

Wirksamkeit unterschiedlicher Herbizide bzw. Herbizidmischungen gegen Imidazolinon-toleranten Ausfallraps in Zuckerrüben

Response of imidazolinone-tolerant volunteer oilseed rape to herbicides and herbicide mixtures used for broad-leaved weed control in sugar beet

Christoph Krato* & Jan Petersen

Fachhochschule Bingen, Fachbereich Life Sciences and Engineering, Berlinstrasse 109, D-55411 Bingen (am Rhein)

*Korrespondierender Autor, krato@fh-bingen.de

DOI: 10.5073/jka.2012.434.043

Zusammenfassung

Durch den höheren Anteil von Raps (*Brassica napus*) in Zuckerrübenfruchtfolgen kann in den nachgebauten Kulturen zunehmend Ausfallraps auftreten. Der Sulfonylharnstoff Triflursulfuron gilt als wichtiger Baustein bei der Ausfallrapskontrolle in Zuckerrüben. Durch die Einführung Imidazolinon-toleranter Rapsorten (Clearfield®-Raps) kann sich die Herbizidauswahl und somit die Ausfallrapskontrolle in Zuckerrüben jedoch verändern, da bei den Ausfallrapspflanzen eine partielle Kreuzresistenz gegen ALS-Inhibitoren vorliegt. Ziel der Untersuchung war es, sechs verschiedene Herbizidstrategien auf ihre Wirksamkeit gegen Imidazolinon-toleranten Ausfallraps zu überprüfen. Imidazolinon-toleranter Ausfallraps zeigte eine ausgeprägte Kreuzresistenz gegen Triflursulfuron im Feld (mittlerer Wirkungsgrad 14 %). Auch die Kombination mit dem Wirkstoff Metamitron führte zu keiner zufriedenstellenden Erhöhung des Wirkungsgrades. In diesen Fällen zeigten sich deutliche Unterschiede zwischen Imidazolinon-empfindlichen und -toleranten Rapsorten. Eine Reduktion der Sprossfrischmasse von > 90 % bei Imidazolinon-tolerantem Ausfallraps wurde durch Herbizidmischungen mit den Wirkstoffen Desmedipham, Phenmedipham, Ethofumesat, Chloridazon und Quinmerac erreicht. Die Ergebnisse zeigten, dass Triflursulfuron für die Erfassung von Imidazolinon-tolerantem Ausfallraps wenig geeignet ist, alternative Wirkstoffe jedoch vorhanden sind. Generell muss dem Ausfallrapsmanagement bei Anbau von Imidazolinon-tolerantem Raps über die gesamte Fruchtfolge hinweg eine hohe Aufmerksamkeit geschenkt werden, beginnend mit einer geeigneten Bodenbearbeitung nach der Rapsernte, gefolgt von einer effektiven chemischen Kontrolle mit einer Kombination der Wirkstoffe Metamitron, Phenmedipham, Desmedipham, Ethofumesat und Lenaciel in nachgebauten Zuckerrüben.

Stichwörter: Ausfallrapsmanagement, Clearfield®, Fruchtfolge, Herbizidtoleranz, Imidazolinone, Triflursulfuron, Winterraps

Summary

Due to a higher proportion of oilseed rape (*Brassica napus*) in sugar beet rotations, volunteer oilseed rape can occur in increased numbers in subsequent crops. The sulfonylurea triflursulfuron is widely used for broad-leaved weed control in sugar beet, but may no longer be effective to control imidazolinone-tolerant volunteers when imidazolinone-tolerant oilseed rape is grown, which is due to a cross-tolerance to ALS-inhibiting herbicides. Aim of the study was to evaluate six different herbicide strategies for the control of tolerant volunteer oilseed rape. As a result, imidazolinone-tolerant oilseed rape showed a distinctive cross-resistance to triflursulfuron in the field. Mean herbicide efficacy was 14 % and was only slightly increased by combination with metamitron. Imidazolinone-susceptible and -tolerant oilseed rape varieties showed different response to the herbicide treatments. A significantly higher reduction of plant fresh mass (shoot) > 90 % was caused by herbicide treatments that included the active ingredients desmedipham, phenmedipham, ethofumesate, chloridazon and quinmerac. The results showed that triflursulfuron is no longer suitable to control volunteers if they are derived from imidazolinone-tolerance expressing varieties. However, alternative herbicides are available. Generally, increased attention has to be paid to volunteer management within the whole crop rotation if imidazolinone-tolerant oilseed rape is grown. Appropriate tillage strategies after oilseed rape harvest have to be followed by effective herbicide treatments in the subsequent sugar beet, for example a mixture of metamitron, phenmedipham, desmedipham, ethofumesat and lenaciel.

