Vergleich zweier Zwischenfrucht-Anbauverfahren von Zuckerrüben im Praxisversuch, unter Berücksichtigung verschiedener Herbizidwirkstoffe

Comparison of two cover crops methods in sugar beets in a field trial with different herbicide active substance

Marleen Schulz[1*], Friedhelm Schwager[2], Becke Strehlow[1]

[1]Hochschule Neubrandenburg, Brodaer Straße 2, 17033 Neubrandenburg
[2]Nordzucker AG, An der Zuckerfabrik 1, 29525 Uelzen
*Korrespondierende Autorin, Marleen_Schulz@outlook.de

DOI 10.5073/jka.2020.464.047

Zusammenfassung

Zukünftig wird sich der Anbau von Zuckerrüben erschweren. Grund dafür ist unter anderem, dass in absehbarer Zeit immer mehr herbizide Wirkstoffe wegfallen, da sie ihre Zulassung verlieren. So wurde die Genehmigung für den Wirkstoff Desmedipham bereits vor einigen Wochen von der Europäischen Union nicht erneuert und auch eine Verlängerung der Zulassung des Wirkstoffs Phenmedipham ist ungewiss. Auf einem Praxisbetrieb wurde ein Streifenversuch angelegt, um zu überprüfen, ob mit den verbleibenden herbiziden Wirkstoffen und verschiedenen Zwischenfruchtanbauverfahren, die am Standort auftretenden Unkräuter erfolgreich bekämpft werden können. Neben dem Unkrautspektrum und dem Bekämpfungserfolg der eingesetzten Herbizide wurde in den verschiedenen Anbauvarianten das Wachstum der Rüben, sowie der Rüben- und Zuckerertrag erfasst.

Verglichen wurde die unkrautunterdrückende Wirkung verschiedener Zwischenfrucht-Anbauverfahren. Dies könnte auf die unterschiedlichen Biomasserückstände der einzelnen Varianten zurückgeführt werden. Die geringste unkrautunterdrückende Wirkung wies die Winterweizen-Zwischenfrucht auf, welcher vor der Zuckerrübenaussaat mit Glyphosat beseitigt wurde. Der Zeitpunkt der Beseitigung des Zwischenfrucht-Winterweizens hatte einen starken Effekt auf die spätere Verunkrautung der Zuckerrüben.

Außerdem wurden zwei Herbizid-Varianten verglichen, in denen einerseits die Wirkstoffe Desmedipham und Phenmedipham und andererseits Clopyralid und Metamitron eingesetzt wurden. Dabei zeigte die Herbizid-Variante Desmedipham und Phenmedipham die höchsten Wirkungsgrade gegenüber den Leitunkräutern. Auffällig war jedoch, dass in dieser Herbizid-Variante der Rübenertrag mit 83,8 t/ha und der Zuckergehalt mit 15,5 % geringer ausfiel als in der Vergleichs-Variante Clopyralid und Metamitron (98,8 t/ha mit 16,5 % Zucker). Die mittlere Anzahl der Unkrautpflanzen lag über dem gesamten Boniturzeitraum auf einem sehr geringen Niveau. Es wurden maximal elf Pflanzen/m² bonitiert. Dies könnte erklären, dass trotz der höheren Unkrautzahlen in der Herbizid-Variante Clopyralid und Metamitron höhere Erträge realisiert wurden.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass trotz wegfallender Herbizide, Zuckerrüben erfolgreich angebaut werden können und der Zwischenfruchtanbau einen wichtigen Beitrag zur Unkrautunterdrückung leisten kann.

Stichwörter: Zuckerrübe, Herbizide, Zwischenfrucht, Wachstum

Abstract

In the future, the cultivation of sugar beet will become more difficult. One of the reasons is that more and more herbicidal active ingredients will be prohibited because they loose their approvals. A few weeks ago the approval for the active substance desmedipham was not renewed by the European Union and the approval for Phenmedipham is also uncertain. On a practical farm, a strip trial with various cultivation methods was carried out to check if the herbicidal active substances available for use in sugar beet and various covercropping methods could be used to control weeds successfully. In addition to the weed spectrum and the efficacy of the herbicides used, the growth of the sugar beets as well as the beet and sugar yield were recorded in the various cultivation variants.

The weed-suppressing effect of various covercropping methods was compared. Differences could be attributed to the different biomass residues of the individual cover crop varieties. The lowest weed-suppressing effect was found for the winter wheat cover crop, which was removed with glyphosate before sowing of the sugar beet. The time of removal of the winter wheat cover crop had a strong effect on the subsequent weeds in the sugar beet.

In addition, two herbicide variants were compared in which on the one hand the active ingredients desmedipham and phenmedipham and on the other hand clopyralid and metamitron were used. The herbicide variants desmedipham and phenmedipham showed the highest efficacy on the main target weeds. However, it was noticeable that in this herbicide variant the beet yield of 83.8 t/ha and the sugar content of 15.5 % were

lower than in the comparison variant clopyralid and metamitron (98.8 t/ha with 16.5 % sugar). The average number of weed plants over the entire experimental period was at a very low level. A maximum of eleven weed plants/m² were assessed. This could explain that higher yields were achieved under the herbicide variant clopyralid and metamitron although higher weed numbers were detected.

In summary, it can be stated that despite the loss of important herbicides, sugar beet can be successfully cultivated and cover crops can make an important contribution to weed suppression.

Keywords: Sugar beet, herbicides, cover crop, growth

Einleitung

Die Veröffentlichungen der Wirtschaftsverbände Zucker zum Rübenanbau zeigen, dass die Anbauflächen von Zuckerrüben trotz des Wegfalls der nationalen Zuckerquoten und der Rübenmindestpreise in 2017, sowie trotz fallender Preise auf dem Weltzuckermarkt steigen (Tab. 1) (WVZA, WVZD). Die Anzahl an Rübenanbauern in Deutschland ist rückläufig, die durchschnittliche Anbaufläche pro Rübenanbauer ist jedoch in den letzten drei Jahren um circa vier Hektar gestiegen, was die steigende Anbaufläche erklärt (Tab. 1). Die Rübenerträge und Zuckergehalte unterliegen jährlichen Schwankungen und liegen zwischen 63 und 84 t/ha bzw. zwischen 17,9 und 19,3 % (Tab. 1).

Tab. 1 Zuckerrübenanbau und Zuckererzeugung in Deutschland (*Schätzungen).

Tab. 1 *Sugar beet cultivation and sugar production in Germany (*estimates).*

	2016/2017	2017/2018	2018/2019	2019/2020*
Anbaufläche in ha	299.692	382.012	390.285	375.575
Anzahl der Rübenanbauer	28.509	27.142	26.571	25.000
Ø-Anbaufläche je Rübenanbauer in ha	10,5	14,1	14,7	15,0
Rübenertrag in t/ha	75,2	84,1	63,1	69,5
Zuckergehalt in %	17,9	17,9	19,3	18,1

Quelle: WVZB, WVZE

Beim Zuckerrübenanbau spielt die sogenannte „abnehmende Hand" eine wichtige Rolle, so konzentriert sich der Anbau vornehmlich um die Standorte der Zuckerfabriken (Abb. 1).

