

## **Sektion 5: Neue Entwicklungen in der chemischen Unkrautkontrolle**

### **Section 5: Recent developments in chemical weed control**

## **Folgewirkung von Glyphosat-Behandlungen auf nachgebaute Kulturen**

*Effects of glyphosate application on succeeding crops*

Klaus Gehring\*, Stefan Thyssen & Thomas Festner  
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenschutz,  
Lange Point 10, D-85354 Freising-Weißenstephan  
\*Korrespondierender Autor, klaus.gehring@lfl.bayern.de

DOI: 10.5073/jka.2012.434.051

### **Zusammenfassung**

Glyphosat ist ein wichtiges Herbizid für die Bekämpfung von Unkräutern und Ausfallkulturen in Anbausystemen mit reduzierter Bodenbearbeitung in Mulch- oder Direktsaat. Für den zeitnahen Einsatz von Glyphosat vor der Einsaat einer Folgekultur muss die Wirkstoffaufnahme der nachfolgenden Kultur über den Boden ausgeschlossen werden können. In mehrjährigen Feldversuchen wurde in den Kulturen Mais und Winterweizen bestätigt, dass eine praxisübliche Behandlung mit einer Standarddosis von 1800 g/ha Glyphosat kein Risiko für die Entwicklung der Folgekultur darstellt. Während das Anbauverfahren (Mulch- oder Direktsaat) und die Art der Vorkultur die Ertragsleistung der Folgekultur beeinflussen konnte, hatte eine Anwendung von 1800 – 7200 g/ha Glyphosat in einem Abstand von 23 – 10 Tagen vor der Saat der Folgekultur, bzw. bis ein Tag nach der Saat im Direktsaatverfahren keinen Einfluss auf die Entwicklung und Ertragsleistung der nachgebaute Kultur.

Anhand dieser Ergebnisse kann die Unkrautbekämpfung mit Glyphosat als sicheres Verfahren für die Unterstützung von Anbausystemen mit reduzierter Bodenbearbeitung bewertet werden.

**Stichwörter:** Bodenwirkung, Direktsaat, Herbizid, Kulturverträglichkeit, Mais, Mulchsaat, Unkrautbekämpfung, Winterweizen

### **Summary**

Glyphosate is an important herbicide for the control of weeds and volunteer crops in production systems with conservation tillage or direct drilling. For a feasible timing of the glyphosate application it is essential that the following crops are not aggrieved by soil uptake of glyphosate. In field trials over several years it was confirmed that a usual application with 1800 g/ha glyphosate poses no risk for the growth of subsequent corn or winter wheat. Low yields could be caused by different soil management techniques such as conservation tillage or direct drilling and the preceding crops. Treatments with a dosage of 1800 – 7200 g/ha glyphosate with a time lag of 23 – 10 day before mulch-sowing, resp. 1 day after direct drilling had no influence on the growth and yield of following corn and winter wheat.

Based on the results of these field trials it can be confirmed that glyphosate is a safe herbicide for weed control in production systems with conservation tillage or direct drilling.

**Keywords:** Conservation tillage, corn, direct drilling, herbicide, maize, phytotoxicity, soil activity, weed control, winter wheat

### **1. Einleitung**

Das Herbizid Glyphosat – allgemein unter dem Markennamen Roundup® bekannt – ist eine Entwicklung aus den 1970er Jahren, die bis dato eine sehr hohe Bedeutung besitzt. Neben der Anwendungsvorzüglichkeit im nicht-selektiven Bereich führte die erhebliche Ausdehnung des Anbaus von Roundup-Ready® Kulturen dazu, dass Glyphosat derzeit der weltweit am häufigsten eingesetzte Pflanzenschutzmittel-Wirkstoff ist (DUKE und POWLES, 2009). Der hohe Einsatzumfang löste letztlich auch eine breite Debatte hinsichtlich der Wirkungen und Nebenwirkungen von Glyphosat aus. Abgesehen von der extrem kontrovers geführten Diskussion zur Toxizität des Wirkstoffs (WILLIAMS et al., 2000) wird aus anwendungstechnischer Sicht die Entwicklung von Glyphosat-resistenten Unkräutern als bedenkliches Risiko für die Nachhaltigkeit der Roundup-Ready-

Technologie diskutiert. Bisher wurden bereits 21 resistente Unkraut-Arten festgestellt (HEAP, 2011). Die Entwicklung eines Anti-Resistenz-Managements wird für den weiteren Anbau von Roundup-Ready-Kulturen als unverzichtbar betrachtet (BOERBOOM und OWEN, 2006), während die Umweltverträglichkeit der Herbizid-Resistenz-Technologie allgemein als relativ günstig eingestuft wird (CERDEIRA und DUKE, 2006). Im direkten Zusammenhang mit der Nutzung der Roundup-Ready-Technik wird der Einfluss von Glyphosat auf die Bodenmikrobiologie (KREMER und MEANS, 2009), auf die Entwicklung von Pflanzen-Pathogenen (SANYAL und SHRESTHA, 2008) und auf die Mikronährstoffversorgung von Kulturpflanzen (YAMADA et al., 2009; CAMBERATO et al., 2010) diskutiert. Dem potenziellen Effekt einer Glyphosat-Anwendung auf die Entwicklung von Nachbaukulturen und auf die Bodenfruchtbarkeit (TESFAMARIAN et al., 2009; BOTT et al., 2011) wird dagegen weniger intensiv betrachtet.