Keywords: Clearfield®, crop rotation, herbicide tolerance, imidazolinones, oilseed rape, triflursulfuron, volunteer management

1. Einleitung

Zuckerrüben (*Beta vulgaris* L.) werden weltweit mit einer Fläche von ca. 7 Mio. ha angebaut. Die gesamte Zuckerproduktion liegt bei 140 Mio. t jährlich, wobei ein Viertel durch den Anbau der Zuckerrübe bereitgestellt wird (DRAYCOTT, 2006). Um den Ertrag zu optimieren, müssen negative Einflussfaktoren minimiert werden. Ein wichtiger Schadfaktor ist die Unkrautflora innerhalb des Bestandes. Von den weltweit ca. 250 wichtigen Unkrautarten können ungefähr 60 % in den Hauptanbaugebieten der Zuckerrübe gefunden werden (MAY und WILSON, 2006). Bei mangelnder Kontrolle konkurrieren Unkräuter mit der Kulturpflanze um limitierende Umweltressourcen wie Licht, Wasser, Nährstoffen und andere Wachstumsfaktoren (FROUD-WILLIAMS, 2002). Folge dieser Konkurrenz können z.B. Ertrags- und Qualitätsverlust sowie ein Verlust an Produktivität durch erhöhten Produktionsaufwand sein (CHANDLER, 1981). Neben der Möglichkeit zur mechanischen Unkrautkontrolle hat vor allem die chemische Kontrolle durch Herbizide eine sehr große Bedeutung. Unkräuter, die innerhalb von acht Wochen nach der Saat der Zuckerrüben auflaufen, können einen Ertragsverlust zwischen 26 und 100 % verursachen, wenn sie nicht kontrolliert werden (SCHWEIZER und DEXTER, 1987). Um eine negative Ertragswirkung ausschließen zu können, sollte eine Unkrautbekämpfung daher im frühen Nachauflauf erfolgen.

Auch einige Nutzpflanzen, z.B. Raps (*Brassica napus*), zählen zu den weltweit wichtigen Unkräutern (HOLM et al., 1977), da sie als Ausfallpflanzen in nachgebauten Kulturen auftreten können. Vor allem die Rapserte birgt ein sehr hohes Potential für den Eintrag von Ausfallsamen in den Ackerboden. Abhängig von Witterungseinflüssen vor der Ernte und Samenverlusten beim Drusch können sich Ernteverluste im Mittel auf rund 3500 Samen/m² belaufen (GRUBER et al., 2004; LUTMAN et al., 2005), wobei die Spanne bei 2000 bis 12000 Samen/m² liegt. Aus diesen Samen können dann Ausfallrapspflanzen auflaufen. Es ist bekannt das Rapssamen im Boden lange überlebensfähig sind (LUTMAN et al., 2003) und somit ein stetes Auflaufen von Ausfallraps innerhalb der Fruchtfolge möglich ist.

Bedingt durch einen steigenden Anteil von Raps in Zuckerrübenfruchtfolgen wird auch das Auftreten von Ausfallraps in Zuckerrüben zunehmen. Nicht kontrollierter Ausfallraps kann durchaus ertragsrelevant sein. STEFANOVSKA und PIDLISNYUK (2009) haben außerdem gezeigt, dass der Rübennematode *Heterodera schachtii* in Raps-Rüben Fruchtfolgen einen starken Populationsanstieg bei dem Vorhandensein von Ausfallraps zeigt und so die Rüben signifikant schädigen kann. Auch der Erreger der Kohlhernie (*Plasmodiophora brassicae*) kann Ausfallraps als potentiellen Zwischenwirt nutzen, um sich langfristig zu etablieren. Daher ist eine frühzeitige und effektive Beseitigung von Ausfallraps in allen Fruchtfolgegliedern aus phytosanitären Gesichtspunkten notwendig.

