

Selektivität von Herbiziden in Leindotter (*Camelina sativa* (L.) Crtz.)

Selectivity of herbicides in Camelina (Camelina sativa (L.) Crtz.)

Maria Scheliga*, Jan Petersen

Fachhochschule Bingen, Fachbereich Life Science and Engineering,
Fachrichtung Agrarwirtschaft, Berlinstraße 109, 55411 Bingen am Rhein
*Korrespondierende Autorin, m.scheliga@fh-bingen.de



DOI 10.5073/jka.2016.452.020

Zusammenfassung

Leindotter (*Camelina sativa* (L.) Crtz.) gehört zur Familie der Brassicaceae. Als Ölpflanze wird Leindotter hauptsächlich zur Ölgewinnung angebaut. Nach den 1960er Jahren hat der Anbau jedoch an Bedeutung verloren. Erst in den letzten Jahren wurde das Interesse an dieser Kultur bei der Suche nach neuen Quellen für OMEGA-3 Fettsäuren, natürlichen Antioxidantien und einer potentiellen Kulturpflanze zur Herstellung von Biokraftstoffen geweckt. Der Einsatz von Leindotteröl für verschiedene Zwecke im Rahmen der stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe, ist vor allem aufgrund der hohen Anteile von Linol- und Linolensäure interessant.

Für die Etablierung des Leindotters als Kulturpflanze in landwirtschaftlichen Fruchtfolgen darf trotz der recht guten Konkurrenzkraft gegenüber Unkräutern die Unkrautbekämpfung nicht außer Acht gelassen werden. Auf der Grundlage von Gewächshausversuchen wurde 2015 ein Feldversuch mit unterschiedlichen Herbizidstrategien durchgeführt. Neben Butisan Top (Metazachlor + Quinmerac), Devrinol FL (Napropamid) und Stomp Aqua (Pendimethalin) wurde auch Betasana SC (Phenmedipham) in verschiedenen Aufwandmengen und Kombinationen getestet. Anhand von Bonituren zur Unkrautdichte und zur Herbizidverträglichkeit der Kulturpflanze wurden die verschiedenen Herbizidstrategien mit einander verglichen. Einen Kompromiss aus ausreichender herbizider Wirkung und einer geringen Schädigung für die Kulturpflanze zu finden ist schwer. Die Herbizidwahl, die Aufwandmenge und die Kombination verschiedener Herbizide haben Auswirkungen auf die Kulturpflanze. Um die erhobenen Daten zu bestätigen sind weitere Versuche nötig.

Stichwörter: Herbizidstrategie, Herbizidverträglichkeit, Metazachlor, Ölpflanze

Abstract

Camelina (*Camelina sativa* (L.) Crtz.) is a cruciferous plant. As an oilseed crop camelina is mainly grown for oil production. After the 1960s, however, the cultivation has become less important. Only in recent years, interest in this culture was awakened in the search for new sources of omega 3 fatty acids, natural antioxidants and a potential crop for the production of biofuels. The use of camelina oil for different purposes within the framework of the material use of renewable raw materials is of particular interest due to the high levels of linoleic and linolenic acid.

For the establishment of camelina as a crop in agricultural crop rotation systems weed control should not be disregarded despite the rather good competitive ability against weeds. Based on greenhouse experiments a field trial in 2015 with different herbicide strategies was carried out. Besides Butisan Top (metazachlor + quinmerac), Devrinol FL (napropamide) and Stomp Aqua (pendimethalin) and also Betasana SC (phenmedipham) has been tested in various amounts and combinations. Using assessments to weed density and herbicide tolerance different herbicide strategies were compared with each other. Though, it is difficult to find a compromise between satisfactory herbicidal effect and a slight injury to the crop plant. The herbicide selection, the application rate and the combination of different herbicides have an effect on the crop. To confirm the data obtained further tests are necessary.

Keywords: Herbicide strategy, herbicide selectivity, metazachlor, oilseed crop

Einleitung

Mit dem Ziel umweltschonende Produkte herzustellen, stehen derzeit vor allem nachwachsende Rohstoffe im Mittelpunkt von Forschung und Entwicklung. Dabei sind vor allem Pflanzen bzw. Kulturen mit hohem Ertrag an nutzbaren Inhaltsstoffen und einer möglichst vollständigen Verwertbarkeit der Rest- und Nebenprodukte gefragt. Daher ist das Interesse an Leindotter

(*Camelina sativa* (L.) Crtz.) als ölliefernde Kultur in den letzten Jahren gestiegen (MARTINELLI und GALASSO, 2011).

