

## Bekämpfung von Clearfield®-Ausfallraps in Zuckerrüben

*Control of volunteer Clearfield® oilseed rape in sugar beet*

Cord Buhre<sup>1\*</sup>, Hagen Bremer<sup>2</sup> & Erwin Ladewig<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut für Zuckerrübenforschung, Abteilung Koordination, Holtenser Landstraße 77, 37079 D-Göttingen

<sup>2</sup>BASF SE, E-APE/MT - LI555, D-67117 Limburgerhof

\*Korrespondierender Autor, buhre@ifz-goettingen.de

DOI: 10.5073/jka.2012.434.054

### Zusammenfassung

Das Clearfield®-Produktionssystem für Winterraps ist in Frankreich bereits zugelassen und zukünftig auch in Deutschland vorgesehen. Durch den gleichen Wirkmechanismus, der im Clearfield®-Produktionssystem eingesetzten Wirkstoffgruppe der Imidazolinone, ist in Zuckerrüben von einer verminderten Wirksamkeit des Wirkstoffs Triflursulfuron-methyl im Pflanzenschutzmittel Debut® bei der Bekämpfung von möglichem Clearfield®-Ausfallraps auszugehen. Dieser Wirkstoff wird zur Zeit als sicherster Baustein bei der Bekämpfung von Ausfallraps in Zuckerrüben angesehen. Da Raps und Zuckerrüben zunehmend in gemeinsamen Fruchtfolgen angebaut werden, ist prinzipiell auch das Auftreten von Clearfield®-Raps in Zuckerrübenfruchtfolgen wahrscheinlich.

Um Optionen für eine sichere Bekämpfung von Clearfield®-Raps in Zuckerrüben zu testen, wurden in den Jahren 2010 und 2011 an insgesamt 14 Standorten in Deutschland, Polen, Rumänien und der Slowakei Herbizidversuche durchgeführt. In einer zweifaktoriellen Spaltanlage wurde die Bekämpfung von Nicht-Clearfield®-Ausfallraps und Clearfield®-Ausfallraps untersucht. Dabei wurde die Wirkung von zehn Herbizidstrategien gegenüber dem auflaufenden Raps untersucht. Die Herbizidstrategien unterschieden sich hinsichtlich des Behandlungstermins und der eingesetzten Wirkstoffe.

Die Ergebnisse zeigen in beiden Jahren deutliche, gleichgerichtete Unterschiede der untersuchten Strategien hinsichtlich ihrer herbiziden Wirksamkeit. Applikationen im Voraufbau führten in beiden Jahren und Rapsorten zu keinen zufriedenstellenden Ergebnissen in der Bekämpfung. Während der Nicht-Clearfield®-Raps durch den Zusatz des Pflanzenschutzmittels Debut® (Triflursulfuron-methyl) im Nachaufbau gut bekämpft werden konnte, zeigte sich gegenüber dem Clearfield®-Raps eine deutliche Wirkungsschwäche. Eine Kombination von Herbiziden unter Einbezug des Mittels Venzar® (Wirkstoff Lenacil) führte zu hohen Bekämpfungserfolgen.

**Stichwörter:** Herbizidstrategien, Nachaufbau, Voraufbau, Wirksamkeit

### Summary

The Clearfield® production system for winter oilseed rape is now registered in France and a introduction for Germany is planned. In this production system, imidazolinone herbicides are used. These herbicides belong to the same mode of action (HRAC group B) as the active ingredient triflursulfuron-methyl in the herbicide Debut®. Therefore, a reduced efficacy of this active ingredient for the control of Clearfield® volunteer oilseed rape is expected. Today non-Clearfield® volunteer oilseed rape in sugar beets is effectively controlled with triflursulfuron-methyl. Due to the fact that oilseed rape and sugar beet are increasingly cultivated in the same crop rotation, Clearfield® volunteer oilseed rape could be expected in future sugar beet crop rotations.

