

Bedeutung und Bekämpfungsansätze verschiedener Photosystem-II-Inhibitor-Resistenzen bei *Chenopodium album* in Zuckerrüben und Kartoffeln

*Importance and approaches for the control of different photosystem-II-inhibitor resistant *Chenopodium album* biotypes in sugar beet and potatoes*

Yvonne Agrikola & Jan Petersen*

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

*Korrespondierender Autor, petersen@fh-bingen.de

DOI: 10.5073/jka.2012.434.012

Zusammenfassung

Resistenzen gegen PS-II-Herbizide sind in dikotylen Kulturen altbekannt. Während seit Ende der 1970er Jahre vor allem Triazinresistenzen im Mais ein Problem darstellten, so gilt dies heute aufgrund der Vielzahl an alternativen Wirkstoffen in Mais als gelöstes Problem. Anders ist dies in Zuckerrüben und Kartoffeln, wo in den letzten 20 Jahren kaum neue Herbizide entwickelt worden sind. Ein bedeutendes Unkraut in allen Sommerungen ist *Chenopodium album*. Aus dem Mais sind Resistenzen gegen Triazine (Zielortresistenz (TSR) an Position 264 des D1-Proteins) bekannt. Neu ist, dass seit einigen Jahren auch neue TSR in *C. album* gefunden wurden (an Position 251 in Schweden und 218 in Niedersachsen, Deutschland). Diese Biotypen weisen Resistenzen gegen Triazinone und Chloridazon aber keine Kreuzresistenzen gegen Triazine auf. Ein Freilandgefäßversuch mit Zuckerrüben bzw. Kartoffeln und unterschiedlichen *C. album*-Biotypen zeigt, dass in Zuckerrüben ein Ethofumesatzusatz zu üblichen Herbizidkombinationen auch die triazinonresistenten Biotypen ausreichend kontrollieren kann. In Kartoffeln lassen sich diese im Voraufbau mit Acclonifen regulieren. Ein Konkurrenzversuch verschiedener *C. album*-Biotypen mit Mais zeigte keine Unterschiede im Wuchsverhalten, Biomasse und Samenproduktion zwischen unterschiedlichen resistenten und sensitiven *C. album*-Biotypen.

Stichwörter: Fitness, Konkurrenz, Mais, Triazinresistenz, Triazinonresistenz

Summary

Resistances in weeds for PS-II herbicides are well known. Since the end of the 1970s especially resistances to triazines in maize represented a problem. Today, because of the variety of alternative active ingredients in maize, this problem is considered to be solved. This is different in sugar beet and potatoes because hardly any new herbicides have been developed during the last 20 years. *Chenopodium album* is a major weed in all summer crops. In maize, resistance to triazines (target-site resistance (TSR) at position 264 on the D1 protein) is known. In recent years, new TSR in *C. album* (position 251 in Sweden and 218 in Lower Saxony, Germany) has been found. These biotypes exhibit resistances to triazinones and chloridazon but showed no cross-resistances to triazines. An outdoor pot trial with sugar beets and potatoes showed that higher dosages of ethofumesate in sugar beets and acclonifen in potatoes are able to control triazine and triazinone resistant *C. album* biotypes to certain extend or even completely, respectively. A competition pot trial with maize and different *C. album* biotypes showed no significant differences in weed fitness concerning the parameters plant height, biomass and seed production.

Key words: Competition, fitness, maize, triazine resistance, triazinon resistance

1. Einleitung

Eine Triazinresistenz in *Chenopodium album* wurde bereits Anfang der 1980er Jahre in Deutschland nachgewiesen (HEAP et al., 2011). Die Zielortresistenz fußt auf einer Punktmutation im D1-Protein, die an der Position 264 einen Aminosäureaustausch von Serin zu Glycin verursacht. Hatte diese Veränderung in der Vergangenheit nur eine Bedeutung in der Unkrautbekämpfung in Mais, wurden entsprechende Biotypen 2003 in belgischen Zuckerrübenanbau entdeckt (MECHANT und BULCKE, 2006). Anlässlich dieser Befunde wurden entsprechende Untersuchungen auch in anderen Regionen Europas angestoßen. Neben dem Biotyp „Ser264Gly“ wurden für *C. album* auch zwei neue Mutationen entdeckt, die eine Triazinonresistenz verursachen aber keine Kreuzresistenz gegen Triazine aufzeigen (MECHANT et al., 2008; PETERSEN und VARRELMANN, 2011). In Fruchtfolgen mit häufigem Triazinoneinsatz (insbesondere Zuckerrüben und Kartoffel) wurden diese Biotypen gefunden. Da Triazinone in beiden Kulturen wichtige Herbizide sind, stellt sich die Frage, wie diese