Der Sulfonylharnstoff Triflursulfuron ist seit Mitte der Neunziger Jahre in Zuckerrüben zugelassen und wird als selektives Nachauflaufferbizid zur Kontrolle dikotyler Unkräuter eingesetzt (WITTENBACH et al., 1994). Als Mischungspartner erfasst der Wirkstoff auftretenden Ausfallraps bisher zuverlässig. In naher Zukunft soll das Clearfield® Produktionssystem, bestehend aus Imidazolinon-toleranten Winterrapsorten und Komplementärherbiziden mit dem Wirkstoff Imazamox eingeführt werden (BREMER, 2011). Der Toleranz liegen zwei Punktmutationen in der Acetolactatsynthase (ALS) zugrunde. Dieses Enzym ist Zielort aller ALS-Inhibitoren, zu denen auch die Imidazolinone gehören. Das Auftreten von Imidazolinon-tolerantem Ausfallraps als Unkraut in Zuckerrüben könnte konsequenterweise einen Einfluss auf die Herbizidauswahl haben. Hohe Wirkungsgrade von Triflursulfuron gegen Ausfallraps werden postuliert, eine Erfassung Imidazolinon-toleranter Pflanzen wird jedoch aufgrund der Kreuzresistenz nicht möglich sein. Ziel der Untersuchung war es daher, eine Minderwirkung von Triflursulfuron gegen Imidazolinon-toleranten Ausfallraps zu verifizieren und eine alternative Herbizidstrategie zur Ausfallrapskontrolle in Zuckerrüben zu entwickeln.

2. Material und Methoden

Ein Feldversuch zur Ausfallrapskontrolle in Zuckerrüben wurde dreijährig auf Praxisflächen (Bingen, 89 m ü.N.N., Durchschnittstemperatur: 9,9°C, durchschnittlicher Niederschlag: 548 mm, Bodenart: sL) des landwirtschaftlichen Versuchsbetriebs der Fachhochschule Bingen durchgeführt. Die

Zuckerrübensaat wurde mit einem Einzelkornsäuger mit einer Saattiefe von 3 cm und einem Reihenabstand von 50 cm vorgenommen. Vorfrucht vor Zuckerrüben war Wintergerste im ersten Versuchsjahr (2008) und Winterweizen in den Jahren 2009 und 2010, wobei die Bodenbearbeitung ausschließlich pfluglos durchgeführt wurde. Die Saattermine der Zuckerrüben waren 4. April 2009 (Sorte 'KWS 513-1' und 'KWS 681-3'), 25. März 2010 (Sorte 'Sporta') und 25. März 2011 (Sorte 'Sporta'). Die Parzellen hatten eine Größe von 2 m x 8 m und waren in einer randomisierten Spaltenanlage mit vier Wiederholungen angeordnet. In den Versuchsjahren 2009 und 2010 wurden je zwei Sorten von Imidazolinon-empfindlichem bzw. -tolerantem Ausfallraps mit einer Parzellensämaschine Hege 140 (Doppelscheibenschar) direkt in die Parzellen eingesät (Tab. 1). Die Saattiefe betrug 100 Körner/m² mit einem Reihenabstand von 12,5 cm. Um eine heterogene Keimung des Ausfallrapses zu evozieren, wurden die Säschare alternierend auf 3 bzw. 6 cm eingestellt. Um das Auflaufverhalten weiter zu modifizieren, wurden die Rapsamen der Sorten im Versuchsjahr 2011 nicht gesät, sondern kurz vor der Saat per Hand großflächig auf das Feld gestreut (Menge entsprach 1,5 % Ernteverlust bei einem Ertrag von 45 dt/ha). Am darauffolgenden Tag wurden die Samen mit einem Schwergrubber bis zu 15 cm tief in den Boden eingearbeitet.

Tab. 1 Verwendete Rapsorten (Imidazolinon-tolerant oder -empfindlich) in Versuchen zur chemischen Ausfallrapskontrolle in den Jahren 2009-2011.

Tab. 1 *Oilseed rape varieties (tolerant and non-tolerant to imidazolinones) used in field trials with different herbicide applications in the years 2009-2011.*

Versuchsjahr	Imidazolinon-empfindliche Rapsorten	Imidazolinon-tolerante Rapsorten
2009	NK-Fair	PS22-1A
2010	Visby	CL_OSR_0004
2011	Sortengemisch	CL_OSR_0004