To determine the performance of different herbicide treatments for a sufficient control of Clearfield® volunteer oilseed rape in sugar beet, in 2010 and 2011 14 field-trials were conducted in four countries, Germany, Poland, Romania and Slovakia. These trials had been set up in a two way split-plot design with non-Clearfield®-rape and Clearfield® oilseed rape. The effects of ten treatments with different herbicides and application dates were tested.

The results of both years showed large differences in the herbicide efficacy among the herbicide treatments. Pre-emergence application led to insufficient results in both years on both cultivars. Applied post-emergence, the herbicide treatment with Debut® (triflursulfuron-methyl) controlled non-Clearfield® volunteer rape considerable better, than the Clearfield® volunteer rape. A combination of herbicides in addition with Venzar® (Lenacil) provided good control of volunteer Clearfield® oilseed rape.

**Keywords:** Herbicide efficacy, herbicide strategies, post-emergence application, pre-emergence application

## 1. Einleitung

Bei dem Clearfield®-Produktionssystem handelt es sich um Rapsorten, die eine induzierte Toleranz gegenüber den Wirkstoffen der Gruppe der Imidazolinone besitzen (TAN et al., 2005). Das Clearfield®-Produktionssystem wurde in Sommerraps entwickelt und wird seit 1995 in Nordamerika genutzt. Es soll nun auch in Winterraps integriert in den europäischen Markt eingeführt werden. Für Deutschland ist mit der Zulassung von ersten Sorten ab dem Jahr 2012 zu rechnen. Die ersten Imidazolinonverbindungen wurden zu Beginn der 80er Jahre in den USA eingesetzt (BÖRNER, 1995). Durch die Anwendung dieser Herbizidgruppe mit dem Wirkstoff Imazamox in Deutschland werden die Möglichkeiten der Unkrautbekämpfung im Nachauflauf des Rapses erweitert.

In den letzten Jahren wurden Raps und Zuckerrüben in Niedersachsen zunehmend in gemeinsamen Fruchtfolgen angebaut, da dies zu pflanzenbaulichen und ökonomischen Vorteilen führen kann (LEHRKE, 2011). Auch in bundesweiten Umfragen zeigte sich eine Ausdehnung des Rapsanbaus in Zuckerrübenfruchtfolgen (BUHRE et al., 2011a). Beim Anbau von Raps in einer Fruchtfolge mit Zuckerrüben muss bei der Herbizidbehandlung auf eine sichere Bekämpfung des auflaufenden Ausfallraps geachtet werden. Eine starke Verunkrautung mit Raps in Zuckerrübe kann neben Ertragsdepressionen (DIEPENBROCK et al., 1999) zu einer erheblichen Ernteerschwernis führen. Als sicherster Baustein zur Bekämpfung von Ausfallraps wird dabei zur Zeit der Wirkstoff Triflursulfuron-Methyl in Zuckerrüben eingesetzt, welcher im Pflanzenschutzmittel Debut® enthalten ist. Triflursulfuron-Methyl (Herbicide resistance action committee (HRAC) Gruppe: B) weist als Wirkstoff der Gruppe der Sulfonylharnstoffe den gleichen Wirkmechanismus wie die Gruppe der Imidazolinone mit dem Wirkstoff Imazamox (HRAC Gruppe: B) auf, da beide Wirkstoffe am Enzym Acetolactat-Synthase (ALS) binden (BÖRNER, 1995). Dieses Enzym katalysiert die Bildung der wichtigen Aminosäuren Leucin, Isoleucin und Valin in der Pflanze. Durch die Unterbrechung des Syntheseweges kommt es zum Absterben der Pflanze. Es wird mit einer Wirkungsschwäche des Pflanzenschutzmittels Debut® bei der Bekämpfung von Clearfield®-Ausfallraps in Zuckerrüben gerechnet, da dieser Wirkstoff aufgrund der Veränderungen am Zielenzym nicht mehr in vollem Umfang an seinen Wirkort gelangen kann.

