

Glyphosatanwendung bei Direktsaat von Winterweizen unter Berücksichtigung der Bodenbearbeitungshistorie

Glyphosate application and direct sowing of winter wheat considering soil cultivation history

Henning Nordmeyer

Julius Kühn-Institut, Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland,
Messeweg 11-12, 38104 Braunschweig
henning.nordmeyer@jki.bund.de



DOI 10.5073/jka.2016.452.039

Zusammenfassung

In einem zweijährigen Feldversuch (2013/2014 und 2014/2015) wurde ein möglicher Einfluß von Glyphosat auf Winterweizen bei Direktsaat untersucht. Glyphosat wurde in einfacher und doppelter zugelassener Aufwandmenge sieben Tage vor der Saat und bis fünf Tage nach der Saat angewendet. Als Vergleich wurde eine mechanische Variante mit Flachgrubber und Kreiselegge angelegt. Die Versuche wurden auf einer Fläche durchgeführt, auf der auf drei Teilflächen zuvor langjährig unterschiedliche Bodenbearbeitungsvarianten durchgeführt wurden (konventionell = Pflug, reduziert = Mulchsaat, Direktsaat = Direktsaat mit Glyphosatanwendung). Untersucht wurden das Auflaufverhalten und der Ertrag des Winterweizens. Die Bodenbearbeitungshistorie konventionell zeigte tendenziell in beiden Versuchsjahren die höchsten Auflaufraten und die höchsten Winterweizenerträge. Die niedrigsten Erträge zeigten die Flachgrubbersvariante auf Flächen mit der Historie reduziert und Direktsaat. Die Varianten mit Glyphosatanwendung vor oder nach der Saat zeigten keine signifikanten Ertragsunterschiede.

Bei doppelter Glyphosataufwandmenge zeigten sich 2013/2014 in den meisten Fällen etwas geringere Auflaufraten, die jedoch häufig nicht signifikant waren. Dies wurde auch 2014/2015 bei der Applikation nach der Saat festgestellt. Auf die Erträge wirkte sich das nicht signifikant aus.

Stichwörter: Boden, Herbizid, Kulturverträglichkeit, Pflanzenaufbau, Unkrautbekämpfung

Abstract

In a two year field trial (2013/2014 and 2014/2015) the possible impact of glyphosate application on winter wheat after direct sowing was investigated. Glyphosate was applied with single and double application rates seven days before sowing and until five days after sowing. For comparison a mechanical treatment with flat cultivator and rotary harrow was created. The trials were carried out on an agricultural field with plots of three different soil cultivation history (conventional = plough, reduced = mulch sowing, direct sowing = direct sowing with glyphosate application). Plant emergence and yield of winter wheat was investigated. Conventional soil cultivation history showed highest plant emergence and highest yields in both years. Lowest plant emergence was estimated in trials with flat cultivator and reduced or direct sowing soil history. Treatments with glyphosate application before and after sowing showed no significant yield differences. At a double glyphosate application rate, plant emergence was lower in comparison to the single application rate in most cases in 2013/2014. This was also estimated for glyphosate application after sowing in 2014/2015.

Keywords: Herbicide, phytotoxicity, plant emergence, soil, weed control

Einleitung

Der herbizide Wirkstoff Glyphosat hat ein breites Anwendungsspektrum und ist weltweit der am häufigsten angewendete Wirkstoff zur nicht-selektiven Unkrautbekämpfung. Die Anwendungsschwerpunkte in Deutschland liegen derzeit im Bereich der Vor- und Nachernte sowie in der Vorsaar (STEINMANN et al., 2012). Bedingt durch sich verändernde Bodennutzungs- und Bewirtschaftungssysteme, hat sich Glyphosat in den letzten Jahrzehnten zu einem wichtigen Bestandteil im Ackerbau entwickelt. So hat insbesondere die pfluglose, konservierende Bodenbearbeitung zugenommen. Diese Entwicklung wurde durch Anforderungen an den Boden- und Gewässerschutz gefördert.

