

Mechanische und chemische Unkrautbekämpfung im Mischanbau von Mais und Bohne

Mechanical and chemical weed control in intercropped maize and bean

Sabine Andert*, Bärbel Gerowitt

Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Phytomedizin, Universität Rostock,
18051 Rostock

*Korrespondierende Autorin, sabine.andert@uni-rostock.de

DOI 10.5073/jka.2018.458.032



Zusammenfassung

Der Mischanbau, bestehend aus Mais und Phaseolus-Bohnen, ist ein Anbausystem, in dem Nährstoffe, Wasser und Licht effektiv genutzt werden.

Der vorliegende Beitrag stellt einen einjährigen Versuch (2017) zur optimierten Bekämpfung von Unkräutern und Ungräsern im Mischanbau vor. In einer randomisierten Blockanlage wurden Mais und Feuerbohnen am Standort Rostock im Gemenge angebaut. Es wurden drei chemische und eine mechanische Methode der Unkrautkontrolle sowie eine Variante ohne Unkrautkontrolle verglichen.

Die vorliegenden Ergebnisse bestätigen, dass sich die Art der Bekämpfung sowie der Zeitpunkt der Applikation signifikant auf die Dichte von Unkräutern sowie den Ertrag des Gemenges auswirkte. Neben der effektivsten Bekämpfung, in der ein Herbizid im Voraufbau der Feuerbohne (BBCH 12 Mais) eingesetzt wurde, führte die rein mechanische Unkrautregulierung ebenfalls zu einer signifikant niedrigeren Unkrautdichte. Die Unkrautbedeckung wurde mittels der effektivsten Herbizidstrategie um bis zu 80 % und mittels mechanischer Unkrautregulierung um bis zu 60 %, im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle, reduziert.

Die Pflanzenzahlen von Mais und Feuerbohnen wurde nicht signifikant durch die unterschiedlichen Methoden der Unkrautbekämpfung eingeschränkt. Die eingesetzten Herbizide wurden von Mais und Feuerbohnen gut vertragen.

Die vorliegenden Versuchsergebnisse stellen Unkrautbekämpfungsstrategien vor, die für den Gemengeanbau von Mais mit Feuerbohnen geeignet sind.

Stichwörter: Energiepflanzen, Leguminosen, Parzellenversuch, Unkrautbekämpfung

Abstract

An intercropping of maize and beans is known for an efficient utilization of nutrients, water and light available.

This study presents a one-year experiment (2017) for the optimized control of weeds and grasses in an intercropped maize and bean crop. We established a randomized block design for the intercropping system in Rostock, and within this designed system compared three chemical and one mechanical methods of weed control as well as a variant without weed control.

The results found confirm that the method of control as well as the time of application significantly affects the density of weeds as well as the yield of the intercropping system. In addition to the most effective control, in which a chemical herbicide is used pre-emergence (BBCH 12 maize), the mechanical weed control also led to a significantly lower weed density.

Weed coverage was reduced by up to 80% using the most effective herbicide strategy and by up to 60% through mechanical weed control, compared to the untreated control.

The different methods of weed control did not decrease the number of established maize and bean crops. The herbicides were well tolerated by the maize and beans.

The results provide suitable weed control strategies for the cultivation of an intercropped maize and bean crop.

Keywords: Energy crops, legumes, plot trial, weed control

Einleitung

Aufgrund der hohen Erträge und der guten Energieausbeute ist Silomais das wichtigste Co-Substrat in der Biogaserzeugung. Der steigende Maisanbau kann jedoch zahlreiche Probleme mit sich führen wie Bodenerosion, hohe Nährstoffbelastungen und phytosanitäre Risiken. Der

Mischanbau, bestehend aus Mais (*Zea mays*) und *Phaseolus*-Bohnen, stellt ein geeignetes Anbausystem dar, um diesen Problemen entgegen zu wirken. Nährstoffe, Wasser und Licht können von Gemengen effektiver genutzt werden und zu einer Erhöhung der Erträge bzw. der Ertragsstabilität beitragen (BLACKSHAW et al., 1993; LIEBMANN und DYCK, 1993; HAUGGAARD-NIELSEN et al., 2008; NEUMANN et al., 2007; EICHLER-LÖBERMANN et al., 2009).