Leindotter ist eine einjährige Pflanze und gehört zur Familie der Brassicaceae. Archäologische Funde aus der Bronzezeit (1800 - 800 v.Chr.) deuten darauf hin, dass der Leindotter in dieser Zeit erstmals als Nahrungsmittel verwendet wurde. Nach 300 n.Chr. ging der Leindotteranbau stark zurück und erst ab 1950 stieg das Interesse an der Kulturpflanze wieder. Ein Grund dafür ist neben dem hohen Gehalt (30-50 %) an ungesättigten Fettsäuren (RADATZ und HONDELMANN, 1981; SEEHUBER und DAMBROTH, 1984; KÖRBER-GROHNE, 1995; AGEGNEHU, 2000; ZUBR und MATTHÄUS, 2002), der unter anderem für die industrielle Verwertung von Bedeutung ist, die hohe Anspruchslosigkeit der Pflanze an extreme Klima- und Bodenbedingungen (KÖRBER-GROHNE, 1995). Dadurch ermöglicht sie den Anbau auch auf Standorten, die nicht oder nicht sehr gut für die Nahrungsmittelproduktion geeignet sind (KÖRBER-GROHNE, 1995). Auf Grund seiner geringen Ansprüche an Bodenverhältnisse, Wasserversorgung und der Toleranz von kurzfristigem Bodenfrost im Keimblattstadium sowie der kurzen Vegetationszeit besitzt Leindotter eine gute Eignung für den Anbau unter mitteleuropäischen Klimaverhältnissen (HEYLAND et al., 2006). Im Vergleich mit anderen Sommerölrüchten wie Sonnenblumen und Senf weist Leindotter zudem eine sehr hohe Ertragssicherheit auf (RÜTHER, 1957). Trotz der recht guten Konkurrenzkraft des Leindotters gegenüber Unkräutern (GRAF und VETTER, 1994) darf für die Etablierung des Leindotters als Kulturpflanze in landwirtschaftlichen Fruchtfolgen auch die Unkrautbekämpfung nicht außer Acht gelassen werden. Durch die Herbizidbehandlung ist eine Ertragssteigerung bzw. -sicherung aufgrund des dadurch verminderten Konkurrenzdruckes zu erwarten (PANNACCI und TEI, 2014).

Bislang ist nur ein Herbizid im deutschen Leindotteranbau amtlich genehmigt. In Gewächshaus- und Feldversuchen wurde daher nach potentiell geeigneten Herbiziden gesucht. Da Leindotter zur Familie der Kreuzblüter gehört, wurde in den Versuchen auf Wirkstoffe die hauptsächlich im Raps- und Zuckerrübenanbau Anwendung finden, zurückgegriffen. Ziel ist es eine optimale Unkrautbekämpfung ohne Schädigung der Kulturpflanze mit Hilfe eines Wirkstoffs oder einer Wirkstoffkombination zu erzielen, die zudem auch keine Auswirkungen auf die Ertragsparameter aufweist.

Material und Methoden

Gewächshausversuch

Unter Gewächshausbedingungen wurden je 30 Samen in 8 cm Jiffy-Pots® in gedämpftem Ackerboden (sandiger Lehm) angezogen. Dies entspricht einer Aussaatmenge von 600 Pflanzen/m². Die Bewässerung erfolgte nach Bedarf durch Anstauen von unten. Die Voraufbehandlung (VA) fand kurze Zeit nach der Aussaat in die Jiffy-Pots® statt. Zum Stadium BBCH 12-14 folgte die Nachaufbehandlung (NA). Appliziert wurde mit Hilfe einer Präzisions-Spritzkabine SprayLab SLG 220/140 001.45.11 der Firma Schachtner (Düsen TEE JET 9502EVS, Arbeitsdruck 2,5 bar, Wasservolumen 250 l/ha, Geschwindigkeit 2 km/h). In Tabelle 1 sind die applizierten Herbizide und deren Aufwandmenge dargestellt.