Für Deutschland ist festzustellen, dass mit zunehmender Größe der landwirtschaftlichen Betriebsfläche auch der Anteil konservierender Bodenbearbeitungsmaßnahmen ansteigt. Dabei

hat sich Glyphosat auf Standorten mit konservierender Bodenbearbeitung zu einem wesentlichen Element der Unkrautbekämpfung entwickelt.

Das Bundes-Bodenschutzgesetz (BUNDESGESETZBLATT, 2012) und das landwirtschaftliche Förderrecht (Cross Compliance) enthalten Anforderungen und Maßnahmen zum Schutz des Bodens vor den negativen Auswirkungen, die mit landwirtschaftlichen Bodenbearbeitungsverfahren verbunden sein können. Bodenschonende Bearbeitungsverfahren werden darüber hinaus als sogenannte Agrarumweltmaßnahmen gezielt gefördert. In Deutschland wird inzwischen auf ca. 40 Prozent der Ackerfläche eine reduzierte Form der Bodenbearbeitung durchgeführt (DBV, 2014). Als Vorteile der konservierenden Bodenbearbeitung sind der Erosionsschutz, die Verbesserung der Bodenstruktur und die zunehmende biologische Bodenaktivität zu nennen. Dabei sind die Verfahren bis hin zur Direktsaat im Vergleich zur krumentiefen Bearbeitung mit dem Pflug durch eine geringere Eingriffsintensität in das Bodengefüge gekennzeichnet. Es ist davon auszugehen, dass bei längeren Trockenperioden bei Mulch- und Direktsaat den Kulturpflanzen mehr Wasser zur Verfügung steht als nach Pflugeinsatz (DAMM et al., 2009). Untersuchungen von SCHMITZ et al. (2014) zeigen Vorteile einer konservierenden Bodenbearbeitung durch den gezielten Einsatz von Pflanzenschutzmitteln, insbesondere Glyphosat, für eine nachhaltige Landwirtschaft.

Bei der konservierenden Bodenbearbeitung/Direktsaat ergeben sich systembedingte Probleme in der Unkrautbekämpfung. Es treten häufiger monokotyle Unkrautarten auf und die Verbreitung perennierender Arten nimmt zu. Diese mit der konservierenden Bodenbearbeitung auftretenden spezifischen Unkrautprobleme konnten mit glyphosathaltigen Herbiziden gelöst werden, die nach der Ernte oder als Vorsaat Anwendung angewendet werden. Bei der Direktsaat ohne Bodenbearbeitung (bisher nur auf 1,3 % der gesamten Ackerfläche) ist die Anwendung von Glyphosat ein Standardverfahren.

Bei der Anwendung von Glyphosat im Vorsaatverfahren gibt es allerdings Hinweise in der Literatur über Schäden an der Kulturpflanze bzw. Bestandesausdünnungen (NEUMANN et al., 2012). RÖMHELD et al. (2008) zeigten einen eingeschränkten Auflauf von Winterweizen bei Direktsaat und Glyphosatanwendung. Dagegen konnten GEHRING et al. (2012) in mehrjährigen Feldversuchen zeigen, dass eine praxisübliche Anwendung von Glyphosat im Voraufbau kein Risiko für Mais und Winterweizen darstellte. NORDMEYER (2012) stellte fest, dass bei sachgemäßer Herbizidanwendung mit geeigneter Aussaattechnik bis zu fünf Tage nach der Saat das Risiko für Schäden an den Kulturpflanzen als gering einzuschätzen ist. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen sollte der Frage nachgegangen werden, ob die Glyphosatanwendung bei Direktsaat und unterschiedlicher Bodenbearbeitungshistorie zu Schäden an der Kulturpflanze führt.