Nach aktuellen Erhebungen wird auf ca. 30 % der Ackerfläche in Deutschland eine Behandlung mit Glyphosat durchgeführt. Hierbei haben die Stoppelbehandlungen vor Winterraps und Wintergetreide, sowie die Vorsaats- bzw. Vorauflaufbehandlung zum Anbau von Zuckerrüben und Mais die relativ größte Bedeutung. Die Sikkation in Getreide und Raps hat dagegen, mit einer Behandlungsquote von rund 10 %, eine nur untergeordnete Relevanz. Die nicht-selektive Unkrautkontrolle mit Glyphosat ist ein wesentlicher Bestandteil für die Anwendung von konservierenden Bodenbearbeitungsverfahren bis hin zu Direktsaatsystemen. Durchschnittliche Behandlungsquoten von 40 – 80 % können regional bis zu einer regelmäßigen Glyphosat-Behandlung in boden- und umweltschonenden Anbauverfahren bei Mais und Rüben ansteigen. Das Herbizid Glyphosat ist offensichtlich, wie auch im internationalen Vergleich, ein systemimmanenter Bestandteil dieser modernen Anbauverfahren (SCHMITZ et al., 2011).

Ziel dieser Arbeit ist die Kompatibilität der Glyphosat-Anwendung bei der Unkrautbekämpfung mit dem Anbau von konventionellen, d.h. nicht Glyphosat-resistenten Kulturen zu untersuchen. Die Aspekte Wartezeit zwischen der Glyphosat-Behandlung und dem Saattermin der Folgekultur, Bodenbearbeitungstechnik und Herbizid-Aufwand werden hierbei besonders berücksichtigt.

## 2. Material und Methoden

Die Selektivität bzw. Verträglichkeit von Glyphosat-Behandlungen für nachgebaute Kulturen wurde mit Freilandversuchen in den Jahren 2009 bis 2011 untersucht. Im Versuchsjahr 2009 wurde die Verträglichkeit für die Kultur Mais und in den beiden Folgejahren für die Kultur Winterweizen überprüft. Die Versuche wurden parallel für die Bodenbearbeitungsverfahren Mulchsaat und Direktsaat durchgeführt. Die Glyphosat-Behandlungen wurden auf einen geschlossenen Bestand mit den Ausfallkulturen Hafer (2009), bzw. Hafer und Winterraps (2010) und Wintergerste (2011) vorgenommen. Hierbei wurden die Ausfallkulturen Hafer und Winterraps durch eine vorherige Einsaat gezielt etabliert. Im Versuchsjahr 2011 handelte es sich dagegen um den Aufwuchs der Vorkultur Wintergerste. Die beiden Versuchsstandorte Pulling (2009) und Pettenbrunn (2010-2011) liegen in einer Entfernung von 5 km zu Stadt Freising im Tertiären Hügelland im nördlichen Oberbayern. Die Jahresmitteltemperatur beträgt am Standort 8,5 °C und der mittlere Jahresniederschlag liegt bei 818 mm (Daten der agrarmeteorologische Messstation Freising 1995 – 2010). Der Bodentyp ist an beiden Versuchsstandorten eine Parabraunerde mit der Bodenart sandiger Lehm und einem Humusgehalt von 2 – 3 %. Die Herbizidbehandlungen wurden mit einer elektrisch angetriebenen Parzellenspritze (Fabrikat: Schachtner) durchgeführt, die mit Airmix-Düsen (Typ: 110 03) ausgerüstet war. Bei einem Arbeitsdruck von 2,5 bar lag die Wasseraufwandmenge bei 300 l/ha. Zur Anwendung kam das Präparat Roundup UltraMax<sup>®</sup> (450 g/l Glufosinat, als Isopropylamin-Salz in SL-Formulierung), das Vergleichsherbizid Basta<sup>®</sup> (183 g/l Glufosinat, als Ammonium-Salz in SL-Formulierung) und eine thermische Unkrautbehandlung mit einem handgeführten Abflämmgerät (Typ: HOAF „Weedmaster 50“, 50 cm Arbeitsbreite, 45 kW Nennleistung mit 3,5 kg/h Propan-Gas). Die Maisaussaat erfolgte mit einem Parzellensäuger Typ Hege/Wintersteiger „Plotking PSP“ mit 3 m Arbeitsbreite und 75 cm Reihenabstand. Die Getreidesaat wurde mit einer Parzellensämaschine Typ Hege 80 vorgenommen, die bei einer Arbeitsbreite von 3 m mit Doppelscheibenscharen in einen Reihenabstand von 12,5 cm ausgestattet war.

