

Untersuchungen zur Unkrautunterdrückung in Rein- und Mischfruchtbeständen von Wintererbsen unterschiedlichen Wuchstyps

Investigations on the weed suppression in sole and intercropped stands of winter peas of contrasting growth habit

Annkathrin Gronle*¹ und Herwart Böhm²

¹ Universität Kassel, Fachgebiet Ökologischer Land- und Pflanzenbau, Nordbahnhofstr. 1a, 37213 Witzenhausen, Deutschland

² Thünen-Institut für Ökologischen Landbau, Trenthorst 32, 23847 Westerau, Deutschland

*Korrespondierender Autor, gronle@uni-kassel.de



DOI 10.5073/jka.2014.443.054

Zusammenfassung

Derzeit stehen normalblättrige, langwüchsige und halbblattlose, kurzwüchsige Wintererbsen-Sorten kommerziell zur Verfügung. Das Unkrautauftreten in Erbsenbeständen wird sowohl durch den Erbsenwuchstyp als auch durch das Anbausystem beeinflusst. Die Zusammensetzung von Gemengen normalblättriger oder halbblattloser Wintererbsen und Getreide muss verbessert werden, um eine gute Unkrautunterdrückung mit einer hohen Ertragsleistung zu kombinieren. Aus diesem Grund sind mehr Erkenntnisse über das Unkrautunterdrückungs-Potential von normalblättrigen und halbblattlosen Wintererbsen-Getreide-Gemengen und den dafür zu Grunde liegenden Faktoren notwendig. Dazu wurden die normalblättrige Wintererbsen-Sorte E.F.B. 33 und die halbblattlose Sorte James in Reinsaat und in einem Gemenge mit Triticale (40 keimfähige Körner Wintererbsen + 150 keimfähige Körner Triticale/m²) in Feldversuchen in Norddeutschland in den Jahren 2009/10 und 2010/11 angebaut. Im Jahr 2011/12 wurden sechs Gemengezusammensetzungen jeder Wintererbsen-Sorte (20, 40 oder 60 keimfähige Körner Wintererbsen + 150 oder 75 keimfähige Körner Triticale/m²) untersucht und mit den entsprechenden Wintererbsen-Reinsaaten verglichen. Normalblättrige Wintererbsen wiesen ein besseres Unkrautunterdrückungs-Potential als halbblattlose Wintererbsen auf. Der Gemengeanbau von halbblattlosen Wintererbsen und Triticale hat zu einer effektiven Reduzierung des Unkrautauftretens geführt, wohingegen das Unkrautauftreten in den Beständen normalblättriger Wintererbsen vergleichbar zwischen den Anbausystemen oder signifikant geringer im Gemenge war. Die Gemenge mit einer hohen Triticale-Saatstärke unterdrückten die Unkräuter in höherem Maße als die Gemenge mit einer geringen Triticale-Saatstärke. Eine geringere Transmission der photosynthetisch aktiven Strahlung zum Unkrautbestand konnte als Ursache für eine bessere Unkrautunterdrückung identifiziert werden, während die Konkurrenz zwischen den Kulturpflanzen und den Unkräutern um Stickstoff oder Wasser die Unterschiede im Unkrautunterdrückungs-Potential zwischen den Erbsenwuchstypen oder den Anbausystemen nicht ausreichend erklären konnte.

Stichwörter: Halbblattlos, Konkurrenz, normalblättrig, photosynthetisch aktive Strahlung, Triticale

Abstract

Currently, normal-leaved long-vined and semi-leafless short-vined winter pea cultivars are available commercially. The weed infestation in pea crop stands is affected by both pea growth habit and cropping system. Intercrop compositions of normal-leaved or semi-leafless winter peas and cereals have to be improved in order to combine good weed suppression with high yield performance. Therefore, more knowledge on the weed suppressive ability of normal-leaved and semi-leafless winter pea-cereal intercrops and the underlying factors is needed. In 2009/10 and 2010/11, the normal-leaved winter pea cv. E.F.B. 33 and the semi-leafless cv. James were grown as sole crops and in an intercrop with triticale (40 germinable kernels winter peas + 150 germinable kernels triticale m²) in field experiments in Northern Germany. Six intercrop compositions of each winter pea cultivar (20, 40 or 60 germinable kernels winter peas + 150 or 75 germinable kernels triticale m²) were examined in 2011/12 and compared to the respective winter pea sole crops. Normal-leaved winter peas had a better weed suppressive ability than semi-leafless winter peas. Intercropping was effective in reducing a weed infestation in semi-leafless pea crop stands, whereas the weed infestation in normal-leaved pea crop stands was comparable between cropping systems or significantly lower in the intercrop. Intercrops with a high triticale sowing density suppressed weeds to a higher extent than those with a low triticale sowing density. The underlying factor of a better weed suppression was a lower PAR transmission to the weed canopy level, whereas a crop-weed competition for nitrogen or water did not sufficiently explain differences in the weed suppressive ability between pea growth habits or cropping systems.