Biotypen in Zuckerrüben und Kartoffeln reguliert werden können. Ein Gefäßversuch mit Zuckerrüben und Kartoffeln sowie verschiedenen *C. album*-Biotypen und unterschiedlichen Herbizidstrategien wurde hierzu unter Freilandbedingungen durchgeführt.

Eine weitere wichtige Frage für die Populationsdynamik der resistenten Biotypen betrifft die Fitness der Pflanzen. Bekanntermaßen ist die Triazinresistenz mit der Mutationsstelle 264 mit einem Fitnessnachteil verbunden (GRESSEL und SEGEL, 1978). Diese Pflanzen zeigen unter anderem eine Wuchshöhendepression gegenüber dem Wildtyp von etwa 20 %. Ohne den Selektionsdruck durch den Herbizideinsatz können sich diese Biotypen schlechter durchsetzen. Die Frage ist nun, ob diese Fitnessnachteile für die neue Biotypen auch zu finden sind. Hierzu wurde ein Gefäßversuch unter Freilandbedingungen mit drei *C. album*-Biotypen aus sieben Herkünften als Konkurrenzversuch mit Mais angelegt.

2. Material und Methoden

2.1 Modellversuch zur Bekämpfung triazin- und triazinonresistenter *Chenopodium album*-Biotypen

Anfang April 2011 wurde ein Gefäßversuch an der FH Bingen angelegt, mit dem eine Strategie zur Bekämpfung verschiedener *C. album*-Biotypen in Zuckerrüben und Kartoffeln erarbeitet werden sollte. Dieser Versuch lief bis Anfang Juli 2011 und wurde unter Freilandbedingungen in einem durch Drahtgitter abgesicherten Außenbereich durchgeführt.

Tab. 1 Herbizidvarianten zur Kontrolle verschiedener *C. album*-Biotypen in Zuckerrüben und Kartoffeln (angeben sind Produktaufwandmengen in l bzw. kg/ha).

Tab. 1 *Herbicide treatments for control of different C. album biotypes in sugar beet and potatoes (product dosages in l/ha resp. kg/ha).*

Variante	Herbizid	Kultur	VA	NAK1	NAK2	NAK3
			21.4.11	21.4.11	26.4.11	5.5.11
1	unbehandelt	Zuckerrübe	-	-	-	-
2	Goltix® Gold Oleo FC	Zuckerrübe	-	0,50	0,75 1,0	0,75 1,0
3	Goltix® Gold Oleo FC	Zuckerrübe	-	1,00	1,50 1,0	1,50 1,0
4	Goltix® Gold Kontakt 320 SC Oleo FC	Zuckerrübe	-	0,50 1,00	0,75 1,00 1,0	0,75 1,00 1,0
5	Goltix® Gold Kontakt 320 SC Oleo FC	Zuckerrübe	-	1,00 1,00	1,50 1,00 1,0	1,50 1,00 1,0
6	Goltix® Gold Kontakt 320 SC Ethosat®500 Oleo FC	Zuckerrübe	-	0,50 1,00 0,66	0,75 1,00 0,66 1,0	0,75 1,00 0,66 1,0
7	Goltix® Gold Kontakt 320 SC Ethosat®500 Oleo FC	Zuckerrübe	-	1,00 1,00 0,66	1,50 1,00 0,66 1,0	1,50 1,00 0,66 1,0
8	Mistral®	Kartoffel	0,75	-	-	-
9	Mistral® Bandur®	Kartoffel	0,75 3,00	-	-	-