Die Feldversuche wurden als voll randomisierte Blockanlagen mit einer Parzellengröße von 20 m<sup>2</sup> in dreifacher Wiederholung angelegt. Die Versuchsdurchführung und Datenerhebung erfolgte gemäß den EPP0-Richtlinien PP 1/50 (2), PP 1/93 (2) und PP 1/135 (2) für die Unkrautbekämpfung in Getreide, Mais und Bewertung der Phytotoxizität. Neben den visuellen Bonituren wurden die Ertragsparameter Trockenmasse bei Mais und Kornertrag bei Getreide erhoben. Im Versuchsjahr 2010 wurde die visuelle Bonitur der Phytotoxizität mit einer Messung des Chlorophyllgehalts bzw. der Chlorophyllaktivität als Parameter für die Vitalität der Winterweizenpflanzen ergänzt. Hierfür wurde ein handgetragenes Fluoreszenz-Messgerät (Typ: „MiniVeg“ der Fa. Fritzmeier Umwelttechnik, Großhelfendorf) verwendet. Die durch einen gepulsten Anregungslaser induzierte Re-Absorption der Fluoreszenzstrahlung wurde im roten und nahinfraroten Wellenlängenbereich gemessen. Das Verhältnis der Chlorophyll-Fluoreszenz bei F690 nm und F730 nm gilt hierbei als Maß für den Chlorophyllgehalt und die photosynthetische Leistungsfähigkeit der Pflanzen, die durch Umweltfaktoren (z.B. Nährstoff- und Wasserversorgung) und Stressfaktoren, wie etwa einer Herbizidbelastung, beeinflusst werden kann (HUBER et al., 2002; SCHÄCHTL et al., 2003). Die Messung wurde mit drei Messreihen pro Parzelle durchgeführt, wobei je Messreihe ca. 1.000 – 1.500 Einzelmesswerte erhoben wurden. Die hiermit berechnete mittlere Ratio (Fluoreszenz 690 nm: Fluoreszenz 730 nm) wurde als Vegetationsindex für die Vitalität des Pflanzenbestandes verwendet.

Die erhobenen Ertragsdaten und Fluoreszenzmesswerte wurden mit Hilfe der Software SAS/STAT (SAS<sup>®</sup> 9.2 für Windows<sup>®</sup> PC, SAS Corporation, Cary, USA) unter Anwendung einer SNK-ANOVA ( $\alpha = 0,05$ ) und einem Mittelwertvergleich mit der Prozedur PROC GLM ausgewertet.

### 3. Ergebnisse

Bei dem in 2009 in Mais (Sorte. Torres) durchgeführten Feldversuch wurden die Herbizidbehandlungen zu drei praxisüblichen Applikationsterminen durchgeführt: 23 Tage bzw. 11 Tage vor der Saat und zusätzlich bei Direktsaat 1 Tag nach der Saat. Die Glyphosat-Anwendung erfolgte in der maximal zulässigen Aufwandmenge von 4,0 l/ha Roundup UltraMax<sup>®</sup> (450 g/ha Glyphosat) und einer Doppeldosis mit 8,0 l/ha. Zum Vergleich wurde das nicht-selektive Kontaktherbizid Basta<sup>®</sup> in einer Dosis von 5,0 l/ha (183 g/ha Glufosinat) eingesetzt. Als weiterer Vergleich wurde eine thermische Unkrautbekämpfung vorgenommen. Aufgrund des Wiedergrüens der abgeflamten Flächen wurden die Anwendungen 23 bzw. 11 Tage vor der Saat an den nachfolgenden Behandlungsterminen wiederholt, so dass bei den Vorsaatterminen in der Summe drei bzw. zwei thermische Unkrautbehandlungen durchgeführt wurden. Nach dem Auflaufen (BBCH 12-13 Mais) wurde in allen Varianten eine ortsübliche Unkrautbehandlung mit der Tankmischung aus 3,0 l/ha Gardo Gold<sup>®</sup> (312,5 g/l S-Metolachlor + 187,5 g/l Terbutylazin) + 1,0 l/ha MaisTer Flüssig<sup>®</sup> (30,0 g/l Foramsulfuron + 0,9 g/l Iodosulfuron) vorgenommen.

Bei den durchgeführten visuellen Bonituren waren keinerlei Unverträglichkeitsreaktionen der Maispflanzen auf die verschiedenen chemischen und thermischen Unkrautbekämpfungen feststellbar. Um einen ggf. vorhandenen kurzfristigen Einfluss auf das Pflanzenwachstum feststellen zu können, wurde 50 Tage nach der Saat eine frühzeitige Teilbeerntung einer Mittelreihe der vier Pflanzenreihen einer Parzelle durchgeführt. Sowohl bei der frühzeitigen Teilbeerntung als auch bei der Ernte zur Siloreife des Maisbestandes traten keine signifikanten Unterschiede in der Ertragsleistung zwischen den unterschiedlichen Behandlungsmaßnahmen auf. Im Vergleich der Bodenbearbeitungs- bzw. Anbauverfahren konnte dagegen ein Ertragsvorteil des Direktsaatverfahrens gegenüber der Mulchsaatbestellung nachgewiesen werden (Tab. 1).