## 2. Material und Methoden

### 2.1 Versuchsaufbau und Standortwahl

Um einen direkten Vergleich von Nicht-Clearfield®-Raps mit Clearfield®-Raps zu gewährleisten, wurden in einer zweifaktoriellen Anlage zwei Rapsorten (Visby und Experimentalhybride PS122) in zweifacher Wiederholung auf den Versuchsstandorten vor der Aussaat der Zuckerrüben in den Boden mit einer Saatstärke von etwa 5 kg/ha (entsprechend etwa 100 Körner/m<sup>2</sup>) quer zur späteren Drillrichtung der Zuckerrüben eingearbeitet. Dies geschah an einem Teil der Standorte durch manuelle Ausbringung, an den meisten Standorten jedoch mit einer herkömmlichen Raps- und Getreidesätechnik. Dabei wurde das Rapssaatgut möglichst in unterschiedlichen Tiefen abgelegt und eingearbeitet um ein zeitlich versetztes Auflaufen wie unter natürlichen Bedingungen zu simulieren. Es bestand die Vorgabe, die Versuche auf Standorten ohne vorherigen Rapsanbau durchzuführen, um Effekte durch natürlich vorkommenden Ausfallraps auszuschließen.

**Tab. 1** Herbizidvarianten der Standorte in Deutschland, 2011.**Tab. 1** *Herbicide treatments at the locations in Germany, 2011.*

<b>VG</b>	<b>Variante</b>	<b>VA (kg-l/ha)</b>	<b>NAK 1 (kg-l/ha)</b>	<b>NAK 2 (kg-l/ha)</b>	<b>NAK 3 (kg-l/ha)</b>	<b>NAK 4 (kg-l/ha)</b>
1	unbehandelte Kontrolle	-	-	-	-	-
	Betanal® Expert	-	0,75	0,75	1	-
2	Goltix® Gold	2	0,75	0,75	1,5	-
	Oleo FC	0,5	0,5	0,5	0,5	-
	Betanal® Expert	-	0,75	0,75	1	-
	Goltix® Gold	2	0,75	0,75	1,5	-
3	Rebell Ultra	2	0,5	0,5	1	-
	Oleo FC	-	0,5	0,5	0,5	-
	Betanal® Expert	-	0,8	1	1	-
	Goltix® Gold	-	1	1,5	1,5	-
4	Rebell Ultra	-	0,83	0,83	0,83	-
	Oleo FC	-	0,5	0,5	0,5	-
	Betanal® Expert	-	0,8	1	1	-
5	Goltix® Gold	-	1	1,5	1,5	-
	Venzar® 500 SC	-	0,16	0,32	0,48	-
	Betanal® Expert	-	0,8	1	1	-
	Goltix® Gold	-	1	1,5	1,5	-
6	Rebell Ultra	-	0,83	0,83	0,83	-
	Venzar® 500 SC	-	0,16	0,32	0,48	-
	Betanal® Expert	-	0,7	0,7	0,7	0,7
	Goltix® Gold	-	0,3	0,3	0,3	0,3
7	Rebell Ultra	-	-	0,6	0,6	0,6
	Venzar® 500 SC	-	0,16	0,16	0,16	0,16
	Oleo FC	-	0,5	0,5	0,5	0,5
	Betanal® Expert	-	0,8	1	1	-
	Goltix® Gold	-	1	1	1	-
8	Debut®	-	-	0,03	0,03	0,03
	Trend	-	-	0,25	0,25	0,25
	Betanal® Expert	-	0,8	0,8	0,8	-
	Goltix® Gold	-	1	0,5	1	-
9	Debut®	-	-	0,03	0,03	-
	Trend	-	-	0,25	0,25	-
	Venzar® 500 SC	-	-	0,4	0,6	-
10	Beratervariante					

Die Versuche wurden in den beiden Jahren 2010 und 2011 an insgesamt 14 Standorten in Deutschland (4), Polen (6), Rumänien (2) und der Slowakei (2) durchgeführt.