Es wurden drei verschiedene *C. album*-Biotypen verwendet („Ser264Gly“, „Leu218Ser“, sensitive Herkunft). Zur Versuchsanstellung wurden 20 l Kunststoffgefäße verwendet. Die Gefäße wurde mit gedämpften und gesiebten Ackerboden (sandiger Lehm, pH-Wert 6,3; Humusgehalt ~2 %) gefüllt. Je Gefäß wurden ca. 300 *C. album*-Samen vermischt mit einer 3 cm starken Bodenschicht an der Gefäßoberfläche ausgesät. Je Gefäß wurden drei Zuckerrübensamen (Sorte „Sporta“) oder eine Kartoffel (Sorte „Marabell“) eingebracht. Der Versuch enthielt sieben Zuckerrüben- und zwei Kartoffelherbizidvarianten (Tab. 1). Die Aufstellung der Gefäße erfolgte in einer randomisierten Blockanlage mit drei Wiederholungen je *C. album*-Biotyp.

Die Herbizidapplikation erfolgte mit einer Einradparzellenspritze (Düse AI 110-025; 200 l/ha Wasser, 2,1 bar, 4,5 km/h). Die Kartoffelherbizide wurden im Voraufverfahren, die Zuckerrüben zu drei Nachaufaufterminen (NAK) behandelt. Eingesetzt wurden die Herbizide Goltix® Gold (700 g/l Metamitron), Kontakt 320SC (320 g/l Phenmedipham), Ethosat®500 (500 g/l Ethofumesat), Mistral® (700 g/kg Metribuzin) und Bandur® (600 g/l Aclonifen) sowie dem Additiv Oleo FC. Am 17.06.2011 erfolgte eine Düngung der Kübel mit 80 kg N/ha mit einem Volldünger.

Durch visuelle Bonituren der Entwicklung der Kulturen und von *C. album* nach den Herbizidapplikationen wurde die Wirkung und Verträglichkeit der Herbizidbehandlungen verfolgt. Weiterhin wurden bei der Ernte die Frischmassen der *C. album*-Biotypen und der Kulturen sowie die Samenanzahl der *C. album*-Pflanzen erfasst.

2.2 Versuchsansatz zur Untersuchung der Fitness verschiedener *Chenopodium album*-Biotypen

Am 7. Mai 2011 wurde ein Gefäßversuch zur Untersuchung der Fitness sowie der Populationsdynamik verschiedener *C. album*-Biotypen an der FH Bingen angelegt. Der Versuch fand unter Freilandbedingungen in einem durch ein Drahtgitter abgesicherten Außenbereich eines Gewächshauses statt. Es wurden sieben verschiedene *C. album*-Herkünfte aus Deutschland und Belgien verwendet, um die Konkurrenzstärke der verschiedenen Biotypen in verschiedenen Pflanzdichten in Mais untersuchen zu können. Es wurden jeweils zwei Herkünfte mit den Mutationen „Leu218Ser“ und „Ser264Gly“ sowie drei sensitive Herkünfte eingesetzt (Tab. 2). *C. album* wurde zunächst in Pikierschalen mit gedämpfter und gesiebter Erde vorgezogen. Im 2-Blattstadium wurden die Unkräuter kreisförmig um ein zentral abgelegtes Mais Korn in einem 20 l Gefäß in den Dichten eins, zwei, vier sowie acht Pflanzen pikiert. Als Kontrolle wurden vier Gefäße nur mit Mais mitgeführt. Der Versuch wurde mit vier Wiederholungen durchgeführt und in einer randomisierten Blockanlage aufgestellt. Zur Sicherheit wurden zwei bis drei *C. album*-Keimlinge je Gefäß zusätzlich gesetzt, um die vorgesehenen Dichten einhalten zu können. Die überzähligen Pflanzen wurden 14 Tage nach dem Pikieren entfernt. Mitte Juni wurde der Versuch mit 80 kg N/ha in Form eines Volldüngers (NPK 15x15x15) gedüngt. Bei der Versuchsernte am 25. August 2011 wurden die Frischmasse von Maiskolben und Restpflanze sowie Frischmasse, Trockenmasse und Samenanzahl je *C. album*-Pflanze ermittelt.

Tab. 2 Eingesetzte *C. album*-Biotypen zur Ermittlung der Fitness in einem Konkurrenzversuch mit Mais.