**Tab. 1** Ertragsleistung von Mais in Abhängigkeit von unterschiedlichen Unkrautbekämpfungs- und Anbauverfahren.**Tab. 1** Corn yield depending on different kind of weed control and soil management.

VG	Behandlung	Aufwand		Termin	Ertrag 50 TnS		Ertrag 128 TnS	
					TM dt/ha	SNK	TM dt/ha	SNK
<b>Mulchsaat</b>								
1	Kontrolle	--		--	10,0	a	233,3	a
2	Glyphosat	1800	g/ha	23 TvS	10,1	a	233,6	a
3	Glyphosat	3600	g/ha	23 TvS	9,2	a	246,3	a
4	Glufosinat	915	g/ha	23 TvS	9,9	a	237,4	a
5	Glyphosat	1800	g/ha	11 TvS	9,6	a	233,5	a
6	Glyphosat	3600	g/ha	11 TvS	9,6	a	249,7	a
7	Glufosinat	915	g/ha	11 TvS	10,7	a	241,7	a
8	Thermisch	flächig	2x	23 / 11 TvS	8,8	a	235,8	a
9	Thermisch	flächig	2x	11 TvS	9,0	a	240,5	a
<b>Direktsaat</b>								
1	Kontrolle	--		--	10,9	a	243,5	a
2	Glyphosat	1800	g/ha	23 TvS	12,7	a	251,1	a
3	Glyphosat	3600	g/ha	23 TvS	12,7	a	271,2	a
4	Glufosinat	915	g/ha	23 TvS	11,0	a	250,3	a
5	Glyphosat	1800	g/ha	11 TvS	14,3	a	263,2	a
6	Glyphosat	3600	g/ha	11 TvS	13,4	a	254,0	a
7	Glufosinat	915	g/ha	11 TvS	10,6	a	242,6	a
8	Glyphosat	1800	g/ha	1 TnS	9,8	a	248,7	a
9	Glyphosat	3600	g/ha	1 TnS	9,8	a	246,1	a
10	Glufosinat	915	g/ha	1 TnS	13,3	a	267,6	a
11	Thermische	flächig	2x	23 / 11 TvS / 1 TnS	11,9	a	271,7	a
12	Thermische	flächig	2x	11 TvS / 1 TnS	11,6	a	269,8	a
13	Thermische	flächig	2x	1 TnS	12,7	a	266,6	a
<b>Anbauverfahren</b>								
2-9	Mulchsaat				9,7	b	239,1	b
2-13	Direktsaat				12,1	a	257,4	a

TvS = Tage vor der Saat, TnS = Tage nach der Saat; SNK = Student-Newman-Keuls-Test: Unterschiedliche Buchstaben = signifikanter Unterschied

TvS = Days bevor sowing, TnS = days after sowing; SNK = Student-Newman-Keuls-Test: different letters = significant difference

Bei dem Feldversuch 2009/2010 in Winterweizen (Sorte: Asano) wurde die Glyphosat-Behandlung in der doppelten und vierfachen Dosis der zugelassenen Standardaufwandmenge durchgeführt. Neben der parallelen Prüfung im Mulch- und im Direktsaatverfahren wurden die Behandlungen mit der Vorfrucht Raps und Hafer im Vergleich geprüft. In der Kontrollvariante (VG 1) der Direktsaat wurde der Vorfruchtaufwuchs vier Tage vor der Saat durch eine Tankmischung mit Fusilade Max<sup>®</sup> (107 g/ha Fluazifop-P) + Starane XL<sup>®</sup> (Fluroxypyr 100 + Florasulam 2,5 g/ha) behandelt. Auf der gesamten Versuchsfläche wurde im Frühjahr eine einheitliche Unkrautbekämpfung mit der Kombination aus Axial 50<sup>®</sup> (Pinoxaden 35 g/ha) + Starane XL<sup>®</sup> (Fluroxypyr 75 + Flurasulam 1,9 g/ha) + Biathlon<sup>®</sup> (Trisulfuron 50 g/ha) vorgenommen

Bei den durchgeführten visuellen Bonituren war kein negativer Einfluss auf die Kulturpflanzenentwicklung durch die unterschiedlichen Behandlungsvarianten feststellbar. Auch bei der Bestimmung der Vitalität des Winterweizenbestandes am 25.05.2010 mit dem MiniVeg-Messgerät waren keine signifikanten Unterschiede zwischen den Behandlungen bei gleicher Bodenbearbeitung und Vorfrucht vorhanden (Tab. 2).

**Tab. 2** Vitalität (V-ID) von Winterweizen in Abhängigkeit von unterschiedlichen Unkrautbehandlungen, Bodenbearbeitungsverfahren und Ausfallkulturen bzw. Vorfrüchten.