Durch die Beteiligung der verschiedenen Länder sollte eine große Variation an Umweltbedingungen erfasst werden. Die Versuche in Deutschland wurden technisch vom Institut für Zuckerrübenforschung (IfZ) direkt betreut, die Versuche in den anderen Ländern von den versuchstechnischen

Abteilungen dort ansässiger Zuckerunternehmen. Die Versuche wurden vom IfZ koordiniert und zusammenfassend ausgewertet.

## 2.2 Pflanzenschutzmittelvarianten

Die Bekämpfung von Unkräutern geschieht in Zuckerrüben in der Regel im Nachauflauf, wobei überwiegend drei Applikationen notwendig sind (ROßBERG et al., 2010; BUHRE et al., 2011b). Beim Auftreten von besonderen Unkräutern sind jedoch auch Anwendungen im Vorauflauf (z.B. Bingelkraut) oder die Applikation von vier Nachauflaufbehandlungen (z.B. Raps) nötig. Diese Besonderheiten wurden im Variantenplan einbezogen, indem neben den konventionellen drei Nachauflaufapplikationen (NAK) auch Varianten mit Vorauflaufapplikationen und Varianten mit vier Nachauflaufvarianten getestet wurden (Tab. 1). Die in den einzelnen Produkten enthaltenen Wirkstoffe und deren Gehalte können der Tabelle 2 entnommen werden.

**Tab. 2** Herbizidprodukte und enthaltende Wirkstoffe.

**Tab. 2** *Herbicide products and their active ingredient.*

Produkt	Wirkstoff	Gehalt (g ai/L bzw. kg)
	Desmedipham	25
Betanal® Expert	Ethofumesat	151
	Phenmedipham	75
Goltix® Gold	Metamitron	700
Rebell Ultra	Cloridazon	325
	Quinmerac	100
Venzar® 500 SC	Lenacil	500
Debut®	Triflursulfuron-methyl	500
Trend	Formulierungshilfsstoff	
Oleo FC	Öl/Zusatzstoff	

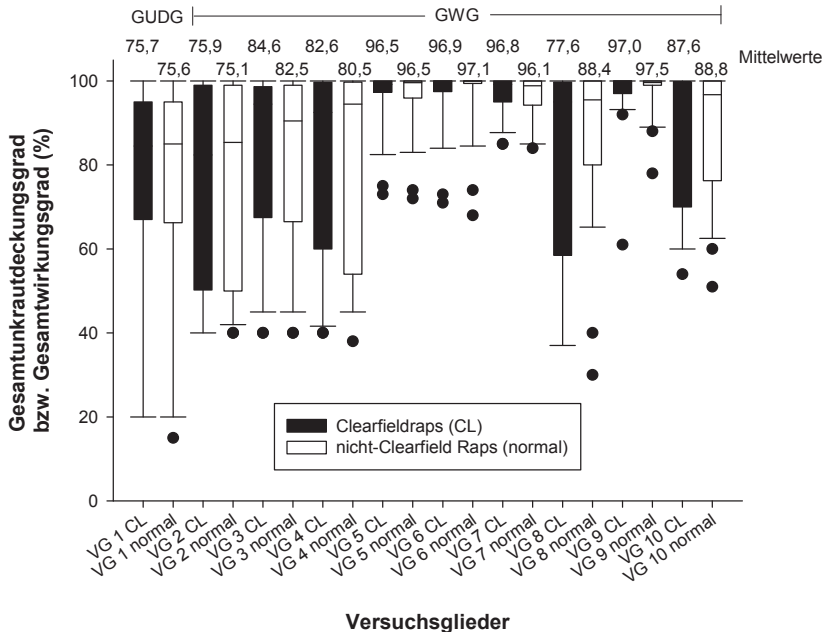
Neben den Anwendungszeitpunkten wurden die Pflanzenschutzmittel sowie deren Aufwandmengen variiert. In den verschiedenen Ländern wurden die jeweils dort zugelassenen Pflanzenschutzmittel eingesetzt. Die Variantenpläne wurden bezüglich der eingesetzten Pflanzenschutzmittelmengen so angepasst, dass länderübergreifend für das gleiche Versuchsglied möglichst vergleichbare Wirkstoffmengen appliziert wurden. Dabei wurden in der Regel die zugelassenen Aufwandmengen, wie in Zuckerrüben üblich (ROßBERG et al., 2010), nicht ausgeschöpft. In Tabelle 1 ist der Variantenplan für Deutschland dargestellt.