Tab. 2 *C. album* biotypes used for fitness assessment in a competition trial with maize.

Biotyp	Bezeichnung	PS-II-Resistenz
Bröckel 1	Brö1	„Leu218Ser“
Schriek (B)	Sch	Sensitiv
Bröckel 4	Brö4	Sensitiv
Hannover	177	„Leu218Ser“
Uetze	Uet	sensitiv
Lubbeek (B)	Lub	„Ser264Gly“
Outgaarden (B)	Out	„Ser264Gly“

3. Ergebnisse

3.1 Modellversuch zur Bekämpfung triazin- und triazinonresistenter *Chenopodium album*-Biotypen

Die Bonitur der Herbizidwirkung zeigt deutliche Differenzierungen zwischen den verschiedenen Behandlungen und Interaktionen mit den *C. album*-Biotypen (Abb. 1). Während der sensitive Biotyp in Zuckerrüben bereits mit der halben Goltix® Gold Aufwandmenge gut kontrolliert wird, sind bei den beiden resistenten Biotypen Steigerungen in der Wirksamkeit mit dem Zusatz von Kontakt und Ethofumesat zu erkennen. Allerdings wird auch deutlich, dass insbesondere der triazinonresistente Biotyp bei der Dreifachmischung und hohen Aufwandmenge nur zu 90 % kontrolliert werden kann. In Kartoffeln ist die Kontrolle der triazinonresistenten Biotypen mit dem Herbizid Bandur® im Voraufbau bei entsprechenden Umweltbedingungen möglich. Während es beim Einsatz der Kartoffelherbizide keine erkennbaren Schäden an der Kultur gab, so zeigte der dreimalige Einsatz von Ethofumesat in Kombination mit den beiden anderen Herbiziden deutliche Schäden in Form von Blattverklebungen der Zuckerrüben mit entsprechend nachhaltigen Wuchsdepressionen.

Die Invasionskraft eines Biotypes kann neben der Größe des Habitus, also der direkten Konkurrenzkraft, auch über die Ausbildung von fertilen Samen dargestellt werden (Abb. 2). Mit dieser Darstellung wird deutlich, dass in der unbehandelten Variante alle drei Biotypen eine ähnliche Anzahl Samen (ca. 50.000 je 615 cm² Gefäßoberfläche) ausbildeten. Der Biotyp mit der Mutation „Leu218Ser“ bildete, trotz Behandlungen mit Goltix® Gold in voller, sowie halbiertes Aufwandmenge bzw. Mistral® eine höhere Anzahl Samen, im Vergleich zu beiden anderen Biotypen. Zwischen den behandelten Varianten konnten beim sensitiven Biotyp keine Unterschiede festgestellt werden. Analog zu den Herbizidwirkungen (Abb. 1), verringerte sich die Anzahl gebildeter Samen pro Pflanze, je mehr Wirkstoffe im Einsatz waren, wobei die Anzahl gebildeter Samen sehr starken Schwankungen unterlag. Bei Einsatz von Metribuzin konnte die Anzahl Samen im Vergleich zur Kontrolle, pro Pflanze beim Biotyp mit der Mutation „Leu218Ser“ um ca. 20 % und um ca. 10 % bei der Mutation „Ser264Gly“ reduziert werden. Durch den Einsatz der Kombination aus Mistral® und Bandur® konnten alle Biotypen erfolgreich bekämpft werden. Eine Samenbildung wurde vollständig verhindert.