Die Imidazolinon-toleranten Rapsorten waren homozygot für das Merkmal Herbizidtoleranz und wurden von der BASF SE Limburgerhof zur Verfügung gestellt. Als Prüffaktor wurden nicht die einzelnen Rapsorten, sondern ausschließlich die, für die Versuchsfrage ausschlaggebende, Eigenschaft Imidazolinontoleranz/Imidazolinonempfindlichkeit angesehen (zwei Prüfstufen). Insgesamt wurden sechs verschiedene Herbizidstrategien angewendet (sechs Prüfstufen; Tab. 2), wobei zu Tankmischungen, die das Herbizid Debut enthielten, 0,25 l/ha des Adjuvants Trend 90 gegeben wurde. Goltix SC und Rebell wurden in den Versuchsjahren 2010 und 2011 durch die entsprechenden Produkte Goltix Gold bzw. Rebell Ultra ersetzt. Die Applikation der Herbizide erfolgte mit einer Parzellenspritze 'Agrotop' (Airmix 110-025 Flachstrahldüse) mit einem Druck von 210 kPa, einer Wassermenge von 200 l/ha und einer Geschwindigkeit von 4,5 km/h. Jede Herbizidvariante wurde im Splittingverfahren in BBCH 10, 12-14 und 16-18 der Zuckerrüben durchgeführt. Die Herbizidwirkung wurde anhand der Ernte des Ausfallrapses und anschließender Frischmassebestimmung in einem Zeitraum von 3 bis 4 Wochen nach der Abschluss-spritzung ermittelt. Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit SigmaPlot 11.0 (Sysstat Software, Inc). Die Daten wurden auf Normalverteilung (Shapiro-Wilk-Test) und Varianzhomogenität geprüft und gegebenenfalls Wurzel-transformiert, um diese Bedingungen zu erreichen. Da die mittlere Frischmasse unbehandelter Pflanzen in den drei Versuchsjahren stark variierte, wurden für eine weitere Auswertung die Frischmassedaten in Relativzahlen umgewandelt und mittels Varianzanalyse (ANOVA) ausgewertet. Multiple Mittelwertvergleiche wurden unter Verwendung von Tukey's Honestly Significant Difference (HSD) bei $\alpha = 0,05$ durchgeführt. Varianten innerhalb einer Rapsorte sind durch unterschiedliche Klein- und Großbuchstaben gekennzeichnet. Unterschiede in der Frischmasse der Rapsgenotypen einer Herbizidbehandlung wurden mit einem T-Test ($\alpha = 0,05$) überprüft.

Tab. 2 Herbizidvarianten zur Kontrolle von Imidazolinon-empfindlichem und -tolerantem Ausfallraps in Zuckerrüben in Feldversuchen in den Jahren 2009-2011.

Tab. 2 *Herbicide treatments to control imidazolinone-susceptible and -tolerant volunteer oilseed rape in sugar beet in field trials in the years 2009-2011.*

VG	Produktname	Wirkstoff	Produktaufwandmenge [kg oder l/ha]		
			NAK 1	NAK 2	NAK 3
1	Unbehandelt	-	-	-	-
2	Debut	Triflursulfuron*	0,025	0,025	0,025
3	Goltix SC/Gold	Metamitron	2,0	1,5	1,5
4	Goltix SC/Gold	Metamitron	0,8	1,0	1,0
	Betanal Expert	Phen- u. Desmedipham/Ethofumesat	0,8	1,0	1,0
	Rebell/Rebell Ultra	Chloridazon/Quinmerac	0,8	1,0	1,0
5	Goltix SC/Gold	Metamitron	1,5	1,25	1,25
	Debut	Triflursulfuron*	0,02	0,02	0,02
6	Goltix SC/Gold	Metamitron	1,0	1,0	1,0
	Debut	Triflursulfuron*	0,025	0,025	0,025
	Betanal Expert	Phen- u. Desmedipham/Ethofumesat	1,0	1,0	1,0
	Venzar 500 SC	Lenacil	0,1	0,2	0,3

NAK = Nachauflauf Kultur; *gleicher Wirkungsmechanismus wie Imidazolinone

3. Ergebnisse

Durch die Einsaat der Rapsamen in den Versuchsjahren 2009 und 2010 konnte in den unbehandelten Kontrollparzellen der Zuckerrüben eine mittlere Ausfallrapsdichte von 73 bis zu 94 Pflanzen/m² erreicht werden (Daten nicht gezeigt). Dies wurde durch das Einstreuen der Samen im letzten Versuchsjahr auf bis zu 953 Pflanzen/m² erheblich gesteigert. Aufgrund der unterschiedlichen Rapsorten und Witterungsverhältnisse während der Versuchsperioden zeigte sich eine große Variation innerhalb der gemessenen Rapsfrischmasse. War die Pflanzenmasse unbehandelter Ausfallrapspflanzen im ersten Versuchsjahr sehr hoch mit 41,6 (empfindliche Sorte) bzw. 60,4 g/Pflanze (tolerante Sorte), wurden im Vergleich dazu im letzten Versuchsjahr mittlere Gewichte von 6,6 bzw. 6,3 g/Pflanze ermittelt.