**Tab. 2** *Vitality (V-ID) of winter wheat depending on different weed control, soil management and volunteer crops preceding crops, respectively.*

VG	Behandlung	Aufwand (g/ha)	Termin	Vorfrucht			
				Hafer		Raps	
				V-ID	SNK	V-ID	SNK
<b>Mulchsaat</b>							
1	Kontrolle	--	--	0,962	a	0,937	a
2	Glyphosat	3600	20 TvS	0,950	a	0,933	a
3	Glyphosat	7200	20 TvS	0,959	a	0,943	a
4	Glufosinat	915	20 TvS	0,949	a	0,944	a
5	Glyphosat	3600	10 TvS	0,949	a	0,922	a
6	Glyphosat	7200	10 TvS	0,964	a	0,922	a
7	Glufosinat	915	10 TvS	0,959	a	0,935	a
8	Thermisch	--	20 / 10 TvS	0,962	a	0,930	a
<b>Direktsaat</b>							
1	Kontrolle	--	--	0,982	a	0,949	a
2	Glyphosat	3600	10 TvS	0,977	a	0,928	a
3	Glyphosat	7200	10 TvS	0,972	a	0,937	a
4	Glufosinat	915	10 TvS	0,965	a	0,932	a
5	Glyphosat	3600	1 TnS	0,982	a	0,924	a
6	Glyphosat	7200	1 TnS	0,969	a	0,916	a
7	Glufosinat	915	1 TnS	0,967	a	0,943	a
8	Thermisch	--	10 TvS / 1 TnS	0,951	a	0,949	a

TvS = Tage vor der Saat, TnS = Tage nach der Saat; V-ID = Vitalitätsindex = Fluoreszenz-Verhältnis F690 ηm/F730 ηm; SNK = Student-Newman-Keuls-Test: Unterschiedliche Buchstaben = signifikanter Unterschied

TvS = Days bevor sowing, TnS = days after sowing; V-ID = Vitality index = fluorescence ratio F690 ηm/F730 ηm; SNK = Student-Newman-Keuls-Test: different letters = significant difference

Eine Analyse der Ko-Faktoren Bodenbearbeitungsverfahren und Vorfrucht ergab dagegen einen signifikant höheren Chlorophyll-Gehalt des Weizenbestandes bei der Vorfrucht Hafer gegenüber der Vorfrucht Raps (Tab. 3).

**Tab. 3** Vitalität (V-ID) von Winterweizen in Abhängigkeit von Ausfallkultur bzw. Vorfrucht und Bodenbearbeitung.

**Tab. 3** *Vitality (V-ID) of winter wheat depending on volunteer crops resp. preceding crops and soil management.*

Ko-Faktor Kombination	V-ID	rel. %	SNK
	<b>Vorfrucht und Bodenbearbeitung</b>		
Hafer, Direktsaat	0,971	100	a
Hafer, Mulchsaat	0,957	99	b
Raps, Direktsaat	0,935	96	c
Raps, Mulchsaat	0,933	96	c
<b>Vorfrucht</b>			
Hafer	0,964	100	a
Raps	0,934	97	b
<b>Bodenbearbeitung</b>			
Direktsaat	0,953	100	a
Mulchsaat	0,945	99	a

V-ID = Vitalitätsindex = Fluoreszenz-Verhältnis F690 ηm/F730 ηm; SNK = Student-Newman-Keuls-Test: Unterschiedliche Buchstaben = signifikanter Unterschied

V-ID = Vitality index = fluorescence ratio F690 ηm/F730 ηm; SNK = Student-Newman-Keuls-Test: different letters = significant difference

Zur Abreife wurde die Ährendichte des Winterweizenbestandes am 09.07.2010 ausgezählt. Hierbei trat eine signifikant niedrigere Ährendichte bei der thermischen Unkrautbekämpfung im Direktsaatverfahren gegenüber allen chemischen Unkrautbekämpfungsvarianten, unabhängig von der Vorfrucht, auf. In der Mulchsaat konnte eine niedrigere Ährendichte des Weizenbestandes nur bei der Vorfrucht Raps für die thermische Behandlung im Vergleich zu einer frühen Behandlung mit Basta und einer späten Behandlung mit Roundup UltraMax in der vierfachen Dosierung abgesichert werden. Die Erhebung des Kornertrages zeigte lediglich für die thermische Unkrautbekämpfung in der Ko-Faktorenkombination Direktsaat und Raps-Vorfrucht einen signifikant niedrigeren Ertrag gegenüber einer Nachsaatbehandlung mit Roundup UltraMax in der doppelten Dosierung (Tab. 4). Die niedrigere Ährendichte und der niedrigere Kornertrag der thermischen Unkrautbekämpfung kann auf eine im Vergleich zu den Herbizidbehandlungen weniger effiziente Wirkung auf den Pflanzenbestand der Vorfrucht zurückgeführt werden.

**Tab. 4** Bestandesdichte (Ähren/m<sup>2</sup>) und Kornertrag (dt/ha) von Winterweizen in Abhängigkeit von unterschiedlichen Unkrautbehandlungen, Bodenbearbeitungsverfahren und Ausfall- bzw. Vorkulturen.