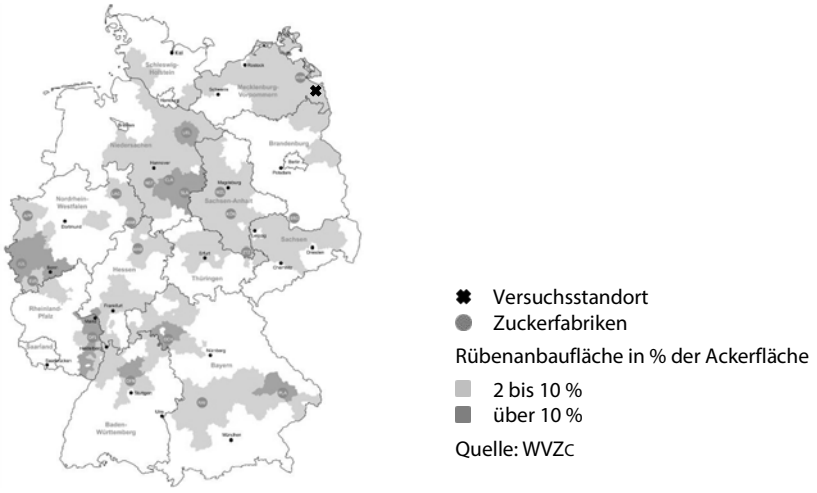


Abb. 1 Zuckerrübenanbaugebiete.

Fig. 1 *Sugar beet growing areas.*

In Bezug auf den Herbizideinsatz stellt die Zuckerrübe besondere Ansprüche. Vor allem in ihrer Jugendentwicklung und dem späten Reihenschluss ist die junge Pflanze konkurrenzschwach

gegenüber der Ackerbegleitflora, so dass mehrmalige Herbizideinsätze im Keimblattstadium der Ungräser und -kräuter praxisüblich sind (ROßBERG et al. 2017).

Die Pflanzenschutzintensität im Zuckerrübenanbau ist in den letzten Jahren stetig gestiegen. Der Behandlungsindex liegt bei den Herbiziden zwischen 2,1 und 2,8 (ROßBERG et al. 2017). Die Gründe für den zunehmenden Einsatz von Pflanzenschutzmitteln sind vielfältig. In Bezug auf den Herbizideinsatz ist ein Grund jedoch das Auftreten schwer bekämpfbarer Unkräuter wie Bingelkraut, Hundspetersilie, Kamille, Klettenlabkraut, Knöterichart (v. a. Vogel- und Windenknöterich) und Weißer Gänsefuß, aber auch Schosserrüben und Raps (VASEL et al. 2012). Die Herbizidapplikationen erfolgen üblicherweise im Splitting-Verfahren mit reduzierten Aufwandmengen und die Behandlungshäufigkeiten liegen zwischen 3,5 und 3,9 (ROßBERG et al. 2017).

Auf nahezu allen Zuckerrübenflächen wurden vor allem die Wirkstoffe Desmedipham und Phenmedipham besonders häufig zur Unkrautregulierung eingesetzt. Diese Wirkstoffkombination ist Bestandteil vieler Herbizide, mit welcher die oben genannten Problemunkräuter, mit Ausnahme von Hundspetersilie und Kamille, sicher kontrolliert werden konnten. Aufgrund der hohen Einsatzmengen der Herbizidwirkstoffe Desmedipham und Phenmedipham wurden Metaboliten beider Wirkstoffe bereits in Oberflächengewässern bzw. dem Grundwasser gefunden, so dass eine Erneuerung der Zulassung des Wirkstoffs Phenmedipham nach dem Zulassungsende ungewiss ist (DRESSLER 2019). Die Durchführungsverordnung 2019/1100 der Europäischen Kommission vom 27. Juni 2019 regelte bereits die Nichterneuerung der Zulassung für den Wirkstoff Desmedipham. Die Aufbrauchfrist für Herbizide mit diesem Wirkstoff endet am 01. Juli 2020.

Weitere wichtige Herbizidwirkstoffe sind Ethofumesat und Metamitron (ROßBERG et al. 2017). Der Wirkstoff Metamitron, in Kombination mit Clopyralid, weist Wirkungslücken beim Bingelkraut, Klettenlabkraut und den Knöterichart auf. Bingelkraut und Klettenlabkraut lassen sich stattdessen mit dem Wirkstoff Ethofumesat kontrollieren (GEHRING und THYSSEN 2019). Aufgrund des Wegfalls von Desmedipham un der potentiellen Nichterneuerung von Phenmedipham gibt es zukünftig im Rübenanbau keine herbiziden Wirkstoffe, die den Vogel- und Windenknöterich erfolgreich kontrollieren. Um die an einem Standort auftretenden Unkräuter zu bekämpfen, müssen vermehrt Wirkstoffmischungen eingesetzt werden (GEHRING und THYSSEN 2019), was die Spritzmittelauswahl für den Landwirt erschwert.

Bei 44 % der Rüben-anbauenden Landwirtschaftsbetriebe deutschlandweit erfolgt die Saatgutablage in ein gepflügtes Saatbett. Auf 30 % der Flächen erfolgt die Aussaat per Mulchsaatverfahren in Verbindung mit dem Anbau von Zwischenfrüchten, 24 % der Landwirte hingegen bauen ihre Zuckerrüben per Strohmulchverfahren an, während auf den restlichen 2 % die Aussaat per Strip-Till-Verfahren erfolgt (STOCKFISCH et al. 2013).

Eine Alternative zum chemischen Pflanzenschutz wäre die mechanische Unkrautregulierung. Der Unkrautbesatz lässt sich mit Hilfe von Hacke und Striegel verringern und in Verbindung mit kameragestützen Lenksystemen wird der Anteil an geschädigten und entwurzelten Rüben reduziert. Im Vergleich zum Herbizideinsatz weist die mechanische Unkrautregulierung geringere Wirkungsgrade auf (90 % versus 82 %) (KUNZ et al. 2016).

In der vorliegenden Untersuchung soll überprüft werden, ob die standortspezifische Verunkrautung während der konkurrenzschwachen Jugendentwicklung der Zuckerrübe, trotz Wegfall der Wirkstoffe Desmedipham und Phenmedipham sicher kontrolliert werden kann. Hierfür wurden Streifenversuche auf zwei Praxisflächen angelegt, um zum einen die Wirkung von Herbizidmischungen (mit und ohne Desmedipham/Phenmedipham) und zum anderen verschiedene Zwischenfruchtanbaufahren (abgefrorener Bestand einer Zwischenfruchtmischung, Winterweizen-Zwischenfrucht mit Beseitigung der Zwischenfrucht vor der Zuckerrüben-Aussaat mit Glyphosat und Winterweizen-Zwischenfrucht mit Beseitigung der Zwischenfrucht nach der Zuckerrüben-Bestandesetablierung mit einem Graminizid) in ihrer Unkraut-unterdrückenden Wirkung miteinander zu vergleichen. Die Arbeiten wurden im Rahmen einer Masterarbeit an der Hochschule Neubrandenburgdurchgeführt.