Alle Herbizidbehandlungen konnten die Frischmasse Imidazolinon-empfindlicher Ausfallrapspflanzen im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle signifikant reduzieren (Abb. 1). Zwischen den einzelnen Herbizidvarianten gab es deutliche Abstufungen. War eine alleinige Applikation des Herbizids Goltix SC/Goltix Gold (Metamitron) wenig erfolgreich, konnte die Wirkung durch Mischung mit Debut (Triflursulfuron) im Mittel um 40 % gesteigert werden. Den höchsten Wirkungsgrad erzielte die Herbizidmischung GBDTV (Variante Nr. 6) unter Zugabe eines Additivs mit einer Frischmassereduktion von fast 98 %.

Auch beim Imidazolinon-toleranten Ausfallrapses zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen den Behandlungen (Abb. 2). Bei Soloapplikation von Debut konnte die Frischmasse im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle nur marginal reduziert werden, die Kombination mit Metamitron erreichte nur einen Wirkungsgrad von 65 %. Auch hier zeigte die Herbizidmischung GBDTV die stabilste und höchste Wirkung. Eine signifikant geringere Wirkung gegen die Imidazolinon-toleranten Sorten, im Vergleich zu den empfindlichen Sorten, ergab sich für die Herbizidbehandlungen Debut und Debut + Goltix.

Ausfallrapspflanzen, die nach der Herbizidapplikation nicht vollständig abstarben, sondern einzig Symptome wie Chlorosen, Wuchsstagnation oder leichte Blattverformungen zeigten, wiesen ein hohes Regenerationspotential während der Vegetationsperiode auf. Die Pflanzen waren oftmals in

der Lage, die Wuchsdepression durch die Herbizidbehandlung im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle aufzuholen, in die Blühphase überzugehen und reife, keimfähige Samen auszubilden.

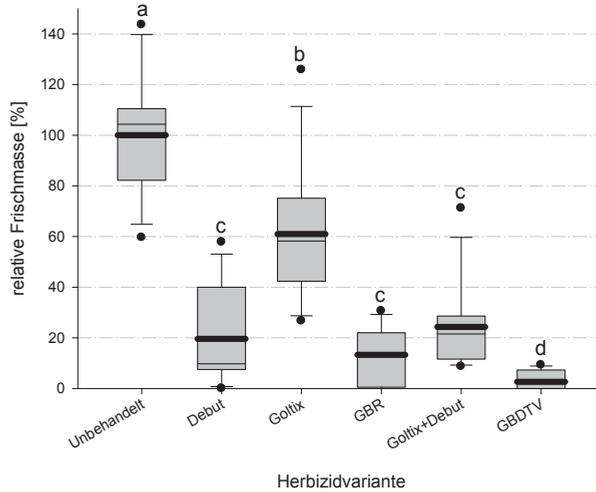


Abb. 1 Frischmassereduktion bei Imidazolinon-empfindlichem Ausfallraps in Abhängigkeit der Herbizidbehandlung (Praxisflächen am Standort Bingen 2009-2011). 100 % entspricht dem Mittelwert der unbehandelten Kontrolle. Werte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant bei $p \leq 0,05$.

Fig. 1 Reduction in fresh mass (shoot) of imidazolinone-susceptible volunteer oilseed rape depending on the herbicide treatment (location Bingen 2009-2011). 100 % equals mean fresh mass (shoot) of untreated plants. Significant differences at $p \leq 0.05$ are indicated using small letters.