## 3. Ergebnisse

### 3.1 Unkraut- und Rapsbekämpfung

Durch die Ausbringung der im Vergleich zur üblichen Rapssaatstärke eher hohen Ausbringungsmengen wurden in der unbehandelten Kontrolle zusammen mit dem restlichen Unkraut sehr hohe Unkrautdichten mit einem Deckungsgrad von durchschnittlich über 75 % im Mittel aller Standorte erreicht (Abb. 1). Die Versuchsglieder 2 und 3 mit einer Behandlung im Vorauflauf und nachfolgend noch drei weiteren Behandlungen im Nachauflauf erzielten im Mittel beider Jahre nur unzureichende Bekämpfungserfolge von 75 % (VG 2) bzw. 83 % (VG 3). Auch das Versuchsglied 4 erzielte mit 81 % eine nicht ausreichende Bekämpfung. Hohe Wirkungsgrade erreichten die Versuchsglieder 5, 6, 7 und 9 mit im Mittel über 96 %. Bei diesen Versuchsgliedern wurden keine Unterschiede zwischen dem Nicht-Clearfield®- und dem Clearfield®-Raps beobachtet. Deutliche Unterschiede bestanden dazu beim Versuchsglied 8. Während der Gesamtwirkungsgrad in der Variante des Clearfield®-Raps nur bei 77 % lag, betrug er beim Nicht-Clearfield®-Raps 88 %. Die durch die Versuchsansteller durchgeführten Beratervarianten (VG 10) führten zu geringen Bekämpfungserfolgen.

Der Unkrautdeckungsgrad des Rapses betrug im Mittel der Standorte 54 % und machte somit 70 % des Gesamtunkrautdeckungsgrades aus. Zwischen dem ausgebrachten Nicht-Clearfield<sup>®</sup>-Raps und dem Clearfield<sup>®</sup>-Raps bestanden dabei keine Unterschiede (Abb. 2). Die bonitierten Wirkungen allein gegenüber dem auflaufenden Raps lagen auf ähnlichem Niveau wie die zuvor beschriebenen Gesamtwirkungen.