Keywords: Competition, normal-leafed, photosynthetically active radiation, semi-leafless, triticale

Einleitung

Probleme im Anbau mit Sommererbsen, wie etwa eine hohe Ertragsinstabilität, haben zu einem steigenden Interesse am Anbau von Wintererbsen im ökologischen Landbau geführt. Derzeit sind normalblättrige, langwüchsige und halbblattlose, kurzwüchsige Wintererbsen-Sorten verfügbar. Erbsen gelten als schwach Unkraut unterdrückende Kulturen, wobei normalblättrige Erbsen über ein besseres Unkrautunterdrückungs-Potential verfügen als halbblattlose Erbsensorten (SPIES *et al.*, 2011). Ein Mischfruchtanbau mit Nichtleguminosen verbessert die Standfestigkeit bei normalblättrigen Wintererbsen (URBATZKA *et al.*, 2011) und verhindert damit eine starke Spätverunkrautung der lagernden Erbsenbestände. Bei halbblattlosen Erbsen fördert ein Mischfruchtanbau das Unkrautunterdrückungs-Potential (BEGNA *et al.*, 2011; CORRE-HELLOU *et al.*, 2011), was insbesondere bei kurzwüchsigen Sorten an Standorten mit einem hohen Unkrautdruck von großer Bedeutung sein kann. Die Mischungsverhältnisse von halbblattlosen bzw. normalblättrigen Wintererbsen und Nichtleguminosen müssen dahingegen optimiert werden, dass sie einerseits eine gute Unkrautunterdrückung ermöglichen und andererseits eine gute Ertragsleistung gewährleisten. Ziel dieser Untersuchung war es daher, den Einfluss des Erbsenwuchstyps und des Anbausystems auf das Unkrautunterdrückungs-Potential festzustellen und zu untersuchen, ob eine stärkere Konkurrenz um Wasser, Stickstoff und/oder Licht zwischen den Kulturpflanzen und den Unkräutern in den Gemengebeständen für eine möglicherweise unterschiedliche Unkrautunterdrückung verantwortlich ist.

Material und Methoden

Am Thünen-Institut für Ökologischen Landbau wurden in den Jahren 2009/10, 2010/11 und 2011/12 Versuche zum Rein- und Mischfruchtanbau von Wintererbsen mit Triticale unter ökologischen Anbaubedingungen durchgeführt. Die Versuche beinhalteten die Faktoren Erbsenwuchstyp und Anbausystem. Dabei wurde als Faktor Erbsenwuchstyp die normalblättrige, langwüchsige Wintererbsen-Sorten E.F.B. 33 und die halbblattlose, kurzwüchsige Wintererbsen-Sorte James untersucht. Der Faktor Anbausystem bestand in den ersten beiden Versuchsjahren aus einer Wintererbsen-Reinsaat (WFE-RS, 80 keimfähige Körner/m²) und einem Gemenge mit Triticale bestehend aus 40 keimfähigen Körnern Wintererbse und 150 keimfähigen Körnern Triticale/m² (WFE-TR3). Der Faktor Anbausystem wurde im Versuchsjahr 2011/12 zur Optimierung der Mischungsverhältnisse auf sechs unterschiedliche Saatstärkenverhältnisse erweitert und mit den entsprechenden Wintererbsen-Reinsaaten verglichen (Tab. 1). Der Gemengeanbau erfolgte als gemischte Saat mit einem Reihenabstand von 12,5 cm. Die Versuche waren als randomisierte vollständige Blockanlage mit vier Wiederholungen angelegt. Es erfolgten keine direkten Unkrautkontrollmaßnahmen. Die dominierenden Unkrautarten waren im Jahr 2009/10 *Lamium purpureum* L. und *Stellaria media* (L.) Vill., wohingegen im zweiten Versuchsjahr *Galium aparine* L. die häufigste Unkrautart war. Im Versuchsjahr 2011/12 dominierte *Vicia hirsuta* (L.) Gray.