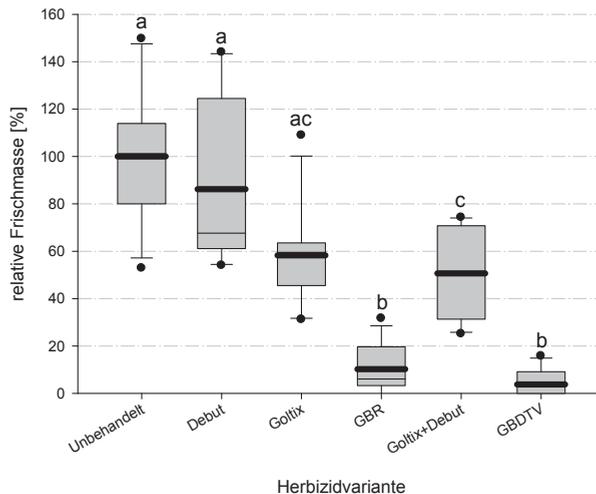


Abb. 2 Frischmassereduktion bei Imidazolinon-tolerantem Ausfallraps in Abhängigkeit der Herbizidbehandlung (Praxisflächen am Standort Bingen 2009-2011). 100 % entspricht dem Mittelwert der unbehandelten Kontrolle. Werte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant bei $p \leq 0,05$.

Fig. 2 Reduction in fresh mass (shoot) of imidazolinone-tolerant volunteer oilseed rape depending on the herbicide treatment (location Bingen 2009-2011). 100 % equals mean fresh mass (shoot) of untreated plants. Significant differences at $p \leq 0.05$ are indicated using small letters.

4. Diskussion

Der Wirkstoff Triflusalufuron ist charakterisiert durch eine hohe Kulturpflanzenverträglichkeit und ein breites Wirkungsspektrum gegen dikotyle Unkräuter. Auch Ausfallraps wird in der Regel gut erfasst. Die Wirkungssicherheit von Sulfonharnstoffen wie Triflusalufuron kann aber stark witterungsabhängig sein, bei ungünstigen Bedingungen können auch gegen sensitive Unkräuter Minderwirkungen auftreten. Eine schnelle und effektive Aufnahme herbizider Wirkstoffe über das Blatt wird von vielen Umweltfaktoren, wie z.B. der Luftfeuchtigkeit, beeinflusst. Diesen Zusammenhang zeigten auch Versuchsergebnisse von KUDSK et al. (1990). Dort konnte die Wirkung des Sulfonharnstoffes Thiameturon-Methyl durch Erhöhung der Luftfeuchtigkeit gesteigert werden.

In eigenen Dosis-Wirkungs-Studien im Gewächshaus wurde eine deutlich ausgeprägte Kreuzresistenz von imidazolinon-tolerantem Raps gegenüber Triflusalufuron nachgewiesen (Daten nicht gezeigt) und durch die vorliegenden Ergebnisse auch im Feld bestätigt. Daraus lässt sich ableiten, das Triflusalufuron als Mischungskomponente nicht mehr uneingeschränkt zur Erfassung des Ausfallrapses geeignet ist, wenn Clearfield®-Sorten mit Imidazolinon-Toleranz in die Fruchtfolge integriert werden. Die ohnehin schwierige Durchwuchsrapsbekämpfung in Zuckerrüben wird bei Auftreten Imidazolinon-toleranter Rapspflanzen konsequenterweise verschärft. Die Hauptlast der Bekämpfung liegt dann auf Metamitron (Goltix)-haltigen Mischungen. Die Integration von Raps im Allgemeinen und Imidazolinon-tolerantem Raps im Speziellen in Rübenfruchtfolgen muss daher ab gewägt werden. Sollte eine Integration erfolgen, sind alternative Herbizide aus anderen Wirkstoffklassen vermutlich nicht von der Imidazolinon-Toleranz betroffen. Hohe Wirkungsgrade nach Applikation von Mischungen mit Metamitron, Phenmedipham, Desmedipham und Ethofumesat haben dies gezeigt. Eine vergleichbare Sensitivität Imidazolinon-toleranter und -empfindlicher Rapspflanzen gegen den Wirkstoff Metribuzin wurde nachgewiesen (BECKIE et al., 2004).

Dennoch können Wirkungsgrade bei schlechten Applikationsbedingungen wie z.B. Trockenheit abfallen und zu einem höheren Bekämpfungsaufwand führen (zusätzliche Überfahrten). Bei Herbizidempfehlungen zur Bekämpfung Imidazolinon-toleranter Ausfallrapses sollte auf die Applikation vergleichsweise hoher Aufwandmengen, die Wahl des optimalen Applikationszeitpunktes und den Zusatz von Additiven verwiesen werden. Der wirkungssteigernde Effekt von Zusatzstoffen ist mehrfach gezeigt worden (ZABKIEWICZ, 2000). In jedem Fall sind Wirkungsgrade >95 % anzustreben. Das hohe Regenerationspotential überlebender Ausfallrapspflanzen und die Möglichkeit zur Blüten- und Samenbildung würden bei zu geringen Wirkungsgraden zur Überdauerung dieses Genotyps auf der Fläche führen.