Material und Methoden

Anbauverfahren, Versuchsanlage und Versuchsvarianten

Der Versuch wurde auf den Praxisflächen eines Ackerbaubetriebes in Mecklenburg-Vorpommern, im Landkreis Rostock, angelegt (53°55'06.8"N, 12°23'21.2"O) (Abb. 1). Er wurde auf zwei Flächen (Fläche A: 20,43 ha, Fläche B: 0,67 ha) durchgeführt, die durch einen Feldweg voneinander getrennt sind (Abb. 2). Die Bodenart ist lehmiger Sand und die Bodenpunkte liegen bei 37/38.

Die Zuckerrüben wurden auf beiden Flächen im absätzigen Strip-Till-Verfahren direkt in den Zwischenfruchtbestand gelegt. Einen Tag vor der Aussaat wurde der Boden in den entsprechenden Streifen bearbeitet und gleichzeitig 20 m^3/ha flüssige Gärreste ausgebracht. Am 10. April erfolgte die Aussaat der Rüben mit einer Ablagetiefe von 3 cm. Die Ablageentfernung betrug 18 und der Reihenabstand 45 cm, so dass die Aussaatdichte bei etwa zwölf Zuckerrübenpflanzen pro m^2 lag.

Um neben den Auswirkungen der verschiedenen Zwischenfrucht-Anbauverfahren auch die Effekte der verschiedenen, eingesetzten Herbizidwirkstoffe auf die Verunkrautung, sowie die Zuckerrübenentwicklung und den –ertrag zu erfassen, wurde auf beiden Versuchsflächen ein Streifenversuch ohne Wiederholungen angelegt (Abb. 2).

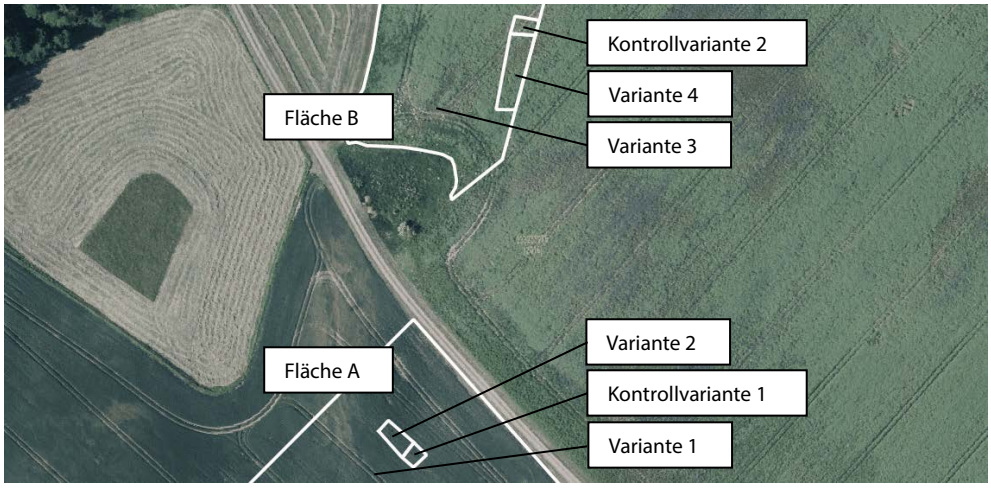


Abb. 2 Lage der Versuchsflächen und –varianten.

Fig. 2 *Location of test plots and –variants.*

Auf der Versuchsfläche A wurden die Zuckerrüben in einen abgestorbenen Zwischenfruchtbestand gedrillt. Die Zwischenfruchtmischung (Lupinen, Phacelia und Rauhafer) wurde am 11. August 2018 gedrillt. Die Herbizid-Variante 1 enthielt die Wirkstoffe Desmedipham und Phenmedipham (3,75 l/ha Betanal MAXXPRO: 47 g/l Desmedipham; 60 g/l Phenmedipham, 75 g/l Ethofumesat und 27 g/l Lenacil; Bayer CropScience)) und wurde nicht als Streifen, sondern auf der gesamten Fläche am 27. April, 6. und 23. Mai appliziert (Abb. 2 und 3, Tab. 2). Die Herbizid-Variante 2 stellte eine Alternative zur bisher praxisüblichen und weitverbreiteten ersten Herbizid-Variante 1 dar. Variante 2 umfasste die Applikation des Wirkstoffes Clopyralid (0,10 l/ha LONTREL 600: 600 g/l Clopyralid; Corteva) am 17. Mai und des Wirkstoffes Metamitron (4,00 l/ha Metafol SC: 696 g/l Metamitron; UPL) an zwei Terminen (27. April und 06. Mai). Die Pflanzenschutzmittel wurden als Streifen auf ca. 85 m^2 ausgebracht (Abb. 2 und 3, Tab. 2). Mit dieser Versuchsvariante soll der Frage nachgegangen werden, ob die Unkräuter trotz potentiellem Wegfall der beiden Wirkstoffe Desmedipham und Phenmedipham mit den weiterhin verfügbaren Herbizidwirkstoffen Clopyralid und Metamitron bekämpft werden können.

Auf der Versuchsfläche B wurden die Zuckerrüben nicht in einen abgestorbenen Bestand einer Zwischenfruchtmischung, sondern in einen Weizenbestand gelegt. Der Winterweizen „Ponticus" wurde am 28. September 2018 mit einer Aussaatstärke von 245 Körner/m² gedrillt. Auf der Herbizid-Variante 3 wurde der Winterweizen acht Tage nach der Rübenaussaat am 18. April mit dem Graminizid Quizalofop-P (2,00 l/ha Targar Super: 46,3 g/l Quizalofop-P; Nufarm) beseitigt. Diese Variante wurde auf 0,6 ha appliziert (Abb. 2 und 3, Tab. 2). In der Herbizid-Variante 4 (250 m²) wurde der Weizen vor der Rübenaussaat am 24. Februar mit dem Totalherbizid Glyphosat(3,00 l/ha Durano: 360 g/l Glyphosat; Bayer CropScience) beseitigt (Abb. 2 und 3, Tab. 2). Der Winterweizen hatte zu den Applikationszeitpunkten das BBCH Stadium 25 (Variante 4) beziehungsweise 31/32 (Variante 3) erreicht. In diesen beiden Versuchsvarianten erfolgte die Bekämpfung der später auflaufenden Unkräuter mit den Wirkstoffen Clopyralid und Metamitron, identisch mit der Versuchsvariante 2 (Abb.3 und Tab. 2). Mit diesem Streifenversuch soll überprüft werden, ob der Zeitpunkt der Beseitigung des Weizenbestandes vor- bzw. nach der Rübenaussaat einen Einfluss auf das Rübenwachstum, sowie das Unkrautspektrum hat. Außerdem wird der Versuchsfrage nachgegangen, ob die Winterweizenzwischenfrucht als kurzzeitige Begleitkultur zu den Zuckerrüben die auftretenden Unkräuter besser unterdrückt als die Zwischenfruchtmischung, die über den Winter abgefroren ist.