In allen Versuchen wurde der gesamte Deckungsgrad der Unkräuter im Frühjahr in fünfmal einem halben Quadratmeter pro Parzelle ermittelt. Die oberirdische Kulturpflanzen- und Unkrautbiomasse wurde zur Blüte der Wintererbsen auf einem halben Quadratmeter pro Parzelle erhoben. Zur Reife der Kulturpflanzen erfolgte in allen Parzellen auf einer Fläche von einem Quadratmeter eine erneute Beerntung der Unkrautbiomasse. Bei den Probenahmen der Unkrautbiomasse wurde die Frischmasse und die Trockenmasse erfasst, um den Trockenmassegehalt der Unkräuter bestimmen zu können. Die bei 60 °C getrocknete Unkrautbiomasse wurde auf 0,5 mm vermahlen und anschließend auf den Stickstoff-Gehalt analysiert. Ab Beginn des Wintererbsen-Längenwachstums wurden im wöchentlichen Rhythmus parallel Messungen der photosynthetisch aktiven Strahlung (PAR) oberhalb des Kulturpflanzenbestandes und auf Höhe des Unkrautbestandes mit Hilfe eines SS1-SunScan Canopy Analysis Systems durchgeführt. Dabei erfolgten jeweils fünf Messungen pro Parzelle quer

zur Saatrichtung. Anschließend wurde der zum Unkrautbestand transmittierte Anteil der photosynthetisch aktiven Strahlung errechnet.

Die statistische Auswertung erfolgte varianzanalytisch mit der Prozedur Mixed in SAS 9.2. Den Varianzanalysen folgten multiple Mittelwertvergleiche mit Hilfe des Tukey-Kramer-Tests. Die PAR-Messungen erfolgten in ungleichen Zeitintervallen. Daher wurde hier eine Analyse mit ungleichen Messwiederholungen durchgeführt (LITTELL *et al.*, 2006).

Tab. 1 Untersuchte Saatstärken von Wintererbsen und Triticale im Versuchsjahr 2011/12.

Tab. 1 Examined sowing densities of winter peas and triticale in 2011/12.

Anbausystem	Saatstärken (keimfähige Körner/m ²)		
	Wintererbsen	Triticale	Abkürzung
Wintererbsen-Reinsaat	80	0	WFE-RS
Wintererbsen-Triticale-Gemenge 1	60	150	WFE-TR1
Wintererbsen-Triticale-Gemenge 2	60	75	WFE-TR2
Wintererbsen-Triticale-Gemenge 3	40	150	WFE-TR3
Wintererbsen-Triticale-Gemenge 4	40	75	WFE-TR4
Wintererbsen-Triticale-Gemenge 5	20	150	WFE-TR5
Wintererbsen-Triticale-Gemenge 6	20	75	WFE-TR6

Ergebnisse

Das Anbausystem hat den Unkrautdeckungsgrad im Frühjahr in allen Versuchsjahren signifikant beeinflusst. Dabei führte ein Anbau der Wintererbsen im Gemenge mit Triticale zu einem signifikant geringeren Unkrautdeckungsgrad (2009/10: 39 %, 2010/11: 7 %, 2011/12: 12-17 %) im Vergleich zum Anbau in Reinsaat (2009/10: 49 %, 2010/11: 17 %, 2011/12: 26 %). Zwischen den unterschiedlichen Gemengevarianten konnte dabei kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Der Erbsenwuchstyp hatte lediglich im Jahr 2009/10 einen signifikanten Einfluss auf den Unkrautdeckungsgrad im Frühjahr, wobei der Anbau der halbblattlosen Wintererbse zu signifikant höheren Werten (49 %) im Vergleich zum normalblättrigen Wuchstyp (39 %) führte.