Die Unkrautbekämpfung in diesen Anbausystemen ist allerdings eine große Herausforderung (DIETZE, 2011; NURK et al., 2015). Werden zwei Kulturen zusammen angebaut, ist die Auswahl der Herbizide eingeschränkt, es dürfen nur Wirkstoffe verwendet werden, die keinen der Partner schädigen. Effektive Unkrautkontrolle im Mais-Bohnenmischanbau ist jedoch erforderlich, um Ertragsverluste durch Unkräuter und Ungräser zu minimieren (FISCHER und BÖHM, 2016).

Ziel der vorliegenden Studie ist es festzustellen, inwiefern die Art der Bekämpfung (chemisch/mechanisch) sowie der Zeitpunkt der Applikation (Vor-/Nachauflauf Bohne) die Artenzusammensetzung und Dichte von Unkräutern und Ungräsern sowie den Ertrag des Gemenges beeinflussen. Zu diesem Zweck wurden drei chemische und eine mechanische Methode der Unkrautkontrolle sowie einer Variante ohne Unkrautkontrolle verglichen.

Material und Methoden

Versuchsstandort

Der Freilandversuch wurde im Frühsommer 2017 an der Versuchsstation der Universität Rostock (Mecklenburg-Vorpommern) durchgeführt. Aufgrund der Nähe zur Ostsee ist die Region von einem maritimen Klima geprägt. Die örtlichen Bodenverhältnisse sind Moränensand über Moränenlehm und Fluvisand. Die vorliegenden Körnungsarten sind SI (anlehmiger Sand) und IS (stark lehmiger Sand). Bonitiert ist der Standort mit einer mittleren Ackerzahl von 45 Bodenpunkten.

Versuchsaufbau

Der Versuch wurde in einer teilrandomisierten Blockanlage mit fünf Varianten, vierfach wiederholt angelegt (Tab. 1). Es wurden drei chemische und eine mechanische Methode der Unkrautkontrolle sowie einer Variante ohne Unkrautkontrolle im Parzellenversuch verglichen. Jede Einzelparzelle hatte eine Größe von 7,5 m².

Tab. 1 Versuchsglieder, Art der Bekämpfung sowie BBCH-Stadien von Mais und Feuerbohne zum Zeitpunkt des Einsatzes.

Tab. 1 *Treatments, method of control and BBCH stages of maize and bean at time of treating.*

Versuchsglied	Methode der Unkrautkontrolle	BBCH Mais	BBCH Feuerbohne
UK	Unbehandelte Kontrolle	-	-
Chem. NA 1	Herbizidapplikation nach Auflauf der Feuerbohne	-	12
Chem. VA 1	Herbizidapplikation vor Auflauf der Feuerbohne	12	-
Chem. VA 2	Herbizidapplikation vor Auflauf der Feuerbohne	12	-
Mech. BB	Mechanische Bekämpfung mit Hacke und Striegel	12,16	-

Versuchsdurchführung

Es wurden drei Herbizidvarianten etabliert (Tab. 2), eine Variante die ausschließlich gegen Ungräser wirkt (Chem. NA) sowie zwei Varianten, die ein breites Wirkungsspektrum gegen Ungräser und Unkräuter aufweisen (Chem. VA 1, Chem. VA 2).

Alle Herbizide wurden mit 300 l Wasser pro Hektar und einem Druck von 2,1 bar, bei einer Geschwindigkeit von 4 Kilometern pro Stunde, ausgebracht. Verwendet wurden Flachstrahldüsen, die Düsengröße betrug 03.

Die mechanische Unkrautbekämpfung wurde im BBCH-Stadium 12 mit dem Hackstriegel (Fabrikat Einböck) mit einem Strichabstand von 2,5 cm und im BBCH 16 mit der Scharhacke (Gänsefußschar) durchgeführt.

Tab. 2 Eingesetzte Wirkstoffe und deren HRAC-Gruppe, Wirkstoffgehalt (g/l) sowie Aufwandmenge (l/ha).