Tab. 2 Versuchsvarianten.

Tab. 2 *Experimental treatments.*

Feld	Zwischenfrucht-Anbauverfahren	Variante	Wirkstoffe	Anzahl Applikationen
A	Zwischenfruchtmischung (Lupine, Phacelia, Rauhafer)	Kontrolle	-	0
		1	Phenmedipham + Desmedipham	3
		2	Clopyralid + Metamitron	3
B	Weizen (Ponticus)	Kontrolle	Graminizideinsatz nach Aussaat	1
		3	Graminizideinsatz nach Aussaat	1
			Clopyralid + Metamitron	3
		4	Glyphosateinsatz vor Aussaat	1
			Clopyralid + Metamitron	3

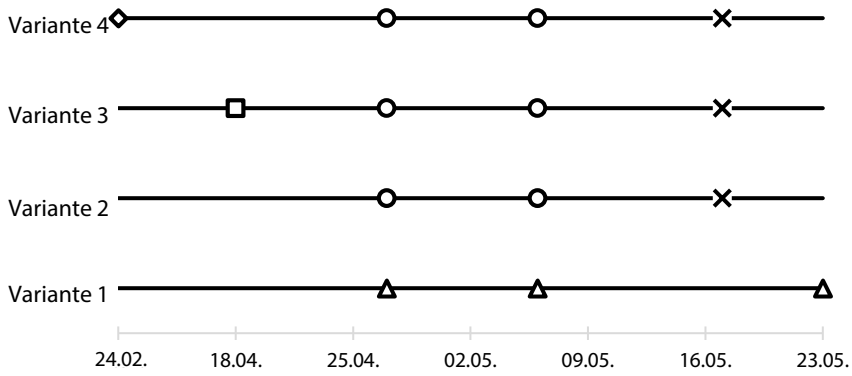
Auf beiden Flächen wurden Spritzfenster (unbehandelte Kontrollvarianten) angelegt (Abb. 2 und Tab. 2) um das Unkrautspektrum und den Bekämpfungserfolg der Herbizidmaßnahmen zu erfassen. Beide Kontrollvarianten waren ca. 50 m² groß. Auf der Kontrollvariante der Fläche B erfolgte ein Graminizideinsatz (2,00 l/ha Targa Super) um den Winterweizenbestand zu beseitigen und nur die nachfolgend auflaufenden Unkräuter zu bonitieren (Tab. 2).

Untersuchungsmethoden

Zur Dokumentation des Wachstumsverlaufs der Zuckerrüben wurde ab dem Tag der Aussaat bis zum Reihenschluss wöchentlich das BBCH-Stadium bestimmt. Die Anzahl aufgelaufener Unkrautpflanzen, sowie deren Deckungsgrad wurden mit Hilfe des Göttinger Zählrahmens (1/10 m²) in jeder einzelnen Versuchsvariante in zehnmaliger Wiederholung an acht Boniturterminen von Mitte April bis Mitte Juni erfasst. Der Wirkungsgrad der Herbizide wurde für die Varianten 1 und 2 auf Fläche A zur Endbonitur am 12. Juni mit Hilfe folgender Formel nach Abbott (Abbott 1925) berechnet:

$$\text{Wirkungsgrad in \%} = \frac{\text{Pflanzen Kontrolle} - \text{Pflanzen behandelte Variante}}{\text{Pflanzen Kontrolle}}\ x\ 100$$

Um den Ertrag der Zuckerrübe und deren Zuckergehalt zu bestimmen, wurde am 24. September auf den einzelnen Versuchsvarianten eine Proberodung durchgeführt. Hierzu wurden pro Versuchsvariante jeweils auf 2,5 m² in zweimaliger Wiederholung die Rüben geerntet, gezählt und gewogen, um die Pflanzenanzahl je Hektar, sowie den Ertrag zu berechnen. Außerdem wurde der Zuckergehalt der Rüben im Labor der Nordzucker AG analysiert.



Herbizid	Wirkstoffe	Symbol
Durano	360 g/l Glyphosat	◇
Targa Super	46,3 g/l Quizalofop-P	□
Betanal	47 g/l Desmedipham; 60 g/l Phenmedipham, 75 g/l Ethofumesat und	△
MAXXPRO	27 g/l Lenacil	
Metafol SC	696 g/l Metamitron	○
LONTREL 600	600 g/l Clopyralid	✖

Abb. 3 Behandlungszeitpunkte und eingesetzte Herbizide der einzelnen Varianten.

Fig. 3 *Treatment times and herbicides used for the individual variants.*

Ergebnisse

Unkrautspektrum der beiden Versuchsfelder

Tabelle 3 zeigt die Anzahl der verschiedenen Unkrautarten, die Summe der insgesamt bonitierten Unkrautpflanzen über den Versuchszeitraum, deren Mittelwert und Standardabweichung, sowie die maximal bonitierte Pflanzenanzahl für die Kontrollvarianten der beiden Versuchsflächen. Generell ist zu sehen, dass es Unterschiede im Unkrautbesatz zwischen den zwei Versuchsflächen gab. Während auf Fläche A das Artenspektrum größer war (Feld A: 17 Arten, Feld B: 7 Arten), wies die Fläche B Fläche B eine höhere Gesamtunkrautdichte auf (Feld A: 880 Pflanzen/m^2, Feld B: 1640 Pflanzen/m^2) (Tab. 3).

Tab. 3 Unkrautspektrum der beiden Kontrollvarianten.

Tab. 3 *Weed spectrum of the two control variants.*

Feld	Artenanzahl	Summe (Pfl./m^2)	Mittelwert (Pfl./m^2)	Standardabweichung	Maximum (Pfl./ m^2)
A	17	880	7,52	5,71	20
B	7	1640	12,71	15,55	100

Tabelle 4 zeigt die mittlere Dichte und Stetigkeit der Leitunkrautarten der Kontrollvarianten beider Versuchsflächen. Der Vergleich der beiden Flächen zeigt, dass sich die Versuchsstandorte in ihren Leitunkräutern nicht stark voneinander unterschieden. Zu den Leitunkräutern zählten auf beiden Flächen der Gemeine Windenknöterich (POLCO) und das Acker-Stiefmütterchen (VIOAR). Beide wurden häufig und mit hohen Pflanzenanzahlen/m^2 an den einzelnen Terminen bonitiert (Tab. 4). Auf Feld A wurden der Raps (BRSNN), der Weiße Gänsefuß (CHEAL) und die Vogel-Wicke (VICCR) häufiger bonitiert als auf Feld B (Tab. 4). Der Vogel-Knöterich (POLAV) wurde auf beiden Flächen

vergleichsweise selten bonitiert und der Schlitzblättrige Storchschnabel (GERDI) war lediglich auf Versuchsfläche A vertreten (Tab. 4).