Tab. 1 Eingesetzte Herbizide im Gewächshausversuch, Aufwandmengen und Applikationszeitpunkt (VA-Vorauflauf; NA-Nachauflauf zum BBCH 12-14).**Tab. 1** *Used herbicides, dose rates and application timings in greenhouse trial.*

Herbizid	Wirkstoffe	Aufwandmengen	
		[l/ha]	Termin
Butisan	500 g/l Metazachlor	1; 2	VA; NA
Butisan Gold	200 g/l Metazachlor, 100 g/l Quinmerac, 200 g/l Dimethenamid-P	1,25; 2,5	VA
Butisan Kombi	200 g/l Metazachlor, 200 g/l Dimethenamid-P	1,25; 2,5	VA
Butisan Top	375 g/l Metazachlor, 125 g/l Quinmerac	1; 2	VA
Centium CS	360 g/l Clomazone	0,165; 0,33	VA
Devrinol FL	450 g/l Napropamid	1,325; 2,75	VA
Devrinol FL +	450 g/l Napropamid	2,75	VA +
Kontakt 320 SC	320 g/l Phenmedipham	0,75	NA
+ Oleo	Paraffinöl	1	NA
Nimbus CS	250 g/l Metazachlor, 33,3 g/l Clomazone	1,5; 3	VA
InnoProtect Quantum	600 g/l Pethoxamid	1; 2	VA
Teridox	500 g/l Dimethachlor	1; 2	VA
Stomp Aqua	455 g/l Pendimethalin	1; 2	VA; NA
Effigo	67 g/l Picloram, 267 g/l Clopyralid	0,175; 0,35	NA
Kontakt 320 SC	320 g/l Phenmedipham	0,375; 0,75; 1,5	NA
+ Oleo	Paraffinöl	1	NA
Lentagran WP	450 g/kg Pyridat	1; 2	NA
Lontrel 720 SG	720 g/kg Clopyralid	1	NA
Runway	80 g/l Picloram, 240 g/l Clopyralid, 40 g/l Aminopyralid	0,1; 0,2	NA
Belvedere Extra	150 g/l Phenmedipham, 200 g/l Ethofumesat, 50 g/l Desmedipham	1,3	NA
+ Hasten	verestertes Pflanzenöl	0,5	NA

Die Bewertung erfolgte nach 25 (VA) bzw. 23 Tagen (NA) zum einen prozentual im Verhältnis zur unbehandelten Kontrolle und zum anderen durch die Gewichtserfassung der gebildeten Frischmasse.

Feldversuch

Im Frühjahr 2015 wurde am Standort Bingen ein Feldversuch zur Überprüfung der Wirksamkeit und Kulturverträglichkeit gestartet. Ziel der Gewächshausversuche war es, die Anzahl der im Feld zu prüfenden Herbizide auf die erfolgversprechenden Kandidaten zu reduzieren, um den Arbeitsaufwand zu begrenzen (Tab. 2). Der Versuch erfolgte als randomisierte Blockanlage mit vierfacher Wiederholung. Die Parzellengröße betrug insgesamt 20 m² (8 m x 2,50 m). Neben der Applikation vor der Aussaat und anschließender Einarbeitung, erfolgten Vorauflauf- und Nachauflaufapplikationen. Diese wurden mit einer handgeführten selbstfahrenden Pressluft-Parzellenspritze (Arbeitsdruck 2,1 bar, Wasseraufwand 200 l/ha, abdriftarme Düsen AI 110025, Geschwindigkeit 4,5 km/h) ausgebracht. Die Wirkungsbonitur im Hinblick auf die Verträglichkeit gegenüber der Kultur erfolgte in regelmäßigen Abständen. Die Bewertung erfolgte immer im Vergleich mit einer unbehandelten Kontrolle. Beerntet wurden die Versuchspartellen mit einem Partellenmährescher mit einer Schneidwerksbreite von 1,50 m (beerntete Partelle 12 m²).

Tab. 2 Eingesetzte Herbizide im Feldversuch, Aufwandmengen und Applikationszeitpunkt (VA-Vorauflauf; NA-Nachlauf zum BBCH 12-14; NAK-Nachlauf zum Keimblattstadium der Unkräuter).