Die genetische Grundlage der Herbizidtoleranz in Imidazolinon-toleranten Winterrapsorten stammt aus den Imidazolinon-toleranten kanadischen Sommerrapslinien PM1 und PM2 (SWANSON et al., 1989). Eigentlich benötigt Winterraps eine Zeitspanne von ca. drei Wochen mit Temperaturen von 2-4 °C für die Induktion der Blüte (MAKOWSKI, 2000). Dies dürfte durch vereinzelte Spätfröste jedoch nicht ausreichend gewährleistet sein. Trotzdem wurden am Ende der Versuchsperioden reife Samen an Rapspflanzen beobachtet. Auch in anderen Studien wurde eine späte Rapsblüte mit anschließender Samenbildung beobachtet (GRUBER et al., 2005). Es kann vermutet werden, dass die Einkreuzung genetischer Merkmale aus Sommer- in Winterrapsorten einen Einfluss auch auf das Vernalisationsbedürfnis der Pflanze hat.

Generell muss dem Ausfallrapsmanagement bei Anbau von Imidazolinon-tolerantem Raps über die gesamte Fruchtfolge hinweg eine hohe Aufmerksamkeit geschenkt werden. Beginnend mit einer angepassten Bodenbearbeitung nach der Rapsernte, die, wenn überhaupt, flach und zeitverzögert durchgeführt werden sollte (PEKRUN et al., 1998, GRUBER et al., 2010), gefolgt von einer effektiven chemischen Kontrolle in allen Fruchtfolgegliedern.

Danksagung

Der Dank der Autoren gilt den Projektpartnern der BASF SE Agrar (Limburgerhof) für die finanzielle und technische Unterstützung des Versuchsvorhabens und im speziellen Herrn Harald Daiksel für die tatkräftige Unterstützung während der praktischen Versuchsdurchführung.