Material und Methoden

Versuchsanlage und -durchführung

Es wurden zweijährige Feldversuche in den Jahren 2013/2014 und 2014/2015 auf einer Versuchsfläche des Julius Kühn-Instituts (Sicke, Breitengrad 52.218614, Längengrad 10.627313) durchgeführt. Untersucht wurde der Einfluss von Glyphosat auf das Auflaufverhalten und den Ertrag von Winterweizen bei Direktsaat. Glyphosat wurde mit unterschiedlichen Aufwandmengen und zu verschiedenen Terminen angewendet (Tab. 1). Die Versuchsfläche zeichnet sich durch eine unterschiedliche Bodenbearbeitungshistorie aus. Seit 2001 ist der Schlag in drei Teilflächen unterteilt auf denen eine konventionelle Bodenbearbeitung mit dem Pflug (Historie I), eine reduzierte Bodenbearbeitung als Mulchsaat (Historie II) und Direktsaat mit Glyphosatanwendung (Historie III) durchgeführt wurden. Bei der Historie III lagen die jährlichen Glyphosataufwandmengen zwischen 1440 und 1800 g Aktivsubstanz/ha. Während des Versuchszeitraums erfolgten die Bodenbearbeitungsvarianten stets auf den gleichen Teilflächen. In einer dreijährigen Fruchtfolge wurden Winterweizen (2x) und Mais (1x) angebaut. Bei dem Boden des Standortes Sicke handelt es sich um einen stark schluffigen Sand mit Humusgehalten von 1,8 bis 2,1 % (Historie konventionell = 1,8 %; reduziert = 2,1 %; Direktsaat = 2,0 %).

Tab. 1 Varianten zur Direktsaat von Winterweizen bei drei Bodenbearbeitungshistorien.

Tab. 1 *Variants of direct sowing of winter wheat at three soil cultivation history.*

Nr.	Variante	Maßnahme	Glyphosat kg Aktiv- substanz/ha	Durchführung	Saattermin 2013	Saattermin 2014
1	GEVS	Glyphosat	1,8	7 Tage vor der Saat	08.10.2013	08.10.2014
2	GDVS	Glyphosat	3,6	7 Tage vor der Saat	08.10.2013	08.10.2014
3	GENS	Glyphosat	1,8	5 Tage nach der Saat	23.10.2013	20.10.2014
4	GDNS	Glyphosat	3,6	5 Tage nach der Saat	23.10.2013	20.10.2014
5	FVS	Flachgrubber mit Kreiselegge	-	1 Tag vor Saat	18.10.2013	15.10.2014

Bei den Feldversuchen zur Direktsaat wurden alle fünf Versuchsvarianten (Tab. 1) jeweils in eine der drei Bodenbearbeitungshistorien (Historie I bis III) gelegt. Die Parzellengröße betrug 6 x 54 m. Geprüft wurden die Varianten in vierfacher Wiederholung. Die Blöcke waren nebeneinander angeordnet. Die Aussaatstärke betrug 410 (2013) bzw. 415 (2014) Körner pro Quadratmeter. Die Glyphosatanwendung erfolgte sieben Tage vor oder fünf Tage nach der Aussaat (Tab. 1) mit Roundup PowerFlex (1,8 bzw. 3,6 kg Aktivsubstanz/ha) mit einer Wasseraufwandmenge von 250 l/ha. Alle anderen Pflanzenschutzmaßnahmen und die Düngung erfolgten praxisüblich. Untersucht wurden das Auflaufverhalten von Winterweizen und der Weizenertrag. Die Erfassung des Auflaufverhaltens aller Versuchsglieder erfolgte durch manuelle Bonitur vier Wochen nach der Aussaat. Der Kornertrag des Winterweizens wurde durch Kerndrusch ermittelt.

Statistische Auswertung

Statistische Auswertungen erfolgten durch multiple Mittelwertvergleiche (Fishers LSD-Verfahren) mit Statgraphics centurion (Version XV, Statpoint Technologies, Inc. USA). Das Konfidenzniveau lag bei 95 %.