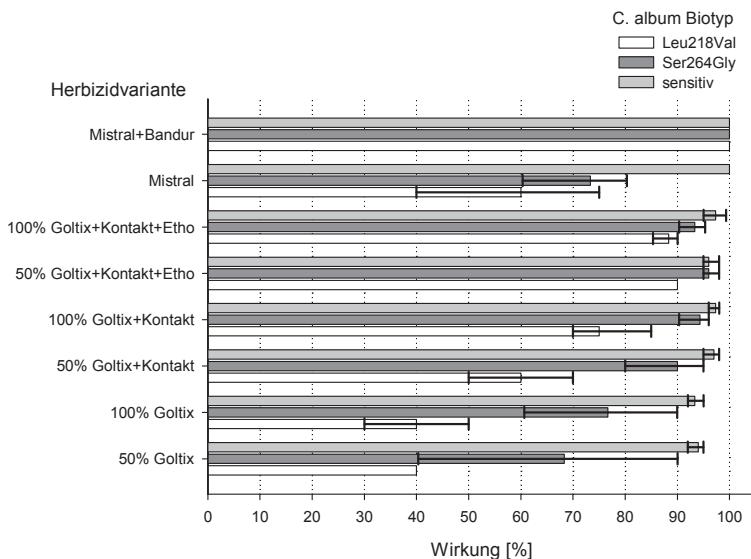


Abb. 1 Wirkung verschiedener Herbizidvarianten in Zuckerrüben bzw. Kartoffeln in Abhängigkeit des *C. album*-Biotyps (Bonitur am 14. Juni 2011); Fehlerbalken zeigen Minimum- und Maximumwerte.

Fig. 1 Efficacy of different herbicide treatments in sugar beet and potatoes depending on *C. album* biotype; error bars indicate minimum and maximum values.

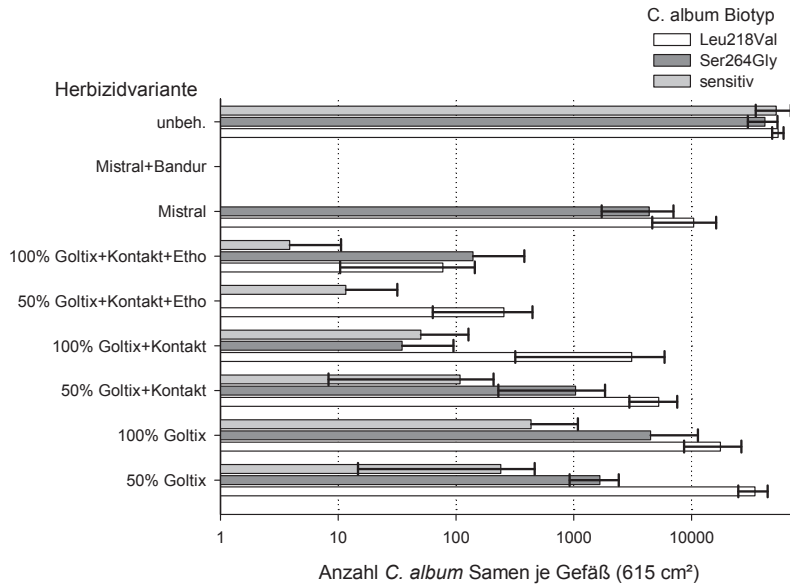


Abb. 2 Auswirkungen verschiedener Herbizidvarianten in Zuckerrüben bzw. Kartoffeln auf die Bildung fertiler Samen in Abhängigkeit des *C. album*-Biotyps (4. Juli 2011); Fehlerbalken zeigen Standardabweichung.

Fig. 2 Efficacy of different herbicide treatments in sugar beet and potatoes on fertile weed seed production depending on *C. album* biotype; error bars indicate standard deviation.

3.2 Versuchsansatz zur Untersuchung der Fitness verschiedener *Chenopodium album*-Biotypen

Die Darstellung der Konkurrenzkraft der drei hier geprüften Genotypen und sieben Herkünfte zeigt, dass die abnehmende Trockenmasse je Pflanze bei steigender *C. album*-Dichte je Gefäß zu erkennen war (Abb. 3). Bei einigen Dichten bzw. Herkünften konnten unterschiedliche Trockenmassen festgestellt werden. Einen Zusammenhang mit dem Genotyp gab es jedoch nicht. Generell konnte kein Fitnessnachteil, der sich auf die *C. album*-Trockenmasse auswirkt, bei den PS-II-Inhibitor resistenten Biotypen gegenüber den sensitiven Biotypen festgestellt werden.