Tab. 2 *Used herbicides, dose rates and application timings in field trial.*

VG	Herbizid	Wirkstoffe	Aufwandmenge [l/ha]	Termin
1-6	Butisan Top	375 g/l Metazachlor, 125 g/l Quinmerac	1; 2; 4	VA; NA
7			1,375 + 1,375	VSE + VA
8, 9	Devrinol FL	450 g/l Napropamid	2,75; 5,5	VSE
10-12			1,375; 2,75; 5,5	VA
13-18	Stomp Aqua	455 g/l Pendimethalin	1; 2; 4	VA; NA
19-21	Butisan Top (VA) + Stomp Aqua (NA)	4375 g/l Metazachlor, 125 g/l Quinmerac + 55 g/l Pendimethalin	1+1; 2+2; 4+4	VA+NA
22-24	Devrinol FL (VA) +	450 g/l Napropamid +	1,375+0,75; 2,75+0,75; 5,5+0,75;	VA+NAK1-2
25-27	Betasana SC (NA)	160 g/l Phenmedipham	1,375+1,25; 2,75+1,25; 5,5+1,25	
28, 29	Devrinol FL (VA) + Stomp Aqua (NA) + Betasana SC (NA)	450 g/l Napropamid + 455 g/l Pendimethalin + 160 g/l Phenmedipham	2,75+0,5+0,75; 2,75+1+1,25	VA+NAK1-2

Die statistische Auswertung aller Versuche wurde mit dem Statistikprogramm R (Version 3.1.3 (2015-03-09)) durchgeführt. Einer Winkeltransformation für die geschätzten Wirkungsgrade folgend, wurde eine einfaktorielle Varianzanalyse durchgeführt. Als Post-hoc Testverfahren zum Vergleich der Mittelwerte fand der Tukey-HSD Test Anwendung ($\alpha=0,05$).

Ergebnisse

Gewächshausversuche

In Abbildung 1 sind die Ergebnisse der Bonitur des Gesamtschadens der Vorauflauf-Behandlungen dargestellt. Deutlich wird hier, dass sich die Herbizide Butisan, Butisan Gold, Butisan Kombi und Butisan Top nicht signifikant von einander unterscheiden. Ebenso besteht auch kein signifikanter Unterschied zu Teridox. Durch den Einsatz von Nimbus wurden die Leindotterpflanzen zu 100 % geschädigt. Ähnliche Ergebnisse zeigen sich auch bei der Anwendung von Centium CS. Die geringsten Schäden wiesen die Behandlungen mit Devrinol FL (unter 10 %) und Stomp Aqua (unter 10 % bei empfohlener Aufwandmenge) auf. Diese Ergebnisse spiegeln sich ebenso in den Wiederholungsversuchen wieder (Ausnahme: Quantum zeigte deutlich größere Schäden in den folgenden Versuchen).

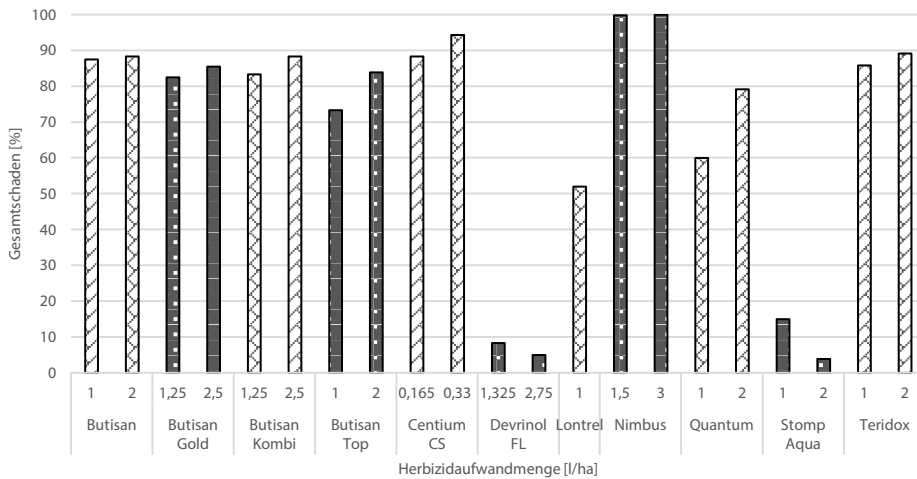


Abb. 1 Gesamtschaden ausgewählter Voraufbau-Behandlungen in Leindotter 25 Tage nach Applikation (Gewächshausversuch); unterschiedliche Kleinbuchstaben kennzeichnen statistisch signifikante Unterschiede.