Tab. 4 Dichte und Stetigkeit der Leitunkrautarten der beiden Kontrollvarianten.

Tab. 4 *Density and consistency of the leading weed species of of the two control variants.*

Unkraut	Feld A		Feld B	
	Dichte (Pfl./m²)	Stetigkeit (%)	Dichte (Pfl./m²)	Stetigkeit (%)
BRSNN	10,00	78	10,00	11
CHEAL	10,91	56	12,11	33
GERDI	10,00	44	-	-
POLAV	10,00	33	12	33
POLCO	13,64	78	17,09	78
VICCR	14,00	33	10,00	22
VIOAR	10,71	56	26,79	56

Mittelvergleich: Unkrautbekämpfung auch mit den weiterhin verfügbaren Herbizidwirkstoffen Clopyralid und Metamitron realisierbar?

Abbildung 4 zeigt den Einfluss der Zwischenfruchtmischung (Fläche A) auf die mittlere Unkrautdichte der Versuchsvarianten 1 und 2 je Boniturtermin. Der Vergleich der beiden Varianten zeigt, dass die Variante 1 (Desmedipham und Phenmedipham), eine geringere mittlere Unkrautdichte aufwies als die Variante 2 (Clopyralid und Metamitron). Dennoch lag die mittlere Anzahl der Unkrautpflanzen/m² mit maximal elf Pflanzen/m² über dem gesamten Boniturzeitraum hinweg auf einem niedrigen Niveau.

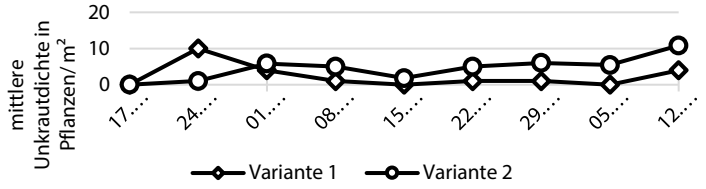


Abb. 4 Entwicklung der mittleren Unkrautdichte der Fläche A.

Fig. 4 *Development of the mean weed density on field A.*

Tabelle 5 stellt den Wirkungsgrad der Herbizidmaßnahmen nach ABBOTT bei den Leitunkräutern der Versuchsvarianten 1 und 2 zur Endbonitur am 12. Juni dar (Abb. 5). Generell ist zu sehen, dass sich die Herbizidvarianten in ihrer Wirkung gegenüber den Unkräutern unterschieden. Die Variante 1 (Desmedipham und Phenmedipham) wies einen Wirkungsgrad von 76,47 % gegenüber der Gesamtverunkrautung (HERBA) auf und lag deutlich über dem Wirkungsgrad der Variante 2 (Clopyralid und Metamitron), deren Behandlungserfolg nur bei 23,53 % lag (Tab. 4). In Bezug auf die einzelnen Unkrautarten lässt sich festhalten, dass beide Herbizid-Varianten POLAV zu 100 % bekämpfen konnten. Die Wirkungsgerade gegenüber CHEAL und VIOAR bzw. BRSNN und GERDI, unterschieden sich zwischen den Herbizid-Varianten jedoch stark: Die Wirkungsgerade lagen in der Variante 1 mit 50 bzw. 100 % über den Wirkungsgraden in der Variante 2, in welcher die aufgeführten Unkrautarten mit den Wirkstoffen Clopyralid und Metamitron nicht bekämpft werden konnten (Tab. 4). VICCR war zu Endbonitur lediglich auf der Variante 2 vertreten, wobei die Herbizidmaßnahmen bei ihrer Bekämpfung keine Wirkung zeigten (Tab. 4). Die Herbizideinsätze beider Varianten zeigten gegenüber POLCO keinerlei Erfolge (Tab. 4).

Tab. 5 Endverunkrautung (Pfl./m²) und Wirkungsgrade der Herbizidapplikationen (%) der Varianten 1 und 2.
Tab. 5 *Final weed in plants/m² and efficiency of herbicide applications in % of variants 1 and 2.*

	HERBA		**BRSNN**		**CHEAL**		**GERDI**	
	Pfl./m²	**%**	**Pfl./m²**	**%**	**Pfl./m²**	**%**	**Pfl./m²**	**%**
Variante 1	40	76,47	0	100,00	10	50,00	0	100,00
Variante 2	130	23,53	10	0,00	70	0,00	10	0,00
Kontrollvariante	170	/	10	/	20	/	10	/
	POLAV		**POLCO**		**VICCR**		**VIOAR**	
	Pfl./m²	**%**	**Pfl./m²**	**%**	**Pfl./m²**	**%**	**Pfl./m²**	**%**
Variante 1	0	100,00	20	0,00	/	/	10	50,00
Variante 2	0	100,00	10	0,00	70	0	20	0,00
Kontrollvariante	40	/	10	/	/	/	20	/

Winterweizen-Zwischenfrucht: Hat die Beseitigung des Weizenbestandes vor- bzw. nach der Rübenaussaat einen Einfluss auf die Unkrautdichte?

Abbildung 5 zeigt den Einfluss der Winterweizen-Zwischenfrucht auf die mittlere Gesamtverunkrautung der Versuchsvarianten 3 (Beseitigung der Weizen-Zwischenfrucht nach der Zuckerrübenaussaat) und Variante 4 (Beseitigung der Weizen-Zwischenfrucht vor der Zuckerrübenaussaat), je Boniturtermin. An den ersten drei Boniturterminen war die mittlere Unkrautdichte gering und unterscheidet sich nicht zwischen den Versuchsvarianten. Unterschiede in der mittleren Unkrautdichte traten erst ab dem 08. Mai auf. Die Variante 3 wies nun im Vergleich zur Variante 4 eine geringere mittlere Unkrautdichte auf. Die maximale mittlere Unkrautdichte der Variante 3 lag bei 51 Unkrautpflanzen/m² und die der Variante 4 bei 21 Pflanzen/m². Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der Zeitpunkt der Beseitigung des Zwischenfrucht-Weizens die spätere Verunkrautung beeinflusst.