**Tab. 4** Crop density (spikes/m<sup>2</sup>) and yield (dt/ha) of winter wheat depending on different weed control, volunteer crops resp. preceding crops and soil management.

VG	Behandlung	Aufwand (g/ha)	Termin	Vorfrucht							
				Hafer				Raps			
				Ä/m <sup>2</sup>	SNK	E (dt/ha)	SNK	Ä/m <sup>2</sup>	SNK	E (dt/ha)	SNK
<b>Mulchsaat</b>											
1	Kontrolle	--	--	408	a	37,9	a	423	ab	36,0	a
2	Glyphosate	3600	20 TvS	415	a	38,3	a	433	ab	37,3	a
3	Glyphosate	7200	20 TvS	432	a	39,7	a	435	ab	35,4	a
4	Glufosinat	915	20 TvS	425	a	42,8	a	445	a	39,3	a
5	Glyphosate	3600	10 TvS	423	a	37,6	a	429	ab	36,0	a
6	Glyphosate	7200	10 TvS	427	a	38,2	a	446	a	35,9	a
7	Glufosinat	915	10 TvS	432	a	39,7	a	425	ab	39,3	a
8	Themisch	--	20 / 10 TvS	411	a	40,2	a	391	b	35,9	a
<b>Direktsaat</b>											
1	Kontrolle	--	--	430	a	44,7	a	461,3	a	38,3	ab
2	Glyphosate	3600	10 TvS	466	a	44,8	a	446,7	a	35,4	ab
3	Glyphosate	7200	10 TvS	463	a	44,5	a	488,7	a	40,7	ab
4	Glufosinat	915	10 TvS	483	a	48,8	a	474	a	38,3	ab
5	Glyphosate	3600	1 TnS	440	a	43,1	a	463,3	a	41,7	a
6	Glyphosate	7200	1 TnS	431	a	43,5	a	458,7	a	37,6	ab
7	Glufosinat	915	1 TnS	446	a	45,9	a	461,3	a	38,8	ab
8	Themisch	--	10 TvS / 1 TnS	347	b	40,5	a	388,7	b	31,8	b

TvS = Tage vor der Saat, TnS = Tage nach der Saat, Ä = Ähren, E = Ertrag; SNK = Student-Newman-Keuls-Test:

Unterschiedliche Buchstaben = signifikanter Unterschied

TvS = Days bevor sowing, TnS = days after sowing; Ä = spikes, E = yield, SNK = Student-Newman-Keuls-Test: different letters = significant difference

Bei der separaten Auswertung der Ko-Faktoren Vorfrucht bzw. Ausfallkultur und Bodenbearbeitungsverfahren konnten auch für die Ährendichte und den Kornertrag signifikante Unterschiede einzelner Faktorkombinationen nachgewiesen werden. Die Vorfrucht Hafer führte im Vergleich zur Vorfrucht Raps zu einem höheren Kornertrag bei Winterweizen. Das Direktsaatverfahren war dem Mulchsaatverfahren sowohl bei der Ährendichte, als auch bei Kornertrag signifikant überlegen. Hieraus resultierte ein Ertragsvorteil der Faktorkombination Direktsaat und Hafer-Vorfrucht (Tab. 5).

**Tab. 5** Bestandesdichte (Ähren/m<sup>2</sup>) und Ertrag (dt/ha) von Winterweizen in Abhängigkeit von Ausfallkultur bzw. Vorfrucht und Bodenbearbeitung.

Tab. 5 Crop density (spikes/m<sup>2</sup>) and yield (dt/ha) of winter wheat depending on volunteer crops resp. preceding crops and soil management.

Ko-Faktor Kombination	Ä/m <sup>2</sup>	SNK	E (dt/ha)	SNK
	Vorfrucht und Bodenbearbeitung			
Hafer, Direktsaat	438	ab	44,5	a
Hafer, Mulchsaat	422	b	39,3	b
Raps, Direktsaat	455	a	37,8	b
Raps, Mulchsaat	428	b	36,9	b
<b>Vorfrucht</b>				
Hafer	430	a	41,9	a
Raps	442	a	37,3	b
<b>Bodenbearbeitung</b>				
Direktsaat	447	a	41,1	a
Mulchsaat	425	b	38,1	b

Ä = Ähren, E = Ertrag; SNK = Student-Newman-Keuls-Test: Unterschiedliche Buchstaben = signifikanter Unterschied  
 Ä = spikes, E = yield; SNK = Student-Newman-Keuls-Test: different letters = significant difference

In der Anbauperiode 2010/11 wurde ein Feldversuch mit Winterweizen im Mulchsaatverfahren angelegt. Der vorhandene, geschlossene Ausfallgetreidebestand der Vorkultur Wintergerste wurde im Abstand von 20 bzw. 10 Tagen vor der Bodenbearbeitung zur Saatbettbereitung mit Roundup UltraMax in einer Aufwandmenge von 8, 16 und 32 l/ha, mit Basta in einer Aufwandmenge von 5 und 10 l/ha und mit einer thermischen Unkrautbekämpfung behandelt. Die visuellen Bonituren zeigten keine erkennbare Schädigung der Pflanzenentwicklung des Winterweizens gegenüber den verschiedenen Behandlungsvarianten. Aufgrund extremer Witterungsbedingungen mit einer starken Nässeperiode im Frühjahr gefolgt von einer lang anhaltenden Trockenperiode im Sommer konnten die Ertragserhebungen nicht ausgewertet werden.