Ergebnisse

Das Auflaufverhalten des Winterweizens ist bezüglich der Behandlungsvarianten für das Versuchsjahr 2013/2014 in Abbildung 1 dargestellt. Die höchsten Auflaufraten wurden bei GEVS (Historie I, konventionell), GDNS (Historie II, reduziert) und GENS (Historie III, Direktsaat) festgestellt. Bei doppelter Glyphosataufwandmenge zeigt die Variante GDVS nur bei Direktsaat signifikant geringere Auflaufraten. Eine Ausnahme bildet die Variante GDNS (Historie II, reduziert). Hier ist die Auflaufrate gegenüber der konventionellen Bodenbearbeitung und der Direktsaat signifikant erhöht. Ein Vergleich vor und nach der Saat zeigt bei unterschiedlicher Bodenbearbeitungshistorie keine signifikanten Unterschiede. Bei den Flachgrubbervarianten liegen die Auflaufraten unterhalb denen der Glyphosatvarianten (GEVS und GENS) mit einfacher und doppelter Aufwandmenge. Die höchste Streuung der Auflaufraten trat bei der Flachgrubbervariante unabhängig von der Bodenbearbeitungshistorie auf.

Für das Versuchsjahr 2014/2015 sind die Auflaufergebnisse des Winterweizens in Abbildung 2 dargestellt. Die Gesamtauflaufrate ist im Mittel höher als 2013/2014. Die Bodenbearbeitungshistorie konventionell zeigt die höchsten Auflaufraten. Bei der Historie reduziert und Direktsaat sind die Auflaufraten tendenziell niedriger. Die geringsten Auflaufraten wurden bei der Variante FVS mit Vorgeschichte reduziert und Direktsaat ermittelt. Signifikante Unterschiede ergaben sich lediglich zwischen FVS (reduziert) und GDVS (konventionell) sowie GENS (konventionell und reduziert). Bei der Glyphosatanwendung nach der Saat führte die doppelte

Aufwandmenge zu einer nicht signifikant geringeren Auflauftrate. Die Unterschiede zwischen einfacher und doppelter Glyphosataufwandmenge fielen geringer aus als im Versuchsjahr 2013/2014.

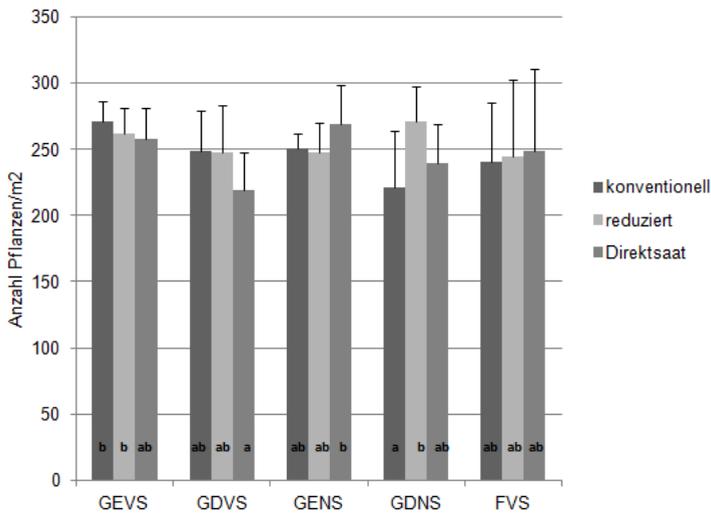


Abb. 1 Winterweizenauflauf (Pflanzen/m²) bei Direktsaat und unterschiedlicher Bodenbearbeitungshistorie – Versuch 2013/2014 - Säulen mit unterschiedlichen Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede bei $p \leq 0,05$.

Fig. 1 Winter wheat emergence (plants/m²) at direct sowing considering soil cultivation history – trial 2013/2014 - Columns with different letters are significantly different at $p \leq 0.05$.