Die letztendliche Auswirkung der getesteten *C. album*-Biotypen in den verschiedenen Dichten auf den Maiskolbenertrag korrespondierte mit den in Abbildung 3 dargestellten Trockenmassen von *C. album*. Bei zunehmender *C. album*-Dichte je Gefäß nahm Masse der Maiskolben deutlich ab (Ergebnisse nicht dargestellt). Es konnte kein Unterschied im Einfluss der verschiedenen Biotypen auf den Kolbenertrag nachgewiesen werden. Der Einfluss von *C. album* auf den Maisertrag des gesamten Sprosses war weitestgehend deckungsgleich mit den Ergebnissen des Kolbenertrags.

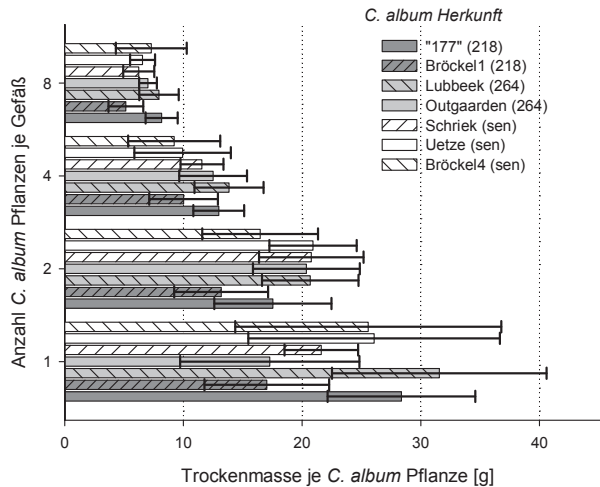


Abb. 3 Trockenmasse von verschiedenen *C. album*-Biotypen in unterschiedlichen Dichten in einem Konkurrenzgefäßversuch mit Mais; Fehlerbalken zeigen Standardabweichung.

Fig. 3 Dry mass of *C. album*-biotypes in different densities in a competition pot trial with maize; error bars indicate standard deviation.

4. Diskussion

4.1 Modellversuch zur Bekämpfung triazinresistenter *Chenopodium album*-Biotypen

Durch den Vergleich der Ernteergebnisse der Sprossfrischmassen der *C. album*-Biotypen und der Zuckerrüben konnte sicher festgehalten werden, dass eine Herbizidapplikation in jedem Fall eine Verbesserung der Wachstumssituation für die Rüben ergab. Dies entsprach den Ergebnissen von BRÄUTIGAM (1998) und WELLMANN (1999). Es konnte mit einer optimierten Herbizidmischung mit dem Zusatz Ethofumesat die Effizienz der *C. album*-Bekämpfung gesteigert werden und somit die theoretische Verbreitung der resistenten Biotypen gemäß den Überlegungen von WRUBEL und GRESSEL (1994) sowie CURRAN (1999) unterbunden werden.

Die hohen Wirkungsgrade der Herbizidmischungen mit Goltix® Gold, Kontakt 320 SC sowie Ethosat® 500 konnten auf die Mischung verschiedener Herbizidklassen und die einhergehenden, unterschiedlichen Angriffspunkte der Wirkstoffe in der Pflanze zurückgeführt werden. Die Herbizide Goltix® Gold und Kontakt 320 SC hemmen das Photosystem II, Ethosat® 500 inhibiert dagegen die Fettsynthese der Pflanzen, welche durch die PS-II-Inhibitorresistenz nicht tangiert ist (MECHANT und BULCKE, 2006; MECHANT et al., 2008; PETERSEN und VARRELMANN, 2011). Auch der Einsatz von Metamitron und Phenmedipham in einer Mischung erbrachte wegen der Sensitivität der Biotypen gegen Phenylcarbamate gute Erfolge, wengleich die Wirkung im Vergleich zur Mischung der drei Herbizide etwas geringer war. Dies lässt sich damit erklären, dass bei einer Mischung von Metamitron und Phenmedipham zwei Wirkstoffe kombiniert werden, die beide auf das Photosystem II einwirken, bei der „Dreier-Mischung“ hingegen auch die Fettsynthese gehemmt wurde. Der größere Bekämpfungserfolg des „Ser264Gly“-Biotyps im Vergleich zum „Leu218Ser“-Biotyp in den reinen Goltix® Gold Varianten lässt auf eine stärker ausgeprägte Resistenz des Biotyps 218 gegenüber Triazinone schließen, was die Behandlungsergebnisse der beiden Biotypen mit Metribuzin bestätigte. Die Untersuchungen von PETERSEN und VARRELMANN (2011) sowie WILSKI et al. (2006) bestätigten die Resistenz des Biotyps 218 gegen Metamitron und Metribuzin. Die bei PETERSEN und VARRELMANN (2011) untersuchten Pflanzenproben stammten aus einer Zuckerrüben/Kartoffel-Fruchtfolge, wobei vor allem Triazinone eingesetzt wurden und keine Triazine. Die häufige Behandlung dieser Flächen mit Triazinonen könnte die Ursache für einen hohen Resistenzgrad des Biotyps „Leu218Ser“ gegen Metamitron und Metribuzin sein.