#### 4. Diskussion

Die sehr rasche Inaktivierung von Glyphosat im Boden wurde bereits frühzeitig nachgewiesen (SPRANKLE et al., 1975). Während die eigentliche Detoxifikation durch den mikrobiellen Abbau im Boden bestimmt wird, hängt die Bioverfügbarkeit für Nicht-Zielpflanzen wesentlich von der Adsorption an Bodenkompimente ab (TORSTENSSON und AAMISEPP, 1977). Ausschlaggebende Faktoren sind hierbei die Verfügbarkeit von Aluminium- und Eisenoxiden, während die Quantität und Qualität der Humusfraktion nur eine sehr geringe Bedeutung besitzt (GIMSING und BORGGARD, 2002; PICCOLO et al., 1996). Allgemein wird davon ausgegangen, dass Glyphosat aufgrund des spezifischen, dynamischen Prozesses aus Adsorption und mikrobiellen Abbau unter normalen Bedingungen und in unterschiedlichen Böden für Nicht-Zielpflanzen kein Schädigungspotenzial durch Aufnahme über den Boden besitzt (ALEXA et al., 2009).

Die in dieser Arbeit vorgestellten Feldversuchsergebnisse bestätigen die Annahme, dass sich eine Vorbehandlung mit Glyphosat gegen vorhandene Unkräuter und Ausfallkulturen nicht negativ auf die im Mulch- oder Direktsaatverfahren nachgebauten Kulturen Mais und Winterweizen auswirkt. Weder für den zeitlichen Abstand zwischen der Glyphosat-Behandlung und dem Saattermin der Folgekultur, als auch für die Aufwandmenge der Glyphosat-Applikation konnte ein direkter Einfluss auf die Entwicklung und Ertragsleistung der Folgekultur nachgewiesen werden. Dagegen konnten Zusammenhänge zwischen der Form der Bodenbearbeitung und der Art der Vorkultur auf die Entwicklung und Ertragsbildung der nachgebauten Folgekultur festgestellt werden.

Ein allgemeines Risiko für die Entwicklung von nachgebauten Kulturen in Abhängigkeit vom zeitlichen Abstand einer vorausgehenden Glyphosat-Behandlung zum Saattermin der Folgekultur und der Intensität des hiermit zu bekämpfenden Unkraut- oder Ausfallkulturaufwuchses (BOTT et al., 2009; TESFAMARIAM et al., 2009) konnte nicht bestätigt werden.