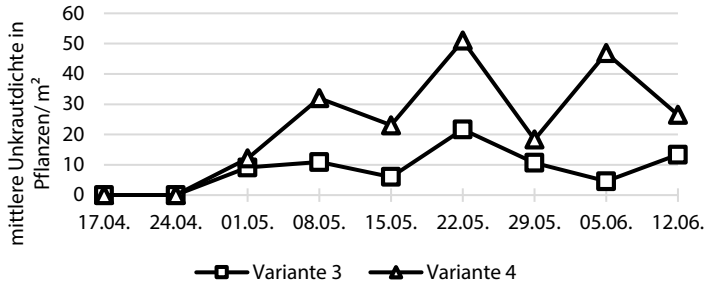


Abb. 5 Entwicklung der mittleren Unkrautdichte der Fläche B.
Fig. 5 *Development of the mean weed density of area B.*

Anbauverfahren Zwischenfrucht: Welche Auswirkungen hat eine Winterweizen-Zwischenfrucht als kurzzeitige Begleitkultur im Vergleich zu einer Beseitigung vor Rübenaussaat bzw. einer Zwischenfruchtmischung?

Abbildung 6 zeigt den Einfluss der verschiedenen Zwischenfrucht-Anbauverfahren auf die mittlere Unkrautdichte je Boniturtermin. Der Herbizideinsatz (Wirkstoffe Clopyralid und Metamitron) fiel auf den Zwischenfrucht-Varianten identisch aus. Insgesamt fällt der Unkrautbesatz auf der Fläche B (Winterweizen-Zwischenfrucht), ab Mai, höher aus als auf der Fläche A (Zwischenfruchtmischung). Zu sehen ist, dass die Variante 4 (Beseitigung der Weizen-Zwischenfrucht vor der Zuckerrübenaussaat) eine höhere mittlere Unkrautdichten aufwies als die Variante 3 (Beseitigung der Weizen-Zwischenfrucht 8 Tage nach der Zuckerrübenaussaat) und die Variante 2 (abfrierende Winterzwischenfruchtmischung). Die Varianten 2 und 3 wiesen im Vergleich zur Variante 4 mehr abgestorbene Biomasse auf der Bodenoberfläche auf (Daten nicht dargestellt), was die Unkraut-unterdrückende Wirkung erklären könnte. Die geringsten Unkrautdichtenwies Variante 2 auf, was

jedoch auch auf die geringere Gesamtverunkrautung der Fläche A zurückgeführt werden könnte (Tab. 3).

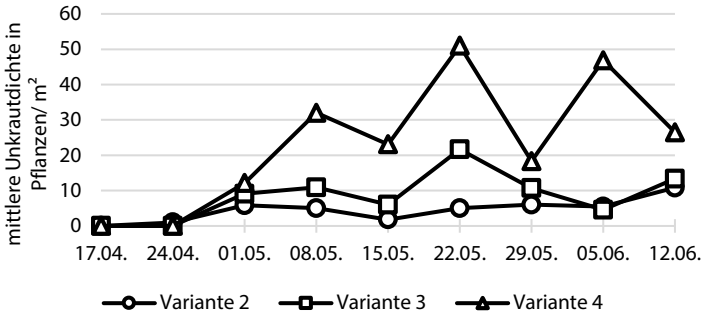


Abb. 6 Entwicklung der mittleren Unkrautdichte der Variante 2 (Fläche A), 3 und 4 (Fläche B).

Fig. 6 *Development of the mean weed density of variant 2 (area A), 3 and 4 (area B).*

Wachstumsverlauf der Zuckerrüben

Abbildung 7 zeigt den Wachstumsverlauf als durchschnittliches BBCH-Stadium der Rübenpflanzen in den einzelnen Versuchsvarianten je Boniturtermin. Generell ist zu sehen, dass sich die Zuckerrüben in den einzelnen Versuchsvarianten über den gesamten Boniturzeitraum hinweg ähnlich mit einem kontinuierlichen Wachstum entwickelten. Auffällig war dabei jedoch, dass verhaltenere Rübenwachstum der Variante 3 (Winterweizen-Zwischenfrucht, Graminizideinsatz nach Rübenaussaat). Die Rüben liefen verzögert auf und erreichten das Keimblattstadium (BBCH 10) im Vergleich zu den anderen Varianten erst eine Woche später, am 01. Mai. Die Blattentwicklung der Rüben im Mai wies zwischen den einzelnen Versuchsvarianten keine Unterschiede auf. Die Rüben, welche in den Glyphosat-behandelten Weizenbestand gedrillt wurden (Variante 4), wiesen am 05. Juni einen leichten Entwicklungsvorsprung im Rosettenwachstum auf, so erreichten diese BBCH 32 (Reihenschluss bei 20 % der Rüben) eine Woche vor den Rüben in den Vergleichsvarianten.

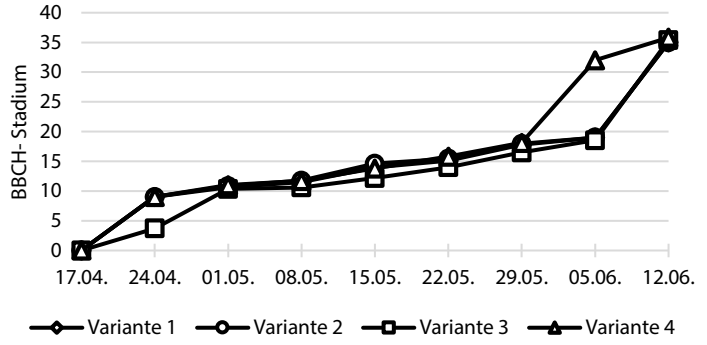


Abb. 7 Entwicklung des durchschnittlichen BBCH-Stadiums je Variante.

Fig. 7 *Development of the average BBCH stadium per variant.*

Ertrag und Zuckergehalt der Rüben

Abbildung 8 zeigt den mittleren Rübenertrag und Zuckergehalt am Tag der Proberodung (24. September) für die einzelnen Versuchsvarianten. Generell ist zu sehen, dass es bei beiden Ertragsparametern deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchsvarianten gibt.

Besonders auffällig ist, dass die Variante 1 (Desmedipham und Phenmedipham) den geringsten Rübenertrag (83,8 t/ha) und Zuckergehalt (15,5 %) aufwies, obwohl die Herbizidbehandlung am wirkungsvollsten war (Abb. 4).

Beim gleichen Zwischenfruchtanbauverfahren wurden mit den Wirkstoffen Clopyralid und Metamitron (Variante 2) der höchste Rübenertrag (98,8 t/ha) und ein höherer Zuckergehalt (16,5 %) ermittelt. Bei der Winterweizen-Zwischenfrucht wurden auf den Varianten 3 und 4 mit 16,7 % die höchsten Zuckererträge erzielt, wobei die Rübenerträge mit 92,9 t/ha (Variante 3) und 89,8 t/ha (Variante 4) niedriger ausfielen als auf Variante 2.