Die Schäden an den Zuckerrüben in den Herbizidvarianten mit der Ethofumesatmenge von in der Summe von 1000 g/ha führte unter den Testbedingungen zu nachhaltigen Schäden an den Zuckerrüben. Die Ursachen für diese überraschend deutlichen Kulturschäden blieben unklar. Feldversuche sollten klären, ob die Erhöhung der Ethofumesatmenge in gängigen Herbizidmischungen eine kulturpflanzenverträgliche Strategie zur Kontrolle von triazinonresistenten *C. album*-Biotypen sein kann.

Der Behandlungserfolg mit der Mischung aus Metribuzin und Aclonifen in Kartoffeln deckte sich mit den Ergebnissen von MECHANT und BULCKE (2006), die zwar für den Biotyp mit der Mutation „Ser264Gly“ eine Kreuzresistenz zu Metribuzin, nicht jedoch für Aclonifen beschrieben. Die beschriebene Kreuzresistenz zu Metribuzin bei den *C. album*-Biotypen mit der Mutation „Ser264Gly“ wurde durch die vorliegende Untersuchung bestätigt. Weiterhin könnte auch mit der Anwendung von Metribuzin die erhöhte Resistenz gegen Triazinone für den Biotyp „Leu218Ser“ bestätigt werden, da der Behandlungserfolg geringer war, als bei der sensitiven und resistenten Herkunft aus Outgaarden (264). Daher resultierte auch die bessere Wirkung der Wirkstoffmischung aus Metribuzin und Aclonifen des Biotyps aus Bröckel im Vergleich zur Herkunft aus Outgaarden. Der sensitive Biotyp konnte mit beiden Wirkstoffvarianten erfolgreich bekämpft werden und würde keinen Einsatz des Wirkstoffs Aclonifen erfordern. Es wäre jedoch bei Bestätigung eines resistenten Biotyps auf einem Feld zu empfehlen, die Kombination aus Metribuzin und Aclonifen anzuwenden, um die resistenten *C. album*-Biotypen sicher und effektiv bekämpfen zu können und somit die Ausbreitung auf weitere Felder zu vermeiden.

4.2 Versuchsansatz zur Untersuchung der Fitness verschiedener *Chenopodium album*-Biotypen

Aufgrund des sehr heterogenen Aufwuchses von *C. album* ist es durch diesen Versuch nicht gelungen, die von McCLOSKEY und HOLT (1990) beschriebene geringere Konkurrenzkraft von Pflanzen mit der Mutation „Ser264Gly“ nachzuweisen. Weiterhin konnte nicht ermittelt werden, welche Konkurrenzkraft *C. album*-Individuen mit der target-site Mutation „Leu218Ser“ im Vergleich zu sensitiven Biotypen besitzen. Da keine Unterschiede im Aufwuchs der getesteten Biotypen festzustellen waren, die mit den Resistenzen korrelierte, konnten auch keine Unterschiede in der Konkurrenzkraft der getesteten Herkünfte nachgewiesen werden.

Danksagung

Die Autoren bedanken sich bei Mark Varrelmann (IfZ Göttingen), Els Mechant (Universität Ghent) und Antje Kalfa (FCS Köln) für die Bereitstellung der *C. album* Samen und die gewährte technische Unterstützung.