Die Auswertung der Daten der Unkrautbiomasse zur Blüte und zur Reife der Kulturpflanzen ergab im Versuchsjahr 2009/10 ausschließlich einen signifikanten Einfluss der Hauptfaktoren Erbsenwuchstyp und Anbausystem. Das Unkrautauftreten war an beiden Probenahmeterminen vergleichbar (Blüte: 36,8 g TM/m², Reife: 30,9 g TM/m²). Unabhängig vom Probenahmetermin führte ein Anbau der Wintererbsen in Reinsaat (47,3 g TM/m²) zu einer signifikant höheren Unkrautbiomasse im Vergleich zum Anbau im Gemenge mit Triticale (20,3 g TM/m²). Gleichzeitig wies der normalblättrige Erbsenwuchstyp mit 7,1 g TM/m² eine signifikant geringere Unkrautbiomasse als der halbblattlose Wuchstyp (60,5 g TM/m²) auf.

Im Versuchsjahr 2010/11 wurde die Unkrautbiomasse von einer signifikanten Dreifach-Wechselwirkung von Probenahmetermin × Erbsenwuchstyp × Anbausystem beeinflusst. Ein Anbau der Wintererbsen im Gemenge führte zu einem signifikant geringeren Unkrautauftreten, mit Ausnahme des normalblättrigen Wuchstyps zum Reifezeitpunkt (Tab. 2). Das Unkrautauftreten lag in den Reinsaaten des normalblättrigen Wuchstyps immer signifikant unter dem des halbblattlosen Wuchstyps, wohingegen im Gemenge kein signifikanter Unterschied zwischen den Erbsenwuchstypen festzustellen war.

Tab. 2 Unkrautbiomasse zur Blüte und Reife der Erbsen in Abhängigkeit des Erbsenwuchstyps und des Anbausystems im Versuchsjahr 2010/11 (Mittelwerte ± SEM). Unterschiedliche Großbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($P < 0.05$) zwischen dem Anbausystem innerhalb desselben Erbsenwuchstyps und Probenahmetermins. Unterschiedliche Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Erbsenwuchstypen innerhalb desselben Anbausystems und Probenahmetermins.

Tab. 2 Weed biomass at pea flowering and maturity as affected by pea growth habit and cropping system in 2010/11 (means ± SEM). Different capital letters indicate significant differences ($P < 0.05$) between cropping systems within the same growth habit and sampling date. Different lower case letters denote significant differences between pea growth habits within the same cropping system and sampling date.

Probenahmetermin	Erbsenwuchstyp	Anbausystem	Unkrautbiomasse (g TM/m ²)
Blüte	normalblättrig	WFE-RS	85,9 ± 10,1 Ab
		WFE-TR3	47,4 ± 4,3 Ba
	halbblattlos	WFE-RS	186,3 ± 21,2 Aa
		WFE-TR3	37,1 ± 5,3 Ba
Reife	normalblättrig	WFE-RS	21,1 ± 9,6 Ab
		WFE-TR3	25,1 ± 9,6 Aa
	halbblattlos	WFE-RS	202,3 ± 20,2 Aa
		WFE-TR3	35,5 ± 6,6 Ba

Die Unkrautbiomasse des Versuchsjahres 2011/12 wurde von signifikanten Zweifachwechselwirkungen (Probenahmetermin × Erbsenwuchstyp, Probenahmetermin × Anbausystem) beeinflusst. Zur Blüte der Erbsen wiesen die Wintererbsen-Reinsaaten das höchste Unkrautbiomasseaufkommen aller Varianten auf, wobei keine signifikanten Unterschiede zu den Varianten WFE-TR4 und WFE-TR6 vorhanden waren (Abb. 1).