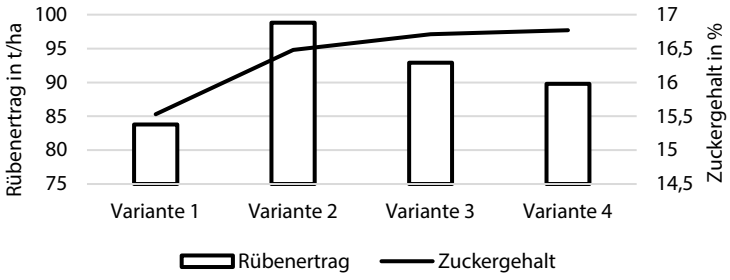


Abb. 8 Rübenertrag und Zuckergehalt am 24. September.

Fig. 8 *Beet yield and sucrose yield on the 24th of September.*

Diskussion

Mit der ersten Versuchsfrage sollte überprüft werden, ob die Unkrautbekämpfung auch mit den weiterhin verfügbaren Wirkstoffen Clopyralid und Metamitron (Variante 2) erfolgreich durchgeführt werden kann, wenn die Zulassungen der Wirkstoffe Desmedipham und Phenmedipham (Variante 1) wegfallen.

Der Vergleich der mittleren Gesamtverunkrautung zeigte, dass die Variante 1 mit durchschnittlich 2,3 Pflanzen/m² eine geringere mittlere Unkrautanzahl aufwies als die Variante 2 (durchschnittlich 4,5 Pflanzen/m²). Jedoch lag die mittlere Anzahl der Unkrautpflanzen pro m² in beiden Versuchsvarianten über den gesamten Zeitraum hinweg auf einem geringen Niveau. Diese herrschende Konkurrenz zwischen Unkraut- und Zuckerrübenpflanzen kann auch den höheren Rübenertrag der Variante 2 von 98,8 t/ha erklären, während die Rüben in der Variante 1 einen Ertrag von 83,8 t/ha erzielten. Dies zeigt auch, dass Zuckerrüben eine gewisse Restverunkrautung durchaus tolerieren können (Brandes et al. 1998).

Außerdem kann davon ausgegangen werden, dass die Herbizidwirkstoffe Desmedipham und Phenmedipham einen Einfluss auf den Ernte- und Zuckerertrag haben. Dennoch ist eine Unkrautbekämpfung mit den alternativ zur Verfügung stehenden Wirkstoffen Clopyralid und Metamitron, für den Versuchsstandort erfolgreich durchführbar und könnte die Wirkstoffe Desmedipham und Phenmedipham ersetzen. Problematisch ist dabei jedoch, dass beim Weißen Gänsefuß (CHEAL) bereits Resistenzerscheinungen gegenüber dem Wirkstoff Metamitron gefunden wurden (Ulber et al. 2007). Hieraus folgt, dass eine Spritzfolge mit Metamitron keine Alternative der guten fachlichen Praxis darstellt und auf andere Herbizidwirkstoffe zurückgegriffen werden muss. Außerdem ist zu berücksichtigen, dass in Variante 2 zusätzlich der Wirkstoff Ethofumesat eingesetzt wurde.

Mit der zweiten Versuchsfrage wurden die zwei Bekämpfungszeitpunkte der Winterweizen-Zwischenfrucht und deren Einfluss auf das Rübenwachstum überprüft. Der Winterweizen-Zwischenfruchtbestand der Variante 3 (Graminizideinsatz nach Rübenaussaat) hatte eine längere Standzeit als der Weizen der Variante 4 (Totalherbizideinsatz vor Rübenaussaat).

Die Rüben der Variante 3 liefen aufgrund der im Frühjahr herrschenden Trockenheit, gefördert durch die Konkurrenz zu dem bis dahin bestehenden Weizenbestand, verzögert auf und erreichten das Keimblattstadium eine Woche später. Diesen Wachstumsrückschritt holten die Rüben im Laufe der Vegetationsperiode wieder auf, da gegen Ende April die Niederschlagsmengen zunahmen. Die Rübenpflanzen auf der Variante 4 erreichten BBCH 32 früher, dennoch hatten auf beiden Varianten zum letzten Boniturtermin 50 % der Rüben den Reihenschluss erreicht. Auf die Rübenentwicklung hatte der Bekämpfungszeitpunkt des Winterweizens keinen gravierenden Einfluss.

Bei der Unkrautunterdrückung kann davonausgegangen werden, dass die Unkräuter durch die längere Standzeit des Winterweizens (Variante 3) besser unterdrückt wurden. Hinzu kommt, dass der Boden dieser Variante mit der abgestorbenen und unkrautunterdrückenden Biomasse des Weizens bedeckt war.

Die Zuckerrüben der Variante 3 reagierten aufgrund des geringeren Unkrautdruckes mit höheren Erträgen (92,9 t/ha) und der geringere Ertrag der Variante 4 (89,8 t/ha) könnte an dem bedeutend höheren Unkrautdruck liegen. Außerdem wirkt sich die längere Standzeit der Winterweizen-Zwischenfrucht (Variante 3) positiv auf die Verhinderung von Bodenerosion aus. Für die Unkrautdichte ist der Zeitpunkt des Winterweizen-Zwischenfruchtbestandes entscheidend und hat Auswirkungen auf die Unkrautunterdrückung, den Rübenertrag und den Zuckergehalt.

Mit der dritten Versuchsfrage sollte geklärt werden, ob ein Winterweizenbestand als kurzzeitige Begleitkultur zu den Zuckerrüben (Variante 3, Feld B) die Rübenentwicklung beeinflusst und ob die Ungräser und -kräuter besser unterdrückt werden, als von einer vor der Rübenaussaat abgestorbenen Zwischenfruchtmischung (Variante 2, Feld A).

Das Rübenwachstum wurde durch den Winterweizenbestand der Variante 3 scheinbar nur zum Wachstumsbeginn beeinflusst. Am letzten Boniturtermin hatten die Rüben beider Varianten den Reihenschluss erreicht. Unterschiede gab es jedoch bei der Verunkrautung der beiden Versuchsvarianten. Auf Variante 2 wurden mit durchschnittlich 4,5 Unkrautpflanzen/m^2 weniger Pflanzen bonitiert als auf Variante 3 mit durchschnittlich 8,5 Pflanzen/m^2. Die Entwicklung der Unkrautzusammensetzung beider Versuchsflächen war unterschiedlich, dass ein Vergleich des Winterweizens als Zwischenfrucht und der Winterzwischenfruchtmischung in ihrer Unkrautunterdrückenden Wirkung nicht möglich ist.

Unter Berücksichtigung des chemischen Bekämpfungszeitpunktes der Winterweizen-Zwischenfrucht scheint sich dieser jedoch mehr auf die Verunkrautung auszuwirken als die standortspezifische Verunkrautung und die Art der Zwischenfrucht.