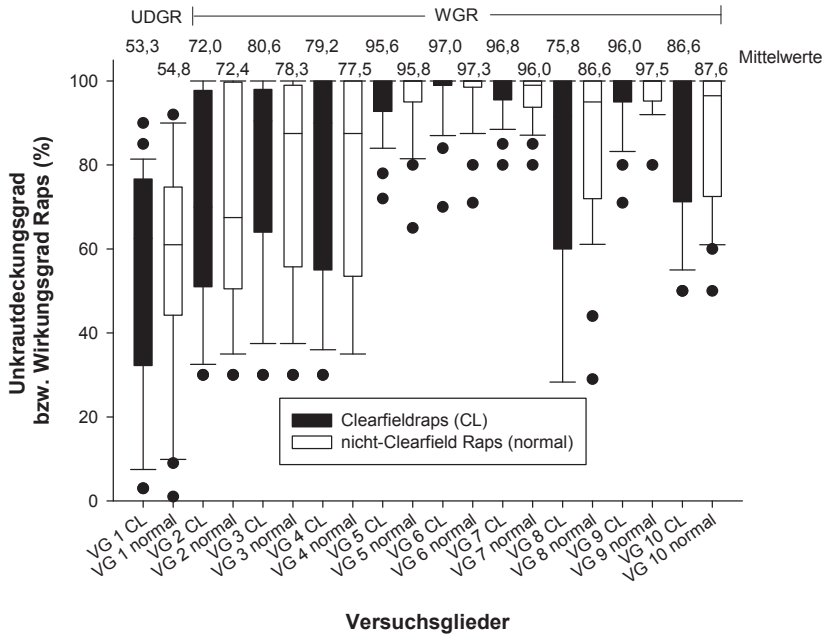
**Abb. 1** Gesamtunkrautdeckungsgrad (GUDG) und Gesamtwirkungsgrad (GWG) von Clearfield<sup>®</sup>-Raps (CL) und Nicht-Clearfield<sup>®</sup>-Raps (normal) bei unterschiedlichen Herbizidvarianten (VG). 14 Versuche, 2010-2011.

**Fig. 1** Total weed cover (GUDG) and total herbicide efficacy (GWG) of Clearfield<sup>®</sup> oilseed rape (CL) and conventional rape (normal) of different herbicide treatments (VG). 14 trials, 2010-2011.

### 3.2 Wirkung bezüglich der Spätverunkrautung

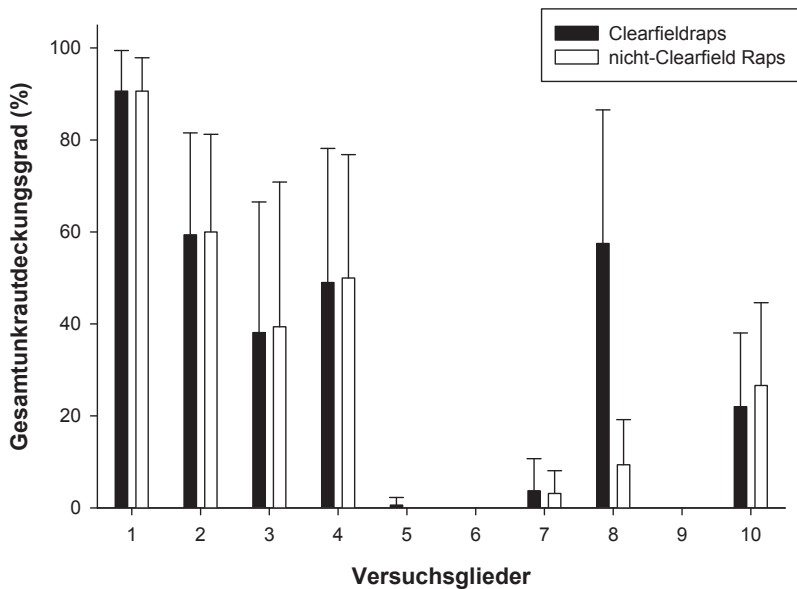
In den vier Versuchen in Deutschland wurde in beiden Jahren kurz vor der Ernte der Zuckerrüben eine Bonitur der Spätverunkrautung durchgeführt. Zu diesem Zeitpunkt wurde nicht, wie bei den vorherigen Bonituren, die herbizide Wirkung, sondern der Unkrautdeckungsgrad in den Parzellen geschätzt (Abb. 3). In der unbehandelten Kontrolle (VG 1) betrug der Unkrautdeckungsgrad vor der Ernte der Zuckerrüben in allen Parzellen über 90 % und wurde vom Raps dominiert. In den Versuchsgliedern 2, 3 und 4 wurden kurz vor der Ernte ebenfalls hohe Unkrautdeckungsgrade bonitiert, welche durch die zuvor beschriebenen geringen Wirkungsgrade verursacht waren.