Literatur

- BECKIE, H.J., G. SEGIUN-SWARTZ, H. NAIR, S.I. WARWICK UND E. JOHNSON, 2004: MULTIPLE HERBICIDE-RESISTANT CANOLA CAN BE CONTROLLED BY ALTERNATIVE HERBICIDES. *WEED SCIENCE* **52**, 152-157.
- BREMER, H., 2011: THE CLEARFIELD® PRODUCTION SYSTEM IN OILSEED RAPE – A NEW HERBICIDE GENERATION IN OILSEED RAPE IN EUROPE. PROCEEDINGS OF THE 13TH INTERNATIONAL RAPESEED CONGRESS, ABSTRACT BOOK, P. 61.
- CHANDLER, J.M., 1981: ESTIMATED LOSSES OF CROPS TO WEEDS. IN: HANSON, A.A. (ED.), 1981: CRC HANDBOOK OF PEST MANAGEMENT IN AGRICULTURE (VOLUME 1), PP. 95-109. CRC PRESS INC., BOCA RATON.
- DRAYCOTT, A.P., 2006: INTRODUCTION. IN: DRAYCOTT, A.P. (ED.), 2006: WORLD AGRICULTURAL SERIES: SUGAR BEET, PP. 1-8. BLACKWELL PUBLISHING LTD, OXFORD.
- FROUD-WILLIAMS, R.J., 2002: WEED COMPETITION. IN: NAYLOR, R.E.L. (ED.), 2002: WEED MANAGEMENT HANDBOOK, PP. 16-38. BLACKWELL PUBLISHING LTD, OXFORD.
- GRUBER, S., C. PEKRUN UND W. CLAUPEIN, 2004: REDUCING OILSEED RAPE (*BRASSICA NAPUS*) VOLUNTEERS BY SELECTING GENOTYPES WITH LOW SEED PERSISTENCE. *JOURNAL OF PLANT DISEASES AND PROTECTION SPECIAL ISSUE XIX*, 151-159.
- GRUBER, S., C. PEKRUN UND W. CLAUPEIN, 2005: LIFE CYCLE AND POTENTIAL GENE FLOW OF VOLUNTEER OILSEED RAPE IN DIFFERENT TILLAGE SYSTEMS. *WEED RESEARCH* **45**, 83-93.
- GRUBER, S., A. BÜHLER, J. MÖHRING UND W. CLAUPEIN, 2010: SLEEPERS IN THE SOIL – VERTICAL DISTRIBUTION AND LONG-TERM SURVIVAL OF OILSEED RAPESEEDS COMPARED WITH PLASTIC PELLETS. *EUROPEAN JOURNAL OF AGRONOMY* **33**, 81-88.
- HOLM, L.G., D. PLUCKNETT, J. PANCHO UND J. HERBERGER, 1977: THE WORLD'S WORST WEEDS. UNIVERSITY PRESS OF HAWAII, HONOLULU.
- KUDSK, P., T. OLESEN UND E. THONKE, 1990: THE INFLUENCE OF TEMPERATURE, HUMIDITY AND SIMULATED RAIN ON THE PERFORMANCE OF THIAMETURON-METHYL. *WEED RESEARCH* **30**, 261-269.
- LUTMAN P.J.W., FREEMAN S.E. UND PEKRUN C., 2003: THE LONG-TERM PERSISTENCE OF SEED OF OILSEED RAPE (*BRASSICA NAPUS*) IN ARABLE FIELDS. *JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCE* **140**, 230-240.
- LUTMAN P.J.W., K. BERRY, R.W. PAYNE, E. SIMPSON, J.B. SWEET, G.T. CHAMPION, M.J. MAY, P. WIGHTMAN, K. WALKER UND M. LAINSBURY, 2005: PERSISTENCE OF SEEDS FROM CROPS OF CONVENTIONAL AND HERBICIDE TOLERANT OILSEED RAPE (*BRASSICA NAPUS*). *PROCEEDINGS OF THE ROYAL SOCIETY BIOLOGICAL SCIENCES* **272**, 1909-1915.
- MAKOWSKI, N. 2000: ÖLFRÜCHTE. IN: LÜTKE-ENTRUP, N UND J. OEHMICHEN (EDS.), 2000: LEHRBUCH DES PFLANZENBAUES, BAND 2: KULTURPFLANZEN, PP.513-552. VERLAG TH. MANN.
- MAY, J.M. UND R.G.WILSON, 2006: WEEDS AND WEED CONTROL. IN: DRAYCOTT, A.P. (ED.), 2006: WORLD AGRICULTURAL SERIES: SUGAR BEET, PP. 359-383. BLACKWELL PUBLISHING LTD, OXFORD.
- PEKRUN C., P.J.W. LUTMAN UND K. BAEUMER, 1998: RESEARCH ON VOLUNTEER RAPE: A REVIEW. *PFLANZENBAUWISSENSCHAFTEN* **2**, 84-90.
- PEKRUN C., J.D.J. HEWITT UND P.J.W. LUTMAN, 1998: CULTURAL CONTROL OF VOLUNTEER OILSEED RAPE (*BRASSICA NAPUS*). *JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCE* **130**, 155-163.
- SCHWEIZER, E.E. UND A.G. DEXTER, 1987: WEED CONTROL IN SUGARBEETS (*BETA VULGARIS*) IN NORTH AMERICA. *REVIEWS OF WEED SCIENCE* **3**, 1133.
- STEFANOVSKA T. UND V. PIDLISNYUK, 2009: CHALLENGES TO GROW OILSEED RAPE (*BRASSICA NAPUS*) IN SUGAR BEET ROTATIONS. *COMMUNICATIONS IN AGRICULTURAL AND APPLIED BIOLOGICAL SCIENCES* **74**, 573-579.
- SWANSON, E.B., M.J. HERRGESELL, M. ARNOLDO, D.W. SIPPELL UND R.S.C. WONG, 1989: MICROSPORE MUTAGENESIS AND SELECTION: CANOLA PLANTS WITH FIELD TOLERANCE TO THE IMIDAZOLINONES. *THEORETICAL AND APPLIED GENETICS* **78**, 525-530.
- WITTENBACH, V.A., M.K. KOEPE, F.T. LICHTNER, W.T. ZIMMERMAN UND R.W. REISER, 1994: BASIS OF SELECTIVITY OF TRIFLUSULFURON-METHYL IN SUGAR BEETS (*BETA VULGARIS*). *PESTICIDE BIOCHEMISTRY AND PHYSIOLOGY* **49**, 72-81.
- ZABKIEWICZ, J.A., 2000: ADJUVANTS AND HERBICIDAL EFFICACY – PRESENT STATUS AND FUTURE PROSPECTS. *WEED RESEARCH* **40**, 139-149.