Tab. 2 *Treatment herbicides and their active ingredients, HRAC group, active ingredient content (g/L) and dose rate (g/L).*

Versuchsglied	Wirkstoffe	HRAC-Gruppe	Wirkstoffgehalt (g/l)	Aufwandmenge (l/ha)
Chem. NA	Cycloxydim + Netzmittel	A	100	1,5 + 1,5
Chem. VA 1	Clomazone	F3	360	0,2
Chem. VA 2	Dimethenamid-P + Pendimethalin	K1+K3	455+720	2,8 + 1,4

Unkrauterfassung

Es wurden zwei Unkrautbonituren durchgeführt. Bonitur 1 wurde zu BBCH 16 des Mais durchgeführt. Zu diesem Zweitpunkt waren die Behandlungen in den Varianten Chem. VA 1, Chem. VA 2 sowie die Mech. BB abgeschlossen. Die zweite Bonitur fand 10 Tage nach der Applikation in Chem. NA statt. Zur Bestimmung des Unkrautdeckungsgrades (%) sowie der Artenanzahl (Anzahl Arten/m²) wurde der Göttinger Schätzrahmen verwendet. In jeder Wiederholung eines Versuchsgliedes wurden fünf Erhebungen mit dem Schätzrahmen durchgeführt und zu einem Mittelwert zusammengefasst.

Ertragsfassung

Die Anzahl der etablierten Mais- und Bohnen wurde durch eine Zählung ermittelt. Der Gesamtertrag (dt TM/ha) wurde mit einem Parzellenhäcksler (Fabrikat Halldrup) erfasst.

Statistische Auswertungen

Unterschiede zwischen den Methoden der Unkrautkontrolle wurden mittels ANOVA, Tukey-Test (normalverteilte Daten) und Kruskal-Wallis Test (nicht normalverteilte Daten) ermittelt. Die statistischen Auswertungen erfolgten mit der Softwareumgebung R (R CORE TEAM, 2014) und darin mit den Paketen agricolae (STEEL, 1997).

Ergebnisse

Unkrautdeckungsgrad

Abbildung 1 stellt den Unkrautdeckungsgrad vergleichend zwischen den Versuchsgliedern der Bonitur 1 (Abb. 1a) und Bonitur 2 (Abb. 1b) dar. Zu beiden Terminen wurde in der unbehandelten Kontrolle der höchste Unkrautbedeckungsgrad bonitiert.

Es wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten Chem. VA 1 und Chem. VA 2 sowie der mechanischen Methode (Mech. BB) zur Bonitur 1 ermittelt (Abb. 1a).

Der Deckungsgrad dieser Varianten konnte im Vergleich zu den unbehandelten Versuchsgliedern UK und Chem. NA signifikant reduziert werden.

Signifikante Unterschiede zwischen den verschiedenen Methoden der Unkrautkontrolle wurden zur Bonitur 2 analysiert (Abb. 1b). Der Unkrautdeckungsgrad der Chem. VA 1 – Methode ist signifikant geringer im Vergleich zu allen anderen Methoden der Unkrautkontrolle, mit Ausnahme der mechanischen Methode der Unkrautbekämpfung. Die Methoden Chem. VA 2 und Chem. NA, sowie Chem. NA und die unbehandelte Kontrolle unterschieden sich nicht signifikant.