Fig. 1 Total damage of selected pre-emergence treatments in *Camelina sativa* 25 days after application (greenhouse trial); different small letter show significant differences.

Bei den Behandlungen nach dem Auflaufen der Kultur, zeigte sich neben dem im Leindotter zugelassenen Butisan (unter 5 %) auch Stomp Aqua (keine Schäden) sehr verträglich (Abb. 2). Die Applikation von Effigo und Runway im Nachaufbau führte zum Einrollen der Laubblätter an den Leindotterpflanzen. Die Herbizide Lentagran und Belvedere + Hasten zeigten deutliche Wuchsminderungen und zum Teil welke Blätter.

In weiteren Versuchen wurde zusätzlich zu den bereits gezeigten Behandlungen das Herbizid Kontakt 320 SC getestet. Hier zeigten sich nur sehr geringe Wuchsminderungen. In Verbindung mit dem Additiv Oleo zeigten sich allerdings deutliche Welkeerscheinungen an den Blättern. Und auch das Herbizid Lontrel wies Schäden über 60 % auf.

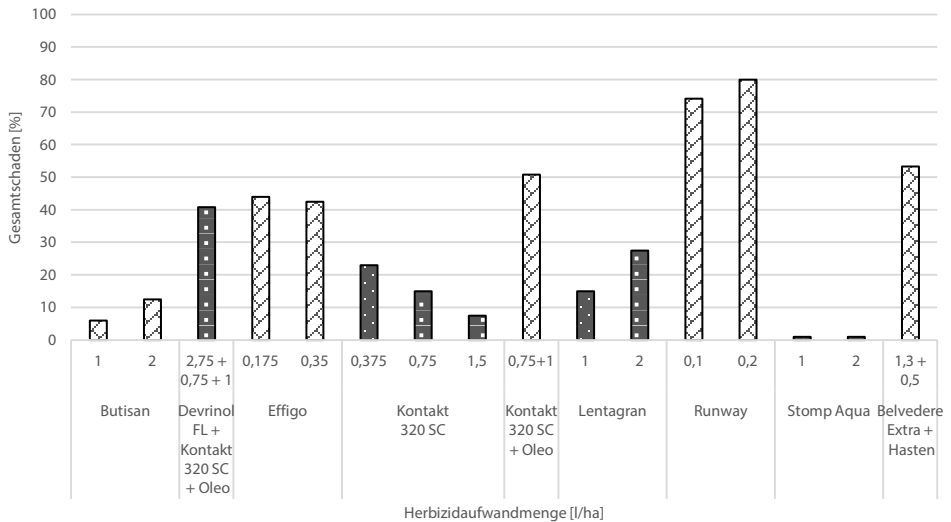


Abb. 2 Gesamtschaden ausgewählter Nachauflauf-Behandlungen 23 Tage nach der Applikation (Gewächshausversuch); unterschiedliche Kleinbuchstaben kennzeichnen statistisch signifikante Unterschiede.

Fig. 2 Total damage of selected postemergence treatments 23 days after application (greenhouse trial); different small letter show significant differences.

Feldversuch

Die Unkrautdichte lag in fast allen behandelten Parzellen und der unbehandelten Kontrolle (kurz vor der Ernte) unter 25 %. Die Parzellen der Variante Devrinol FL+ Betasana SC (5,5 + 1,25 l/ha) bildeten mit 35 % Unkrautdichte die Ausnahme. Die Verunkrautung bestand hauptsächlich aus Weißen Gänsefuß und Schwarzen Nachtschatten. Über alle Behandlungen hinweg ist ein deutlicher Abfall der Unkrautdichte mit zunehmender Dosierung zu erkennen. Allerdings lassen sich aufgrund des geringen Unkrautbefalls in der unbehandelten Kontrolle keine gesicherten Aussagen über die Wirkung der Herbizide treffen. Dies zeigte sich auch in der statistischen Auswertung (Abb. 3). Die Variante Devrinol FL+ Betasana SC (5,5 + 1,25 l/ha) unterscheidet sich aufgrund ihrer, im Vergleich zu den anderen Parzellen, hohen Unkrautdichte signifikant von den Varianten mit Unkrautdichten unter 10 %. Die anderen Varianten unterscheiden sich nicht signifikant von einander.