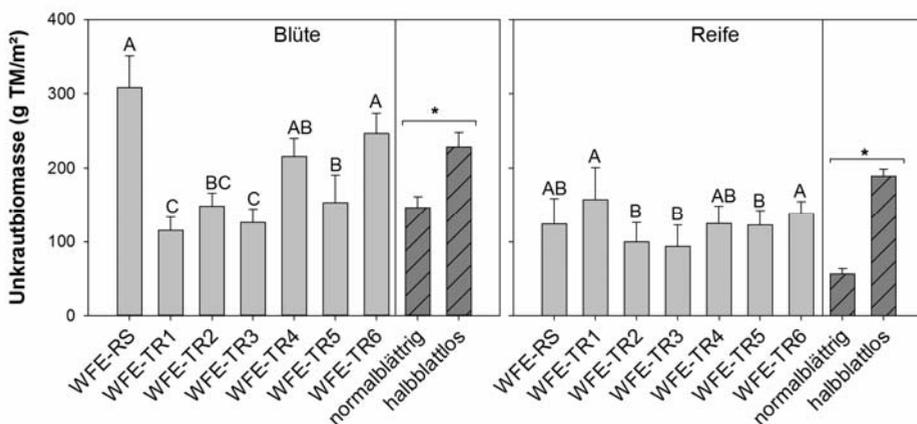


Abb. 1 Unkrautbiomasse (Mittelwerte ± SEM) zur Blüte und Reife der Erbsen in Abhängigkeit des Anbausystems und des Erbsenwuchstyps in 2011/12. Unterschiedliche Buchstaben oder Sternchen kennzeichnen signifikante Unterschiede ($P < 0.05$).

Fig. 1 Weed biomass (means ± SEM) at pea flowering and maturity as affected by pea cropping system and growth habit in 2011/12. Different letters or asterisks indicate significant differences ($P < 0.05$).

Die Gemengevarianten mit der höheren Triticale-Saatstärke führten zu einer deutlich geringeren Unkrautbiomasse im Vergleich zu den Varianten mit einer Triticale-Saatstärke von 75 Körner/m² bei gleicher Wintererbsen-Saatstärke, wobei dieser Effekt mit abnehmender Wintererbsen-

Saatstärke an Bedeutung zunahm. Zur Reife der Kulturpflanzen waren keine signifikanten Unterschiede im Unkrautauflkommen zwischen dem Anbau in Reinsaat und den unterschiedlichen Gemengen vorhanden. Die Variante WFE-TR3 war die Variante mit dem geringsten Unkrautauflkommen zur Blüte und zur Reife der Erbsen. Der halbblattlose Erbsenwuchstyp führte an beiden Probenahmetermenen zu einem signifikant höheren Unkrautauflkommen im Vergleich zum normalblättrigen Wuchstyp. Während das Unkrautauflkommen zur Reife bei der normalblättrigen Wintererbse signifikant unter dem Wert zur Blüte lag, kam es beim halbblattlosen Wuchstyp nicht zu einer Reduzierung des Unkrautauflkommens hin zur Reife.

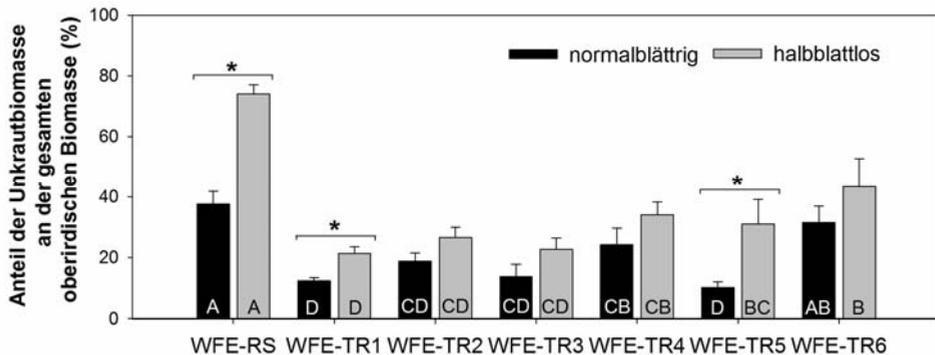


Abb. 2 Anteil der Unkrautbiomasse an der gesamten oberirdischen Biomasse zur Blüte der Erbsen in Reinsaat und Gemenge von normalblättrigen und halbblattlosen Wintererbsen im Versuchsjahr 2011/12 (Mittelwerte \pm SEM). Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($P < 0.05$) zwischen den Anbausystemen innerhalb desgleichen Erbsenwuchstyps, während Sternchen signifikante Unterschiede zwischen den Erbsenwuchstypen innerhalb desselben Anbausystems kennzeichnen.

Fig. 2 Proportion of weed biomass in total aboveground biomass at pea flowering in sole and intercrops of normal-leaved and semi-leafless winter peas in 2011/12 (means \pm SEM). Different letters indicate significant differences ($P < 0.05$) between cropping systems within the same pea growth habit. Asterisks indicate significant differences between pea growth habits within the same cropping system.