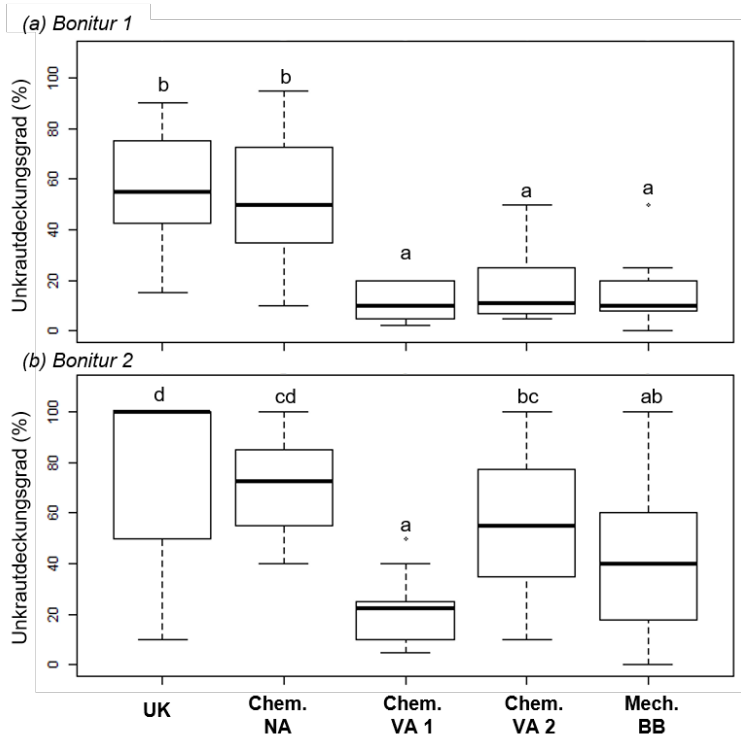


Abb. 1 Unkrautdeckungsgrad (%) in den Versuchsgliedern mit verschiedenen Methoden der Unkrautkontrolle zur Bonitur 1 (Abb. 1a) und Bonitur 2 (Abb. 1b). Unterschiedliche Buchstaben signalisieren signifikante Unterschiede ($p < 0,05$) zwischen den Versuchsgliedern.

Fig. 1 Weed coverage in the treatments with different methods of weed control on scoring 1 (Fig. 1a) and scoring 2 (Fig. 1b). Different letters represent significant differences ($p < 0.05$) between the different methods of weed control.

Unkrautdichte

Abbildung 2 stellt die Unkrautdichte (Anzahl/ m^2) der verschiedenen Methoden der Unkrautkontrolle zur Bonitur 1 (Abb. 2a) sowie Bonitur 2 (Abb. 2b) dar.

Zu beiden Terminen sind die Unterschiede besonders zwischen den Varianten in der Anzahl von *Poa spp.* sowie *Galinsoga spp.* ausgeprägt. Die Anzahl beider Arten in der Chem. VA 1-Variante ist geringer im Vergleich zu allen anderen Varianten. Hingegen unterscheidet sich die Anzahl der Arten *Chenopodium spp.* (Bonitur 1 und 2) sowie *Veronica spp.*, *Capsella bursa-pastoris* und *Spergula arvensis* (Bonitur 2) nicht signifikant voneinander. Taubnesselarten kommen zu beiden Terminen in der Chem. VA 1-Variante signifikant geringer vor als in allen anderen Versuchsgliedern. Die Anzahl von *Stellaria media* ist zur Bonitur 2 in der Chem. VA1-Variante signifikant geringer im Vergleich zur Kontrolle und der Mech. BB-Variante. Zu diesem Termin ist die Anzahl von *Galinsoga spp.* in der Mech. BB-Variante signifikant höher im Vergleich zu allen weiteren Versuchsgliedern.

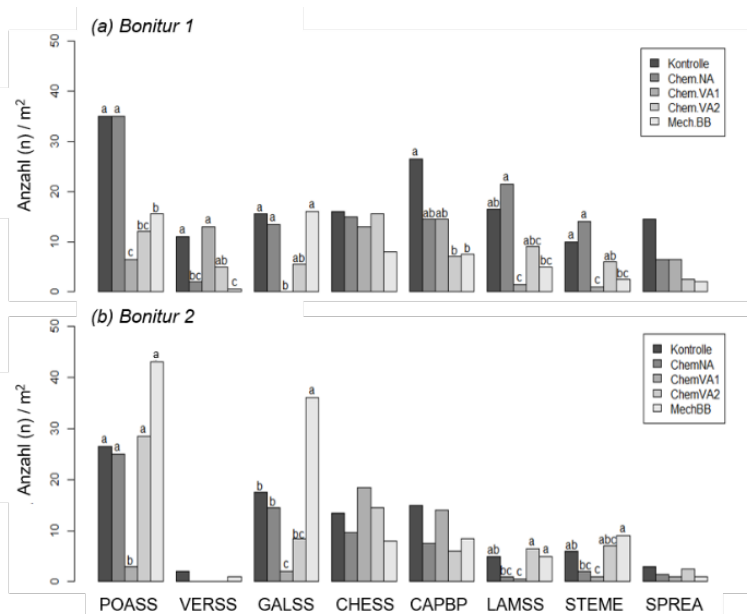


Abb. 2 Dichte der häufigsten Arten (Anzahl/m²) der verschiedenen Methoden der Unkrautkontrolle zur Bonitur 2. Unterschiedliche Buchstaben signalisieren signifikante Unterschiede ($p < 0,05$) zwischen den Versuchsgliedern. POASS (*Poa* spp.), VERSS (*Veronica* spp.), GALSS (*Galinsoga* spp.), CHESS (*Chenopodium* spp.), CAPBP (*Capsella bursa-pastoris*), LAMSS (*Lamium* spp.), STEME (*Stellaria media*), SPREA (*Spergula arvensis*).