Der Zuckerertrag fiel auf beiden Varianten mit 16,5 % (Variante 2) beziehungsweise 16,7 % (Variante 3) ähnlich aus. Unterschiede gab es im Ertrag. Die Rüben der Variante 2 erreichten einen Ertrag von 98,8 t/ha und die der Variante 3 ein Gewicht von 92,9 t/ha. Der Ertragsunterschied kann an dem unterschiedlichen Unkrautdruck der beiden Versuchsflächen liegen, da es innerhalb der Kontrollvarianten Standortunterschiede gab (Kontrollvariante Feld A: 17 Unkrautarten bei durchschnittlich 7,52 Pflanzen/m^2, Kontrollvariante Feld B: 7 Unkrautarten bei durchschnittlich 12,71 Pflanzen/m^2).

Aus dem Versuch geht hervor, dass auch ohne die am häufigsten verwendeten Herbizidwirkstoffe Desmedipham und Phenmedipham die Rübenanbauflächen vergleichsweise frei von Ackerbegleitflora sind, wie die Variante 2 zeigt. Die Wirkstoffe Clopyralid und Metamitron stellen dabei eine gute Alternative, vor allem zum bereits nicht mehr zugelassenen Wirkstoff Desmedipham dar. Dennoch fielen die Wirkungsgrade der Herbizidmaßnahmen vergleichsweise gering aus, was nicht zuletzt an der trockenen Witterung im Frühjahr lag. Außerdem wurde sichtbar, dass die Zuckerrüben während ihres Wachstums, vor allem während ihrer kritischen Jugendentwicklung, ein gewisses Spektrum an Unkräutern durchaus tolerieren können, wie die zweite Variante zeigt. Ist der Druck durch die Unkräuter jedoch so hoch wie in Variante 3, wird bei gleichem Herbizideinsatz zwar weiterhin ein hoher Zuckerertrag erreicht, jedoch sinkt der Rübenertrag aufgrund der Konkurrenz zur Ackerbegleitflora.

Dabei ist natürlich auch das Auftreten von resistenten Unkräutern entscheidend was jedoch auf den Flächen, auf denen der Versuch durchgeführt wurde, nicht der Fall war. Weiterhin ist zu bedenken, dass es sich hierbei lediglich um einen einjährigen Versuch handelt und es für sichere Daten unumgänglich ist, diesen erneut durchzuführen. Außerdem müssen die Statistischen Analysen zeigen, ob diese Unterschiede signifikant sind.

Literatur

ABBOTT W. S., 1925: A method of computing the effectiveness of an insecticide. Journal of Economic Entomology, Vol. 18, S. 265-267.

BRANDES A.; SCHÄUFELE W. R.; BENZ, W., 1998: Einfluß unterschiedlicher Unkrautdeckungsgerade auf den Ertrag von Zuckerrüben. Zuckerindustrie 123, Nr. 12, S. 943–944.

DRESSLER (LANDESAMT FÜR LANDWIRTSCHAFT, LEBENSMITTELSICHERHEIT UND FISCHERE MECKLENBURG-VORPOMMERN - PFLANZENSCHUTZDIENST), 2019: „Hinweis vom 21.03.2019". Zugegriffen am 15. Oktober 2019. https://www.isip.de/isip/servlet/resource/blob/287688/0c67e27509262297f7d656f21aa 7cb79/5-2019-data.pdf.

GEHRING, K,; THYSSEN, S., 2019: „Wirkungsschwerpunkte der Herbizidwirkstoffe- /Kombinationen im Rübenbau". Zugegriffen am 20. November 2019. https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ips/dateien/wirkungsschwerpunkte_13.pdf.

KUNZ, C.; WEBER, J. F.; GERHARDS, R., 2016: Comparison of different mechanical weed control strategies in sugar beet. 27. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und –bekämpfung, S. 446-451.

ROßBERG, D.; AECKERLE, N.; STOCKFISCH, N., 2017: Erhebungen zur Anwendung von chemischen Pflanzenschutzmitteln in Zuckerrüben. Gesunde Pflanzen 2017, 69 (2), S. 59–66.

STOCKFISCH, N.; GALLASCH, M.; REINEKE, H.; TRIMPLER, K.; MIELKE, C.; REINERS, M.; RISSER, P.; SCHMITZ, K.; MÄRLÄNDER, B., 2013: Betriebsbefragung zur Produktionstechnik im Zuckerrübenanbau: Datenbasis und Basisdaten. Sugar Industrie 138, No. 10, S. 656-663.

ULBER, L.; JÜTTERSONKE, B.; ELLMER, F.;EINHORN, G., 2017: Reaktionsvariabilität auf unterschiedliche Herbiziddosierungen und Herbizidresistenz innerhalb der Unkrautarten Chenopodium album L. und Amaranthus retroflexus L.. Nachrichtenblatt Deutscher Pflanzenschutzdienst, 59 (7), S. 149–154.

VASEL, E.- H.; LADEWIG, E.; MÄRLÄNDER, B., 2012: Weed composition and herbicide use strategies in sugar beet cultivation in Germany. Journal für Kulturpflanzen, 64 (4), S. 112–125.

WVZA (WIRTSCHAFTLICHE VEREINIGUNG ZUCKER E.V./ VEREIN DER ZUCKERINDUSTRIE E.V.), o. J.: „Die Zuckerpolitik der Europäischen Union". Zugegriffen am 28. August 2019. https://www.zuckerverbaende.de/zuckermarkt/eu-zuckerpolitik/eu-zuckerpolitik.html

WVZB (WIRTSCHAFTLICHE VEREINIGUNG ZUCKER E.V./ VEREIN DER ZUCKERINDUSTRIE E.V.), o. J.: „Rübenanbau und Zuckererzeugung". Zugegriffen am 28. August 2019. https://www.zuckerverbaende.de/zuckermarkt/zahlen-und-fakten/zuckermarkt-deutschland/ruebenanbau-zuckererzeugung.html

WVZC (WIRTSCHAFTLICHE VEREINIGUNG ZUCKER E.V./ VEREIN DER ZUCKERINDUSTRIE E.V.), o. J.: „Standorte des Zuckerrübenanbaus und der Zuckerfabriken". Zugegriffen am 28. August 2019. https://www.zuckerverbaende.de/zuckermarkt/zahlen-und-fakten/zuckermarkt-deutschland/standorte.html

WVZD (WIRTSCHAFTLICHE VEREINIGUNG ZUCKER E.V./ VEREIN DER ZUCKERINDUSTRIE E.V.), o. J.: „Weltzuckerhandel". Zugegriffen am 28. August 2019. https://www.zuckerverbaende.de/zuckermarkt/zahlen-und-fakten/weltzuckermarkt/zuckerhandel.html

WVZE (WIRTSCHAFTLICHE VEREINIGUNG ZUCKER E.V./ VEREIN DER ZUCKERINDUSTRIE E.V.), o. J.: „Dritte Ernte- und Erzeugungsschätzung 2019 für Zuckerrüben". Zugegriffen am 20. November 2019. https://www.zuckerverbaende.de/aktuell/presse-aktuelle-infos/882-2019-11-12-07-01-37.html