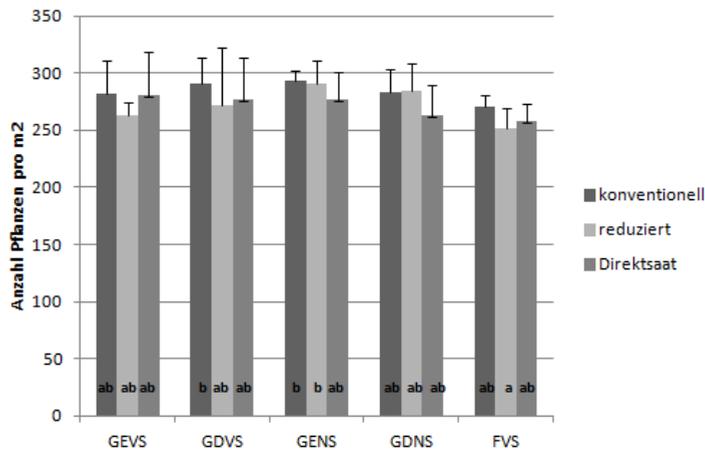


Abb. 2 Winterweizenauflauf (Pflanzen/m²) bei Direktsaat und unterschiedlicher Bodenbearbeitungshistorie – Versuch 2014/2015 - Säulen mit unterschiedlichen Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede bei $p \leq 0,05$.

Fig. 2 Winter wheat emergence (plants/m²) at direct sowing considering soil cultivation history – trial 2014/2015 - Columns with different letters are significantly different at $p \leq 0.05$.

Abbildung 3 zeigt die Ernteerträge des Versuchsjahres 2013/2014. Die Bodenbearbeitungshistorie konventionell zeigt durchgehend geringfügig höhere Erträge als die Historien reduziert und Direktsaat. Der Vergleich von reduziert zu Direktsaat zeigt keine eindeutigen Unterschiede. Auch

zwischen einfacher und doppelter Glyphosatmenge konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden (Tab. 2).

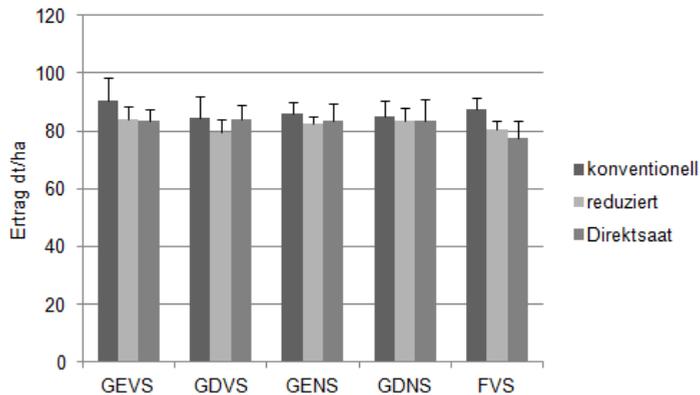


Abb. 3 Winterweizenerträge (dt/ha) – Versuch 2013/2014.

Fig. 3 Winter wheat yield (dt/ha) – trial 2013/2014.

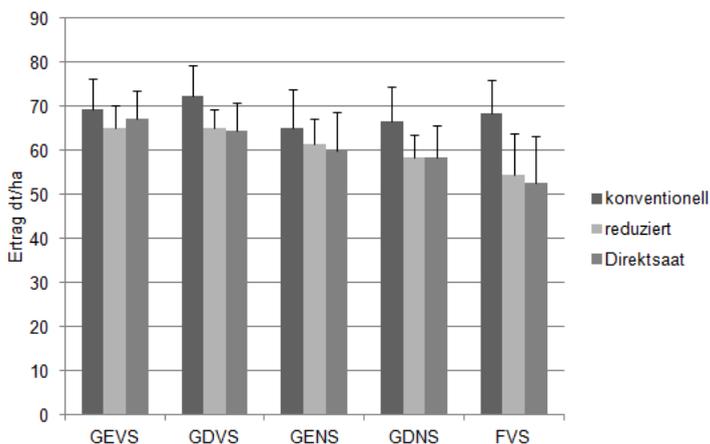


Abb. 4 Winterweizenerträge in dt/ha – Versuch 2014/2015.

Fig. 4 Winter wheat yield (dt/ha) – trial 2014/2015.