Fig. 2 Density of most frequent species (number of species/m²) of different methods of weed control on scoring 2. Different letters represent significant differences ($p < 0.05$) between the different methods of weed control. POASS (*Poa* spp.), VERSS (*Veronica*-spp.), GALSS (*Galinsoga* spp.), CHESS (*Chenopodium* spp.), CAPBP (*Capsella bursa-pastoris*), LAMSS (*Lamium* spp.), STEME (*Stellaria media*), SPREA (*Spergula arvensis*).

Anzahl etablierter Kulturpflanzen

Die Anzahl der etablierten Mais- und Bohnen unterschied sich zwischen den verschiedenen Methoden der Unkrautkontrolle nicht signifikant (Tab. 3).

Tab. 3 Mais- und Bohnenpflanzen in den Versuchsgliedern. Sd: Standardabweichung. Unterschiedliche Buchstaben in einer Spalte signalisieren signifikante Unterschiede ($p < 0,05$) zwischen den Versuchsgliedern.

Tab. 3 Number of established maize and bean crops of different methods of weed control. sd: standard deviation. Different letters in a column represent significant differences ($p < 0.05$) between the different methods of weed control.

Versuchsglied	Anzahl etablierter Pflanzen/Parzelle	
	Mais (sd)	Bohne (sd)
UK	49,0 ^a (2,4)	42,6 ^a (2,0)
Chem. NA	48,0 ^a (3,6)	44,6 ^a (2,6)
Chem. VA 1	48,0 ^a (2,6)	43,6 ^a (4,4)
Chem VA 2	47,0 ^a (2,6)	44,0 ^a (3,0)
Mech. BB	44,6 ^a (4,0)	40,0 ^a (5,0)

Die Standardabweichungen sind in der mechanischen Methode der Unkrautbekämpfung in Mais und Bohne am höchsten. Hingegen variiert die Anzahl der etablierten Mais- und Bohnenpflanzen in der unbehandelten Kontrolle am geringsten.

Ertragserfassung

Tabelle 4 vergleicht den Trockenmasseertrag (dt/ha) zwischen den verschiedenen Methoden der Unkrautkontrolle.

Die höchsten Erträge wurden in den Versuchsgliedern mit chemischer Vorauflaufbekämpfung (Chem. VA 1 und Chem. VA2) erreicht. Der Ertrag der Chem. VA 1 – Methode ist - mit Ausnahme der Chem. VA 2 - signifikant höher als der Ertrag der anderen Versuchsglieder. Die Versuchsglieder Chem. VA 2 und Mech. BB unterschieden sich nicht signifikant im Ertrag. Die signifikant geringsten Erträge wurden in der unbehandelten Kontrolle sowie der chemischen Nachauflaufmethode (UK und Chem. NA) ermittelt.

Die Standardabweichungen (sd) sind in den chemischen Methoden der Unkrautbekämpfung am höchsten (Chem. NA, Chem. VA 1, Chem. VA 2).

Tab. 4 Trockenmasseerträge (dt/ha), Trockensubstanzgehalt (TS) (%) in den verschiedenen Methoden der Unkrautkontrolle. Sd: Standardabweichung. Unterschiedliche Buchstaben in einer Spalte signalisieren signifikante Unterschiede ($p < 0,05$) zwischen den Versuchsgliedern.

Tab. 4 Dry matter yields (dt/ha), dry matter content (%) of different methods of weed control. sd: standard deviation. Different letters in a column represent significant differences ($p < 0.05$) between the different methods of weed control.

Versuchsglied	Ertrag (dt/ha)	TS (%)	sd
UK	86,0 ^c	32,9	4,4
Chem. NA	82,2 ^c	32,7	22,3
Chem. VA 1	125,8 ^a	33,8	22,3
Chem. VA 2	123,0 ^{ab}	35,1	29,4
Mech. BB	104,3 ^b	28,8	6,3

Diskussion

Die Unkrautbekämpfung im Mischanbau stellt eine große Herausforderung dar (DIETZE, 2011; NURK et al., 2015). Die vorliegenden Versuchsergebnisse stellen Bekämpfungsstrategien vor, die für den Gemengeanbau von Mais mit Feuerbohnenbohnen geeignet sind.