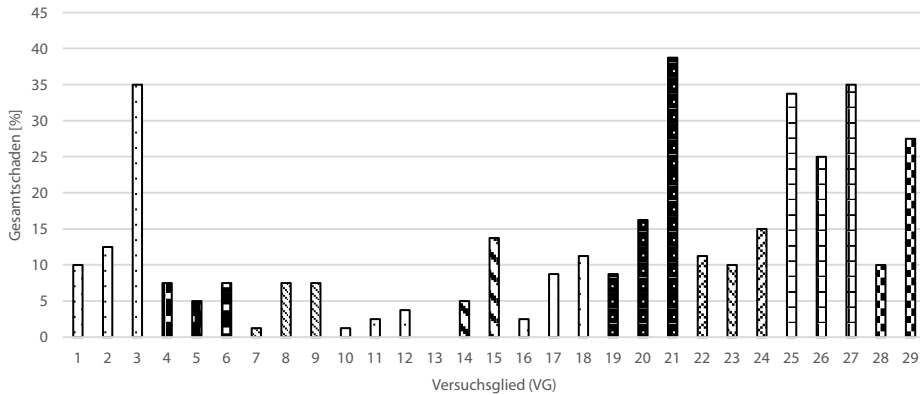


Abb. 4 Gesamtschaden an Leindotter in Abhängigkeit verschiedener Herbizidbehandlungen 16 Tage nach der letzten Applikation

Fig. 4 Total damage to *Camelina sativa* depending on various herbicide treatments 2 weeks before harvest; different small letter show significant differences.

Der Ernteertrag des Versuches lag im Durchschnitt bei 20,1 dt/ha (TM 91 %). Die statistische Auswertung ergab trotz der beobachteten deutlichen Pflanzenschäden keine signifikanten Unterschiede ($p = 0,2057$) beim Kornertrag.

Diskussion

Die Gewächshausversuche haben gezeigt, dass nur ein kleiner Teil der getesteten Herbizide für den Einsatz beim Leindotter geeignet scheint. Neben Symptomen, wie dem Einrollen der Blätter und Wuchsminderungen kam es auch zum kompletten Absterben der jungen Pflanzen. Herbizide mit den Wirkstoffkombinationen aus Picloram und Clopyralid sind aufgrund der auftretenden Symptome nicht für die Anwendung im Leindotter geeignet. Picloram und Clopyralid gehören beide zur chemischen Familie der synthetischen Auxine. Als solche wirken sie auf das Wachstum der Pflanzen ein (HALL et al., 1985; HALL und VANDEN BORN, 1988), während diese Wirkstoffe im Raps hinreichend selektiv sind, ist die Verträglichkeit im Leindotter nicht gegeben.

Die Applikation von Herbiziden mit dem Wirkstoff Clomazone führte zu den stärksten Schädigungen an den Leindotterpflanzen. Dieser Wirkstoff hemmt die Carotinoidbiosynthese, sodass die Pflanze in der Absorption bestimmter Längenwellen des Lichtes gehemmt wird (FERHATOGLU und BARRETT, 2006). Dies kann, je nach applizierter Menge und dementsprechender Hemmung, zum Absterben der Pflanze führen.

Neben der schädlichen Wirkung bestimmter Wirkstoffe, zeigt auch die Zugabe von Additiven, dass die Wirkung des Herbizides auf den Leindotter verstärkt wird. Deutlich wird dies zum Beispiel bei der Verwendung von Oleo beim Herbizid Kontakt 320.

Die Anwendung verschiedener Strategien, wie die Behandlung in verschiedenen Aufwandmengen und die Kombination mit anderen Herbiziden, diente hierbei der besseren Differenzierung der Selektivität. Die Ergebnisse haben jedoch gezeigt, dass es, trotz sichtbarer Unterschiede, sowohl bei der Bonitur des Gesamtschadens als auch bei den Ernteerträgen keine oder kaum signifikante Unterschiede gab.