Tabelle 2 zeigt die berechneten Signifikanzen aus den multiplen Mittelwertvergleichen der Winterweizenerträge zwischen den Varianten des Versuchsjahres 2013/2014. Deutlich wird, dass insbesondere die Variante Glyphosat als Vorsaat mit 1,8 kg Aktivsubstanz/ha (GEVS) bei der Historie konventionell sich von den meisten anderen Varianten deutlich unterscheidet. Der Ertrag ist signifikant höher. Die Variante Flachgrubber (FVS) zeigt bei der Historie Direktsaat ebenfalls zu den meisten anderen Varianten Unterschiede. Hier ist der Ertrag signifikant niedriger.

Tab. 2 Signifikanzmatrix der Winterweizenerträge des Versuchsjahres 2013/2014 (Historie: I = konventionell; II = reduziert; III = Direktsaat); Multiple Mittelwertvergleiche (Signifikanzniveau $\alpha = 0,05$).

Tab. 2 Significance matrix of winter wheat yield of year 2013/2014 (history: I = conventional; II = reduced; III = direct sowing); multiple comparison of means (significance level $\alpha=0.05$).

Variante	Nr.	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	
		I	II	III													
GEVS	1 - I		s	s	s	s	s	-	s	s	s	s	s	-	s	s	
	1 - II			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	s	
	1 - III				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	s	
GDVS	2 - I					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	s
	2 - II						-	s	-	-	-	-	-	s	-	-	-
	2 - III								-	-	-	-	-	-	-	-	s
GENS	3 - I									-	-	-	-	-	-	-	s
	3 - II										-	-	-	-	-	-	-
	3 - III											-	-	-	-	-	s
GDNS	4 - I												-	-	-	-	s
	4 - II													-	-	-	s
	4 - III														-	-	s
FVS	5 - I															s	s
	5 - II																-
	5 - III																

s = signifikante Unterschiede der Winterweizenerträge

Tabelle 3 zeigt die berechneten Signifikanzen aus den multiplen Mittelwertvergleichen der Winterweizenerträge des Versuchsjahres 2014/2015. Der Ertrag unterscheidet sich insbesondere in der Variante Glyphosat als Vorsaat mit 3,6 kg Aktivsubstanz/ha (GDVS) bei der Historie konventionell von den meisten anderen Varianten signifikant. Die Varianten 5-II und 5-III (Flachgrubber – Historie Direktsaat) zeigen ebenfalls zu den meisten anderen Varianten Unterschiede. Der Ertrag ist hier signifikant niedriger.

Tab. 3 Signifikanzmatrix der Winterweizenerträge des Versuchsjahres 2014/2015 (Historie: I = konventionell; II = reduziert; III = Direktsaat); multiple Mittelwertvergleiche (Signifikanzniveau $\alpha = 0,05$).

Tab. 3 Significance matrix of winter wheat yield of year 2014/2015 (history: I = conventional; II = reduced; III = direct sowing); multiple comparison of means (significance level $\alpha=0.05$).

Variante	Nr.	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	
		I	II	III													
GEVS	1 - I		-	-	-	-	-	-	-	s	-	s	s	-	s	s	
	1 - II			-	s	-	-	-	-	-	-	-	-	-	s	s	
	1 - III				-	-	-	-	-	-	-	s	s	-	s	s	
GDVS	2 - I					s	s	s	s	s	-	s	s	-	s	s	
	2 - II						-	-	-	-	-	-	-	-	s	s	
	2 - III							-	-	-	-	-	-	-	s	s	
GENS	3 - I								-	-	-	-	-	-	s	s	
	3 - II									-	-	-	-	-	s	s	
	3 - III										-	-	-	s	-	s	
GDNS	4 - I											s	s	-	s	s	
	4 - II													-	s	-	
	4 - III														s	-	
FVS	5 - I															s	s
	5 - II																-
	5 - III																