Unterschiedliche Managementstrategien (FRIED et al., 2008) gelten neben dem Unkrautunterdrückungseffekt der angebauten Kultur (ANDREASEN und SKOVGAARD, 2009; PINKE et al., 2012) und Umwelteinflüssen (DE MOL et al., 2015) als entscheidende Faktoren auf die Artenzusammensetzung von Unkräutern. Die vorliegenden Ergebnisse bestätigen, dass die Art der Bekämpfung sowie der Zeitpunkt der Applikation sich signifikant auf die Dichte von Unkräutern wirken.

Die Chem. VA 1 (Wirkstoff Clomazone), die vor dem Auflauf der Feuerbohne appliziert wurde, war die effektivste Art der Unkrautkontrolle im vorgestellten Versuch. Dieser Wirkstoff ist aktuell jedoch nicht in der Kultur Mais zugelassen und wurde lediglich als Versuchsmittel im Gemengeanbau eingesetzt. Die gute Wirkung wird jedoch durch die Ergebnisse des vorliegenden Versuches bestätigt, jedoch wurden Wirkstoff typische Bleachingeffekte wenige Tage nach der Applikation auf den Maispflanzen beobachtet. Das Bleaching des Maises wirkte sich allerdings nicht auf den Ertrag aus, in dieser Variante der Bekämpfung wurden die höchsten Trockenmasseerträge ermittelt.

Eine zeitlich optimale Unkrautbekämpfung während dem empfindlichsten Entwicklungsstadium des Maises ist entscheidend für die Etablierung eines Gemenges, wenn die Unkrautbekämpfung mechanisch durchgeführt wird. Die rein mechanische Unkrautregulierung führte zu einer signifikant niedrigeren Unkrautdichte im Mais-Bohnen Gemenge im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle und chemischen Nachauflaufbekämpfung. Der Trockenmasseertrag der mechanischen Bodenbearbeitungsvariante war jedoch signifikant geringer im Vergleich zur wirksamsten chemischen Bekämpfungsmethode, dies ist ein Effekt der Kulturschädigung durch die mechanische Bodenbearbeitung (Tab. 2). Ein höherer Konkurrenzdruck durch Unkräuter und

Ungräser, die in der Reihe aufblühen, könnte jedoch ebenfalls zu den Ertragsverlusten des Mais beigetragen haben (BUHLER, 2002).

In unserem Versuch wurden auch nach Auflauf der Feuerbohne Herbizide ausgebracht- Diese Art der Unkrautbekämpfung ist kein etabliertes Verfahren im Mischanbau, da wenige Herbizide in beiden Kulturen, Mais und Feuerbohne, zugelassen sind. Der zugelassene Wirkstoff Cycloxydim besitzt ein breites Wirkspektrum gegenüber Ungräser, bleibt aber weitgehend wirkungslos gegenüber dikotylen Unkräuter. Die Wirkung wurde im vorliegenden Versuch vermutlich signifikant reduziert, da zum Zeitpunkt der Ausbringung der Deckungsgrad der Unkräuter in dieser Variante bereits ca. 65 % betrug, die hochgewachsenen Unkräuter bedeckten die Ungräser, sodass die Spritzflüssigkeit nicht auf die zu bekämpfenden Ungräser gelangte. Es deutet sich an, dass der Wirkstoff Cycloxydim im Mischanbau zur Gräserbekämpfung nur in einer Herbizidstrategie verwendet werden sollte, in der zu einem früheren Entwicklungsstadium des Mais bereits ein breit wirksames Herbizid appliziert wurde.