## Literatur

- ALEXA, E., M. BRAGEA, R. SUMALAN, A. LAZUREANU, M. NEGREA UND S. IANCU, 2009: DYNAMIC OF GLYPHOSAT MINERALIZATION IN DIFFERENT SOIL TYPES. ROMANIAN AGRICULTURAL RESEARCH **26**, 57-60.
- ANDREA, M.M., T.B. PERES, L.C. LUCHINI, S. BAZARIN, S. PAPINI, M.B. MATALLO UND V.L. TEDESCHI SAVOY, 2003: INFLUENCE OF REPEATED APPLICATIONS OF GLYPHOSAT ON ITS PERSISTENCE AND SOIL BIOACTIVITY. PESQ. AGROPEC. BRAS., BRASILIA **38**, 1329-1335.
- BOERBOO, C. UND M. OWEN, 2006: FACTS ABOUT GLYPHOSAT-RESISTANT WEEDS. PURDUE EXTENSION INFORMATION GWC-1, [HTTP://WWW.GLYPHOSATWEEDSCROPS.ORG](http://www.GLYPHOSATWEEDSCROPS.ORG)
- BOTT, S., U. LEBENDER, Y. DUCK-JOONG, T. TESFAMARIAM, V. RÖMHELD UND G. NEUMANN, 2009: EVIDENCE FOR GLYPHOSAT DAMAGE OF WINTER WHEAT DEPENDING ON WAITING-TIMES AFTER PRE-CROP GLYPHOSAT APPLICATION AND DENSITY OF DESICCATED WEED PLANTS UNDER FIELD AND EXPERIMENTAL CONDITIONS. THE PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL PLANT NUTRITION COLLOQUIUM XVI. [HTTP://ESCHOLARSHIP.ORG/UC/ITEM/25V599PR](http://escholarship.org/uc/item/25v599pr)
- CAMBERATO, J., K. WISE UND B. JOHNSON, 2010: GLYPHOSAT – MANGANESE INTERACTIONS AND IMPACTS ON CROP PRODUCTION: THE CONTROVERSY. PURDUE EXTENSION INFO 1-888, [HTTP://WWW.BTNY.PURDUE.EDU/WEEDSCIENCE/](http://www.BTNY.PURDUE.EDU/WEEDSCIENCE/)
- CERDEIRA, A.L. UND S.O. DUKE, 2006: THE CURRENT STATUS AND ENVIRONMENTAL IMPACTS OF GLYPHOSAT-RESISTANT CROPS: A REVIEW. JOURNAL OF ENVIRONMENTAL QUALITY **35**, 1633-1658.
- DUKE O. UND B. POWLES, 2009: GLYPHOSAT-RESISTANT CROPS AND WEEDS – NOW AND IN THE FUTURE. AG BIO FORUM **12**, 346-357.
- GIMSING, A.L. UND O.K. BORGGAARD, 2002: EFFECT OF PHOSPHATE ON THE ADSORPTION OF GLYPHOSAT ON SOILS, CLAY MINERALS AND OXIDES. INTERNATIONAL JOURNAL OF ENVIRONMENTAL ANALYTICAL CHEMISTRY **82**, 545-552.
- HEAP, I.M., 2011: THE INTERNATIONAL SURVEY OF HERBICIDE RESISTANT WEEDS. [HTTP://WWW.WEEDSCIENCE.COM](http://www.WEEDSCIENCE.COM)
- HUBER, G., J. SCHÄCHTL, F. X. MAIDL, E. STICKSEL, J. SCHULZ, P. HASCHBERGER UND U. FRITZMEIER, 2002: GRUNDLAGEN DER BESTANDSBONITUR MITTELS DER LASERINDUZIERTEN CHLOROPHYLLFLUORESCENZ. MITTEILUNGEN DER GESELLSCHAFT FÜR PFLANZENBAUWISSENSCHAFTEN **14**, 104-105.
- YAMADA, T., R.J. KREMER, P.R. DE CAMARGO E. CASTRO UND B.W. WOOD, 2009: GLYPHOSAT INTERACTIONS WITH PHYSIOLOGY, NUTRITION AND DISEASES OF PLANTS: THREAT TO AGRICULTURAL SUSTAINABILITY? EUROPEAN JOURNAL OF AGRONOMY **31**, 111-113.
- KREMER, R.J. UND N.E. MEANS, 2009: GLYPHOSAT AND GLYPHOSAT-RESISTANT CROP INTERACTIONS WITH RHIZOSPHERE MICROORGANISMS. EUROPEAN JOURNAL OF AGRONOMY **31**, 153-161.
- PICCOLO, A., G. CELANO UND P. CONTE, 1996: ADSORPTION OF GLYPHOSAT BY HUMIC SUBSTANCES. JOURNAL OF AGRICULTURAL AND FOOD CHEMISTRY **44**, 2442-2446.
- SANYAL D. UND A. SHRESTHA, 2008: DIRECT EFFECT OF HERBICIDES ON PLANT PATHOGENS AND DISEASE DEVELOPMENT IN VARIOUS CROPPING SYSTEMS. WEED SCIENCE **56**, 155-160.
- SCHÄCHTL, J., F.-X. MAIDL, G. HUBER UND E. STICKSEL, 2003: THE POTENTIAL FOR LASER-INDUCED CHLOROPHYLL FLUORESCENCE MEASUREMENTS IN WHEAT. PRECISION AGRICULTURE, 609-614.
- SCHMITZ, M., M.N. AHMED, H. GARVERT UND J.W. HESSE, 2011: AGRO-ECONOMIC ANALYSIS OF THE USE OF GLYPHOSAT IN GERMANY. AGRIBUSINESS-FORSCHUNG Nr. 28, INSTITUT FÜR AGRIBUSINESS, GIEßEN, GERMANY.
- SPRANKLE, P., W.F. MEGGITT UND D. PENNER, 1975: RAPID INACTIVATION OF GLYPHOSAT IN THE SOIL. WEED SCIENCE **23**, 224-228.
- TESFAMARIAM, T., S. BOTT, I. CAKMAK, V. RÖMHELD UND G. NEUMANN, 2009: GLYPHOSAT IN THE RHIZOSPHERE – ROLE OF WAITING TIMES AND DIFFERENT GLYPHOSAT BINDING FORMS IN SOILS FOR PHYTOTOXICITY TO NON-TARGET PLANTS. EUROPEAN JOURNAL OF AGRONOMY **31**, 126-132.
- TORSTENSSON, N.T.L. UND A. AAMISEPP, 1977: DETOXIFICATION OF GLYPHOSAT IN SOIL. WEED RESEARCH **17**, 209-212.
- WILLIAMS, G.M., R. KROES UND I.C. MUNRO, 2000: SAFETY EVALUATION AND RISK ASSESSMENT OF THE HERBICIDE ROUNDUP AND ITS ACTIVE INGREDIENT, GLYPHOSAT, FOR HUMANS. REGULATORY TOXICOLOGY AND PHARMACOLOGY **31**, 117-165.