s = signifikante Unterschiede der Winterweizenerträge

Diskussion

Die Ergebnisse der beiden Versuchsjahre zeigen, dass bei Direktsaat von Winterweizen bei unterschiedlicher Bodenbearbeitungshistorie mit einfacher, praxisüblicher Aufwandmenge keine Auflaufschäden an der Kulturpflanze zu erwarten sind. Auch nach langjähriger Direktsaat mit Glyphosatanwendung (Historie III) konnten keine negativen Auswirkungen festgestellt werden. Dies bestätigt die Ergebnisse von GEHRING et al. (2012), dass die Anwendung von Glyphosat kein Risiko für Winterweizen bei Direktsaat darstellt. Auch NORDMEYER (2012) zeigte, dass bei sorgfältiger Aussaat und Anwendung von Glyphosat keine signifikanten negativen Auswirkungen zu erwarten sind. Allerdings zeigten sich in den vorliegenden Versuchen bei doppelter Glyphosatmenge in einigen Fällen geringfügig geringere Auflaufraten. Dies hatte jedoch 2014/2015 keine signifikanten Auswirkungen auf den Weizenertrag. Lediglich die Flachgrubbervariante ohne Glyphosat zeigte deutliche Ertragsminderungen bei der Historie reduziert und Direktsaat. Auflaufschäden in dem Ausmaß, wie sie von RÖMHELD et al. (2008) und NEUMANN et al. (2012) berichtet wurden, konnten nicht bestätigt werden.

Insgesamt ist festzustellen, dass die Anwendung glyphosathaltiger Herbizide mit den zugelassenen Aufwandmengen bis fünf Tage nach der Saat kein Risiko für die Kulturpflanze darstellte. Somit können die auftretenden Unkrautprobleme bei der konservierenden Bodenbearbeitung gelöst werden.

Glyphosathaltige Herbizide sind somit weiterhin wichtige Bausteine in der konservierenden Bodenbearbeitung. Insbesondere auch auf Grund der Tatsache, dass wirkungsäquivalente Herbizide für diesen Anwendungsbereich nicht zur Verfügung stehen.

Danksagung

Der Autor bedankt sich bei Annika Behme für die engagierte Betreuung der Versuche.

Literatur

- BUNDESGESETZBLATT, 2012: Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundesbodenschutzgesetz – BbodSchG). Bundesgesetzblatt I S. 212.
- DAMM, S., J. BISCHOFF, B. HOFMANN und O. CHRISTEN, 2009: Einfluss unterschiedlicher Bodenbearbeitung auf Bodenwasserhaushalt und die Pflanzenentwicklung bei Winterweizen im mitteldeutschen Trockengebiet. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. **21**, 171-172.
- DBV, 2014: Deutscher Bauernverband: Landwirtschaftliche Produktionsmethoden. Situationsbericht 2014/2015. Trends und Fakten zur Landwirtschaft. www.bauernverband.de/situationsbericht-2015-projekt.
- GEHRING, K., S. THYSSEN und T. FESTNER, 2012: Folgewirkung von Glyphosat-Behandlungen auf nachgebaute Kulturen. Julius-Kühn-Archiv **434**, 419-426.
- NEUMANN, G., V. RÖMHELD, J. AFZAL, S. BOTT und T. TESFAMARIAM, 2012: Was passiert an der Wurzel. DLG-Mitteilungen **2**, 26-29.
- RÖMHELD, V., NEUMANN, G., S. BOTT und T. TESFAMARIAM, 2008: Fehler mit Totalherbiziden vermeiden. DLZ Agrarmagazin **9**, 44-46.
- NORDMEYER, H., 2012: Auswirkungen von Glyphosat auf Kulturen bei Applikation zur Aussaat. Julius-Kühn-Archiv **438**, 442.
- SCHMITZ, P.M., P. MAL und J.W. HESSE, 2014: The Importance of Conservation Tillage as a Contribution to Sustainable Agriculture: A Special Case of Soil Erosion. Ed. Institute for Agribusiness, Agribusiness-Research **32**, Giessen.
- STEINMANN, H.H., M. DICKEDUISBERG und L. THEUVSEN, 2012: Uses and benefits of glyphosate in German arable farming. Crop Protection **42**, 164-169.
- TESFAMARIAM, T., S. BOTT, I. ÇAKMAK, V. RÖMHELD und G. NEUMANN, 2009: Glyphosate in the rhizosphere – Role of waiting times and different glyphosate binding forms in soils for phytotoxicity to non-target plants. European Journal of Agronomy **31**, 126-132.