Der Anteil der Unkrautbiomasse an der gesamten oberirdischen Biomasse war in den Parzellen der normalblättrigen Wintererbse in den Versuchsjahren 2009/10 und 2010/11 signifikant geringer als beim halbblattlosen Wuchstyp, wobei beim Anbau der Wintererbsen im Gemenge im Jahr 2010/11 kein signifikanter Unterschied zwischen den Erbsenwuchstypen festzustellen war. Ein Anbau des normalblättrigen Wuchstypes im Gemenge mit Triticale (2009/10: 1,0 %, 2010/11: 6,1 %) führte in den ersten beiden Versuchsjahren nicht zu einer signifikanten Reduzierung des Anteils der Unkrautbiomasse an der gesamten oberirdischen Biomasse im Vergleich zur Reinsaat (2009/10: 1,7 %, 2010/11: 14,2 %). Beim halbblattlosen Wuchstyp führte der Gemengeanbau hingegen in den ersten beiden Versuchsjahren zu signifikant geringeren Werten (2009/10: 8,4 %, 2010/11: 4,9 %) im Vergleich zur Reinsaat mit 21,0 % (2009/10) und 14,2 % (2010/11).

Im Versuchsjahr 2011/12 lag der Anteil der Unkrautbiomasse an der gesamten oberirdischen Biomasse zur Blüte der Erbsen deutlich über dem Niveau der Vorjahre und erreichte mit 74,0 % in der Reinsaat des halbblattlosen Wuchstyps den Maximalwert (Abb. 2). Bei beiden Wuchstypen wiesen die Reinsaat signifikant höhere Werte als die Gemenge auf, wobei beim normalblättrigen Wuchstyp die Variante WFE-TR6 nur in der Tendenz einen geringeren Unkrautbiomasseanteil zeigte. Der halbblattlose Wuchstyp führte in allen Varianten zu einem höheren Anteil der Unkrautbiomasse im Vergleich zum normalblättrigen Wuchstyp, wobei dieser lediglich in der Reinsaat und den Gemengevarianten WFE-TR1 und WFE-TR5 signifikant ausfiel. Die höhere Triticale-Saatstärke führte zu einem tendenziell oder signifikant geringeren Unkrautbiomasseanteil im Vergleich zur Triticale-Saatstärke mit 75 Körner/m² bei gleicher Wintererbsen-Saatstärke.

Der N-Gehalt der Unkrautbiomasse wurde in den ersten beiden Versuchsjahren von einer signifikanten Wechselwirkung des Anbausystems und des Erbsenwuchstyps beeinflusst. Ein Anbau des normalblättrigen Erbsenwuchstyps in Reinsaat führte zu einem N-Gehalt in der Unkrautbiomasse von 2,19 % (2009/10) und 2,14 % (2010/11) und damit zu signifikant höheren Werten im Vergleich zum Gemenge mit 1,77 % (2009/10) und 1,72 % (2010/11). Keine signifikanten Unterschiede wurden hingegen beim Anbau des halbblattlosen Wuchstyps zwischen der Reinsaat (2009/10: 1,44 %, 2010/11: 1,37 %) und dem Gemenge (2009/10: 1,45 %, 2010/11: 1,35 %) festgestellt. Der N-Gehalt der Unkrautbiomasse lag beim normalblättrigen Wuchstyp unabhängig vom Anbausystem signifikant unter dem Niveau des halbblattlosen Wuchstyps. Im Versuchsjahr 2011/12 konnte weder ein Einfluss des Erbsenwuchstyps noch des Anbausystems auf die Höhe des N-Gehalts der Unkrautbiomasse nachgewiesen werden.

Die Unkrautbiomasse wies in allen Versuchsjahren in Parzellen des normalblättrigen Wuchstyps einen signifikant geringeren Trockenmassegehalt (2009/10: 21,3 %, 2010/11: 18,5 %, 2011/12: 23,3 %) im Vergleich zum halbblattlosen Wuchstyp (2009/10: 32,8 %, 2010/11: 23,1 %, 2011/12: 27,7 %) auf. Das Anbausystem hatte 2009/10 und 2011/12 keine Auswirkungen auf die Höhe des Unkrautbiomasse-Trockenmassegehaltes, wohingegen 2010/11 im Gemenge mit 23,9 % signifikant höhere Trockenmasse-Gehalte vorlagen im Vergleich zur Reinsaat mit 17,9 %.

Tab. 3 PAR-Transmission zum Unkrautbestand in Reinsaaten (WFE-RS) und Gemenge (WFE-TR3) der normalblättrigen und halbblattlosen Wintererbse in den Versuchsjahren 2009/10 und 2010/11. Mittelwerte innerhalb derselben Zeile und desselben Versuchsjahres mit unterschiedlichen Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($P < 0.05$).