In den Versuchsgliedern 5, 6, 7 und 9 war durch die hohen Wirkungsgrade in den Nachauflaufbehandlungen (NAK) kurz vor der Ernte der Zuckerrüben kein Raps in nennenswertem Umfang vorhanden (Abb. 3). Sehr deutlich war die Unterscheidung zwischen den beiden Rapsorten im Versuchsglied 8. Während der Nicht-Clearfield<sup>®</sup>-Raps ausreichend bekämpft werden konnte, betrug der Unkrautdeckungsgrad beim Clearfield<sup>®</sup>-Raps im Mittel der vier Standorte ca. 60 %.



**Abb. 2** Unkrautdeckungsgrad Raps (UDGR) und Wirkungsgrad Raps (WGR) von Clearfield®-Raps (CL) und Nicht-Clearfield®-Raps (normal) bei unterschiedlicher Herbizidvarianten. 14 Versuche, 2010-2011.

**Fig. 2** Weed cover of rape (UDGR) and herbicide efficacy of rape (WGR) of Clearfield® oilseed rape (CL) and non-Clearfield® oilseed rape (normal) of different herbicide treatments (VG). 14 trials, 2010-2011.



**Abb. 3** Gesamtunkrautdeckungsgrad von Clearfield®-Raps und Nicht-Clearfield®-Raps bei unterschiedlichen Herbizidvarianten (VG). 4 Versuche in Deutschland, 2010-2011.

**Fig. 3** Total weed cover of Clearfield® oilseed rape and non-Clearfield® oilseed rape of different herbicide treatments (VG). 4 trials in Germany, 2010-2011.

## 4. Diskussion

### 4.1 Versuchskonzept

Die Höhe der Unkrautdeckungsgrade von Raps zeigen, dass die Art der Ausbringung vor der Aussaat der Zuckerrüben an den meisten Standorten die beabsichtigte Wirkung erzielte. Die sehr hohen Rapsdeckungsgrade können als relativ praxisnah angesehen werden, da bei der Rapsernte mit Verlusten in Höhe von 2-5 % gerechnet werden kann, welches wiederum einem vielfachen der ausgesäten Pflanzen/m<sup>2</sup> entspricht (SCHULZ, 2001). Dies muss bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden. Ein Auflaufen des Rapses über einen längeren Zeitraum wurde ebenfalls an den meisten Standorten erreicht. Insofern sind die in den Versuchen erzeugten Ausgangsbedingungen vergleichbar zu Situationen mit Ausfallraps in der praktischen Landwirtschaft.