Allerdings zeigen die Ergebnisse sehr deutlich, dass die Kombination zweier Herbizide in Vor- und Nachauflauf zumeist zu etwas stärkeren Schäden führen. Gleiches zeigt sich vor allem auch, wenn bei der Nachauflaufbehandlung die Aufwandmenge verdoppelt wird. Bei der Applikation der halben Aufwandmenge gehen die Schäden erwartungsgemäß deutlich zurück. Hier ist es

schwierig ein gutes Verhältnis zwischen ausreichender herbizider Wirkung und geringer Schädigung für die Kulturpflanze zu finden. In fast allen Varianten blieben zumindest Anteile der Hauptunkräuter Schwarzer Nachtschatten und Weißer Gänsefuß unbekämpft in den Parzellen.

Die Auswertung der Ernteerträge ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten. Auf der Grundlage dieses Feldversuches kann demnach kein Einfluss des angewendeten Herbizides auf die Ertragsmenge festgestellt werden. Da die Daten allerdings auf einem einjährigen Versuch basieren, gilt es diesen in den folgenden Jahren zu wiederholen.

Danksagung

Das hier dargestellte Projekt wird gefördert durch das BMBF im Rahmen des Programmes „Ingenieur-Nachwuchs 2014“.

Literatur

- AGEGNEHU, M., 2000: Untersuchungen zum Ertragsverhalten und zur Ertragsbildung von Leindotter (*Camelina sativa* Crtz.) in Abhängigkeit von pflanzenbaulichen Einflussfaktoren. Berlin, Köster, 119 S.
- FERHATOGLU, Y. and M. BARRETT, 2006: Studies of clomazone mode of action. *Pesticide Biochemistry and Physiology* **85** (1), 7–14.
- GRAF, T. und A. VETTER, 1994: Leindotter. Feldversuchsbericht 1992/93. Thüringer Ministerium für Landwirtschaft und Forsten, 211–214.
- HALL, J.C., P.K. BASSI, M.S. SPENCER und W.H. VANDEN BORN, 1985: An Evaluation by picloram or clopyralid in rapeseed and sunflower plants. *Plant Physiology* **79**, 18–23.
- HALL, J.C. und W.H. VANDEN BORN, 1988: The absence of a role of absorption, translocation, or metabolism in the selectivity of picloram and clopyradid in two plant species. *Weed Science* **36**, 9–14.
- HEYLAND, K.-U., H. HANUS und E.R. KELLER, 2006: Ölfrüchte, Faserpflanzen, Arzneipflanzen und Sonderkulturen. Stuttgart, Ulmer, 718 S.
- KÖRBER-GROHNE, U., 1995: Nutzpflanzen in Deutschland von der Vorgeschichte bis heute. Das kompetente Nachschlagewerk. Hamburg, Nikol, 490 S., [68] Bl.
- MARTINELLI, T. und I. GALASSO, 2011: Phenological growth stages of *Camelina sativa* according to the extended BBCH scale. *Annals of Applied Biology* **158** (1), 87–94.
- PANNACCI, E. und F. TEI, 2014: Effects of mechanical and chemical methods on weed control, weed seed rain and crop yield in maize, sunflower and soyabean. *Crop Protection* **64**, 51–59.
- RADATZ, W. und W. HONDELMANN, 1981: Samenöhlhaltige Pflanzen der Wildflora als potentielle Nutzpflanzen für die Gewinnung von Industriegrundstoffen. Literaturübersicht und Zielsetzung. *Landbauforschung Völkenrode* **31** (4), 227–240.
- RÜTHER, H., 1957: Untersuchungen über den Anbauwert von Leindotter als Ölf Frucht. *Zeitschrift landw. Versuchswesen- und Untersuchungswesen* **3**, 571–581.
- SEEHUBER, R. und M. DAMBROTH, 1984: Die Potentiale zur Erzeugung von Industriegrundstoffen aus heimischen Ölpflanzen und die Perspektiven für ihre Nutzbarmachung. *Landbauforschung Völkenrode* **34** (3), 174–182.
- ZUBR, J. und B. MATTHÄUS, 2002: Effects of growth conditions on fatty acids and tocopherols in *Camelina sativa* oil. *Industrial Crops and Products* **15** (2), 155–162.