZDIENSTE DER LÄNDER, 2015: Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz - Jahresbericht 2014 - Analyse der Ergebnisse der Jahre 2007 bis 2014, 110, DOI:10.5073/BERJKI.2015.182.000.
- HAKANSSON, S., 2003: Weeds and weed management on arable land: An ecological approach. Wallingford, Oxon, UK, Cambridge, MA, CABI Pub, DOI:10.1079/9780851996516.0000.
- KUZNETSOVA, A., P.B. BROCKHOFF, R.H.B. CHRISTENSEN, 2017: lmerTest Package: Tests in Linear Mixed Effects Models. *Journal of Statistical Software* **82**, 1–26, DOI:10.18637/JSS.V082.I13.
- LUTMAN, P.J.W., S.R. MOSS, S. COOK, S.J. WELHAM, 2013: A review of the effects of crop agronomy on the management of *Alopecurus myosuroides*. *Weed Research* **53** (5), 299–313, DOI:10.1111/wre.12024.
- MELANDER, B., 1995: Impact of drilling date on *Apera spica-venti* L. and *Alopecurus myosuroides* Huds, in winter cereals. *Weed Research* **35** (3), 157–166, DOI:10.1111/j.1365-3180.1995.tb02029.x.
- MOSS, S., L. ULBER, I.D. HOED, 2019: A herbicide resistance risk matrix. *Crop Protection* **115**, 13–19, DOI:10.1016/j.cropro.2018.09.005.
- R CORE TEAM, 2020: R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>, R Foundation for Statistical Computing.
- RASMUSSEN, I.A., 2004: The effect of sowing date, stale seedbed, row width and mechanical weed control on weeds and yields of organic winter wheat. *Weed Research* **44** (1), 12–20, DOI:10.1046/j.1365-3180.2003.00367.x.

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

ROßBERG, D., V. GUTSCHE, S. ENZIAN, M. WICK, 2002: Neptun 2000- Survey into application of chemical pesticides in agricultural practice in Germany. Report from BBA **98**.

THIEL, L., M. MERGENTHALER, V. HABERLAH-KORR, 2021: Wahrgenommene Umsetzung des integrierten Pflanzenschutzes bei landwirtschaftlichen Betrieben in Nordwestdeutschland. *Gesunde Pflanzen* **73** (2), 119–134, DOI:10.1007/s10343-021-00548-4.

WICKHAM, H., 2016: *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York.