Literatur

- BRÄUTIGAM, H., 1998: UNTERSUCHUNGEN ZUR KONKURRENZ ZWISCHEN UNKRAUT UND ZUCKERRÜBEN (DISS.); CUVILLIER VERLAG, GÖTTINGEN.
- CURRAN, W. S., 1999: MANAGEMENT OF TRIAZINE-RESISTENT PIGWEED AND LAMBSQUARTERS – AN INTEGRATED APPROACH. IN: AGRONOMY FACTS **10**; COLLEGE OF AGRICULTURAL SCIENCES – COOPERATIVE EXTENSION, PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY, ONLINE UNTER: [HTTP://CROPSOIL.PSU.EDU/EXTENSION/FACTS](http://cropsoil.psu.edu/extension/facts); 14.08.2011, 16:19 UHR.
- GRESSEL, J. UND L. A. SEGEL, 1978: THE PAUCITY OF PLANTS EVOLVING GENETIC RESISTANCE TO HERBICIDES: POSSIBLE REASONS AND IMPLICATIONS. JOURNAL OF THEORETICAL BIOLOGY **75**, 349-371.
- HEAP, I., H. GLICK, L. GLASGOW UND W. VENCILL, 2011: TABLE: HERBICIDE RESISTANT LAMBSQUARTERS GLOBALLY - *CHENOPODIUM ALBUM*; [HTTP://WWW.WEEDSCIENCE.ORG/SUMMARY/USPECIESCOUNTRY.ASP?LSTWEEDID=47&FMSPECIES=GO](http://www.weedscience.org/summary/uspeciescountry.asp?lstweedid=47&fmSpecies=Go); 04.10.2011, 10:43 UHR.
- MC CLOSKEY, W. B. UND J. S. HOLT, 1990: TRIAZINE RESISTANCE IN *SENECIO VULGARIS* PARENTAL AND NEARLY ISONUCLEAR BACKCROSSED BIOTYPES IS CORRELATED WITH REDUCED PRODUCTIVITY. PLANT PHYSIOLOGY **92**, 954 – 962.
- MECHANT, E. UND R. BULCKE, 2006: CROSS-RESISTANCE OF METAMITRON-RESISTANT *CHENOPODIUM-ALBUM* L. BIOTYPES FROM SUGAR BEET. JOURNAL OF PLANT DISEASES AND PROTECTION **SPECIAL ISSUE XX**, 147 – 153.
- MECHANT, E., T. DE MAREZ, O. HERMANN, R. OLSSON UND R. BULCKE, 2008: TARGET SITE RESISTANCE TO METAMITRON IN *CHENOPODIUM ALBUM* L. JOURNAL OF PLANT DISEASES AND PROTECTION **SPECIAL ISSUE XXI**, 37 – 40.

- PETERSEN, J. UND M. VARRELMANN, 2011: A NEW *CHENOPODIUM ALBUM* BIOTYPE WITH RESISTANCE TO METRIBUZIN AND METAMITRON. IN: PETERSEN, J. UND M. SCHULTE, 2011: REPORT ON THE ANNUAL MEETING OF THE WORKING GROUP „HERBOLOGY“; JOURNAL OF PLANT DISEASES AND PROTECTION **118**, 86 – 89.
- WELLMANN, A., 1999: KONKURRENZBEZIEHUNGEN UND SCHADENSPROGNOSEN IN ZUCKERRÜBEN BEI VARIERTEM ZEITLICHEN AUFTRETEN VON *CHENOPODIUM ALBUM* L. UND *CHAMOMILLA RECUTITA* (L.) RAUSCHERT (DISS.); CUVILLIER VERLAG, GÖTTINGEN.
- WILSKI, S., U. JOHANNINGMEIER, S. HERTEL UND W. OETTMEIER, 2006: HERBICIDE BINDING IN VARIOUS MUTANTS OF THE PHOTOSYSTEM II D1 PROTEIN OF *CLAMYDOMONAS REINHARDTII*. PESTICIDE BIOCHEMISTRY AND PHYSIOLOGY **84**, 157 – 164.
- WRUBEL, R. P. UND J. GRESSEL, 1994: ARE HERBICIDE MIXTURES USEFUL FOR DELAYING THE RAPID EVOLUTION OF RESISTANCE? A CASE STUDY. WEED TECHNOLOGY **8**, 635 – 648.