### 4.2 Bekämpfung von Clearfield®-Ausfallraps in Zuckerrüben

Zwischen den verschiedenen Versuchsgliedern wurden deutliche Unterschiede bezüglich der herbiziden Wirksamkeit beobachtet. Die geringen Bekämpfungserfolge der VG 2 und 3 mit der Behandlung im Voraufbau wurden durch spät auflaufende Unkräuter verursacht, die durch die geringen Aufwandmengen bzw. die fehlenden späteren Behandlungen nicht mehr ausreichend bekämpft wurden. Der alleinige Zusatz des Pflanzenschutzmittels Rebell Ultra zu den Pflanzenschutzmitteln Betanal® Expert und Goltix® Gold im VG 4 führte zu keiner ausreichenden Wirkung. Im VG 8, der bisher in Zuckerrüben gebräuchlichen Bekämpfungsstrategie von Ausfallraps, traten die erwarteten deutlichen Unterschiede bei der Bekämpfung der beiden Rapsarten auf. Durch die Veränderung des Enzyms ALS im Clearfield®-Raps kommt es damit zur verminderten Wirkung des Mittels Debut®, da der Wirkstoff Triflursulfuron-Methyl nicht mehr in vollem Umfang an seinen Wirkort gelangt. Beim Einsatz des Clearfield®-Produktionssystems in Fruchtfolgen mit Zuckerrüben muss der Anbauer damit auf eine veränderte Bekämpfungsstrategie in Form von weiteren Herbizidkombinationen setzen. Die zweijährigen Versuche in den verschiedenen Umwelten zeigten sehr gute Wirkungen gegenüber dem eingesetzten Nicht-Clearfield®-Raps und dem Clearfield®-Raps in den Versuchsgliedern 5, 6, 7 und 9. In diesen Varianten wurde jeweils das Pflanzenschutzmittel Venzar® mit dem Wirkstoff Lenacil eingesetzt. Der Wirkstoff Lenacil (HRAC Gruppe: C1) gehört zur Gruppe der Uracile, welche in ihrer Wirkungsweise im Photosystem II den Elektronentransport unterbrechen. Die Aufnahme geschieht über die Wurzel (TOMLIN, 2006). Pflanzenschutzmittel mit dem Wirkstoff Lenacil befinden sich für die Anwendung in Zuckerrüben in Deutschland im Zulassungsverfahren. Eine Zulassung wäre, nach den bisherigen Versuchsergebnissen, jedoch von Bedeutung um eine sichere Kontrolle des Clearfield®-Rapses erzielen zu können. In den Versuchsgliedern wurden in der Summe über die drei NAK mindestens 0,64 l/ha (entsprechend 320 g/ha Wirkstoff) appliziert. Welche Wirkung geringere Wirkstoffkonzentrationen in Kombination mit weiteren Pflanzenschutzmitteln bzw. Wirkstoffen haben können, wurde in der zweijährigen Serie nicht überprüft. Hierzu müssten in den nächsten Jahren weitere Optimierungsversuche durchgeführt werden.

## Literatur

- BÖRNER, H., 1995: UNKRAUTBEKÄMPFUNG. GUSTAV FISCHER VERLAG, JENA.
- BUHRE, C., K. BÜRCKY, F. SCHMITZ, M. SCHULTE UND E. LADEWIG, 2011A: UMFRAGE ZUR PRODUKTIONSTECHNIK 1994-2010 - SACHSTAND UND TRENDS. ZUCKERINDUSTRIE **136**, 670-677.
- BUHRE, C., P. FECKE, F. NELLES, G. SCHLINKER UND E. LADEWIG, 2011B: ENTWICKLUNGEN IM PFLANZENSCHEUTZ IN ZUCKERRÜBEN AUS DER UMFRAGE PRODUKTIONSTECHNIK IM VERGLEICH ZUR ERHEBUNG NEPTUN. ZUCKERINDUSTRIE **136**, 742-749.
- DIEPENBROCK, W., G. FISCHBECK, K-U. HEYLAND UND N. KNAUER, 1999: SPEZIELLER PFLANZENBAU. 3. AUFLAGE. VERLAG EUGEN ULMER, STUTTGART.
- LEHRKE, U., 2011: RAPS IN ZUCKERRÜBENFRUCHTFOGEN INTEGRIEREN. ZUCKERRÜBE **4**, 42-45.
- ROßBERG, D., E-H. VASEL UND E. LADEWIG, 2010: NEPTUN 2009 - ZUCKERRÜBE. BERICHTE AUS DEM JULIUS KÜHN-INSTITUT **152**, EIGENVERLAG.
- SCHULZ, R-R., 2001: SAMENVERLUSTE VOR UND WÄHREND DER RAPSERTE. RAPS **19**, 72-75.
- TAN, S., R. R. EVANS, M. L. DAHMER, B. K. SINGH UND D. L. SHANER, 2005: IMIDAZOLINONE-TOLERANT CROPS: HISTORY, CURRENT STATUS AND FUTURE. PEST MANAGEMENT SCIENCE **61**, 246-257.
- TOMLIN, C.D.S. (ED.), 2006: THE PESTICIDE MANUAL. FOURTEENTH EDITION. BRITISH CROP PROTECTION COUNCIL, HAMPSHIRE.