Ein weiterer wichtiger Faktor für das Gelingen einer Mischkultur ist die gleichmäßige Etablierung beider Anbaupartner. Die Entwicklung von Mais und Feuerbohnen wurde durch die unterschiedlichen Methoden der Unkrautbekämpfung nicht eingeschränkt. Die eingesetzten Herbizide wurden von Mais wie von den Feuerbohnen gut vertragen. Allerdings konnte die Individuenanzahl von *C. album* in keiner Methode der Unkrautkontrolle signifikant reduziert werden. Diese Art wird aufgrund ihrer Konkurrenzkraft vor Bestandesschluss des Mais von MEHRTENS et al. (2005) als wichtigstes Maisunkraut genannt; gleichzeitig verursacht sie hohe Ertragsverluste (REDWITZ und GEROWITT, 2014), Zukünftige Bekämpfungsstrategien im Gemengeanbau sollten höhere Wirkungsgrade gegen *C. album* und die wichtigsten weiteren Maisunkräuter anstreben.

Literatur

- ANDREASEN, C. und I. SKOVGAARD, 2009: Crop and soil factors of importance for the distribution of plant species on arable fields in Denmark. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **133**, 61–67.
- BLACKSHAW, R.E, R.L. ANDERSEN und D. LEMERLE, 2007: Chapter 3: Cultural weed management, In: M. K. UPADHYAYA, R. E. BLACKSHAW, (eds.) *Non-Chemical Weed Management: Principles, Concepts and Technology*, 35-48. CAB International, Wallingford, UK.
- BUHLER, D.D., 2002: Challenges and opportunities for integrated weed management. *Weed Science* **50**, 273–280.
- DIETZE, M., 2011: Leistungsfähigkeit ausgewählter Artenmischungen und Reinsaaten für die Nutzung als Biogassubstrat. Dissertation. Universität Rostock, Rostock. Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät.
- EICHLER-LÖBERMANN, B., R. GAY und E. SCHNUCK, 2009: Improvement of soil phosphorus availability by green fertilization with catch crops. *Communications in soil science and plant analysis*. Philadelphia, Pa.: Taylor & Francis **40**, 70-81.
- DE MOL, F., C. VON REDWITZ und B. GEROWITT, 2015: Weed species composition of maize fields in Germany is influenced by site and crop sequence. *Weed Research* **55**, 574–585.
- FISCHER, J. und H. BÖHM, 2016: Reduktion des Unkrautdruckes durch die Etablierung von Untersaaten in MaisBohnen-Gemengen. *Julius-Kühn-Archiv* **452**, 439-445.
- FRIED, G., R. NORTON und X. REBOUD, 2008: Environmental and management factors determining weed species composition and diversity in France. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **128**, 68–76.
- HAUGGAARD-NIELSEN, H., P. AMBUS und E.S. JENSEN, 2001: Interspecific competition, N use and interference with weeds in peaarley intercropping. *Field Crops Research* **70**, 101-109.
- HAUGGAARD-NIELSEN, H., B. JORNSSGAARD, J. KINANA und E.S. JENSEN, 2008: Grain legume-cereal intercropping: The practical application of diversity, competition and facilitation in arable and organic cropping systems. *Renewable Agriculture and Food Systems* **23**, 3-12.
- MEHRTENS, J., M. SCHULTE und K. HURLE, 2005: Unkrautflora in Mais – Ergebnisse eines Unkrautmonitorings in Deutschland. *Gesunde Pflanzen* **57**, 206–218.
- LIEBMAN, M. und E. DYCK, 1993: Crop Rotation and Intercropping Strategies for Weed Management. *Ecological Applications* **3**, 92-122.
- NEUMANN, A., K. SCHMIDTKE und R. RAUBER, 2007: Effects of crop density and tillage system on grain yield and N uptake from soil and atmosphere of sole and intercropped pea and oat. *Field Crops Research* **100**, 285-293.
- NURK, L., R. GRASS, C. PEKRUN, S. HUBERT und M. WASCHENDORF, 2015: Mischanbau von Silomais mit Stangenbohnen. Mixture of silage maize and common beans. Poster at 13. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde.
- PINKE, G., P. KARACSONY, B. CZUCZ, Z. BOTTA-DUKAT und A. LENGYEL, 2012: The influence of environment, management and site context on species composition of summer arable weed vegetation in Hungary. *Applied Vegetation Science* **15**, 136–144.

28. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung, 27.02. – 01.03.2018 in Braunschweig

R CORE TEAM, 2014: R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>.

VON REDWITZ, C. und B. GEROWITT, 2014: Welche Faktoren fördern das Auftreten von *Chenopodium album* auf norddeutschen Maisflächen? Julius-Kühn-Archiv **443**, 165-171.