Tab. 3 PAR transmission to the weed canopy level in sole and intercrops of the normal-leafed and the semi-leafless winter pea in 2009/10 and 2010/11. Means on the same line within the same experimental year with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

2009/10					2010/11				
Datum	normalblättrig		halbblattlos		Datum	normalblättrig		halbblattlos	
	WFE-RS	WFE-TR3	WFE-RS	WFE-TR3		WFE-RS	WFE-TR3	WFE-RS	WFE-TR3
22.4	79,5 c	78,8 c	91,5 a	86,8 b	18.4	84,5 a	76,8 b	88,5 a	77,4 b
2.5	39,6 d	51,5 c	79,8 a	72,5 b	25.4	67,2 a	57,5 b	71,8 a	57,9 b
11.5	16,7 d	28,9 c	65,9 a	55,1 b	2.5	51,2 b	41,8 b	62,6 a	44,1 b
17.5	8,2 d	15,9 c	57,5 a	45,4 b	6.5	49,6 b	46,4 b	61,9 a	50,6 b
25.5	5,8 b	8,0 b	39,5 a	38,9 a	11.5	34,3 b	34,4 b	54,3 a	38,0 b
2.6	6,2 c	7,1 c	28,7 b	34,6 a	19.5	17,8 c	25,0 b c	46,1 a	32,1 b
9.6	6,1 c	3,9 c	14,7 b	20,1 a	25.5	5,6 c	16,8 b	32,4 a	22,1 b
16.6	9,5 c	7,0 c	19,5 b	25,8 a	1.6	4,5 c	25,2 b	36,3 a	34,4 a
25.6	6,6 c	4,9 c	12,4 b	18,0 a	7.6	2,3 c	12,7 b	27,5 a	20,0 a
					12.6	4,0 c	20,4 b	34,5 a	33,3 a
					20.6	12,5 c	25,0 b	40,7 a	29,7 b

Der Anteil der photosynthetisch aktiven Strahlung, der zum Unkrautbestand transmittiert wird, lag im Versuchsjahr 2009/10 in den Parzellen mit dem normalblättrigen Erbsenwuchstyp zu allen Messterminen signifikant unter dem der Parzellen mit dem halbblattlosen Wuchstyp (Tab. 3). Der Gemengeanbau führte beim normalblättrigen Wuchstyp von Anfang bis Mitte Mai und beim halbblattlosen Wuchstyp bis Ende Mai zu einer signifikant geringeren PAR-Transmission. Ansonsten waren keine signifikanten Unterschiede zwischen dem Anbau in Reinsaat und dem Anbau im Gemenge vorhanden. Zu Beginn der Messungen im April 2011 (Versuchsjahr 2010/11) waren keine Unterschiede zwischen den Erbsenwuchstypen festzustellen, wobei die PAR-

Transmission zum Unkrautbestand in den Reinsaatunabhängig vom Wuchstyp signifikant höher war als im Gemenge. Im weiteren Verlauf der Vegetationsperiode wies die PAR-Transmission beim Reinsaat-Anbau des halbblattlosen Wuchstyps die höchsten Werte aller Varianten und damit an den meisten Terminen signifikant höhere Werte als das entsprechende Gemenge auf. Der Gemengeanbau des normalblättrigen Wuchstyps resultierte ab Mitte Mai in der geringsten PAR-Transmission aller Varianten, wobei signifikant geringere Werte als im Gemenge vorlagen.

Im Versuchsjahr 2011/12 ergab die statistische Auswertung sowohl eine signifikante Messtermin \times Erbsenwuchstyp- als auch eine signifikante Messtermin \times Anbausystem-Wechselwirkung. Unabhängig vom Erbsenwuchstyp wiesen die Wintererbsen-Reinsaatunabhängig bis Ende Mai signifikant höhere PAR-Transmissions-Werte auf als die Wintererbsen-Triticale-Gemenge (Abb. 3). Während dieser Periode transmittierten die Gemenge mit hoher Triticale-Saatstärke weniger PAR-Strahlung zum Unkrautbestand im Vergleich zu den Gemengen mit geringer Triticale-Saatstärke, wobei sich die Variante WFE-TR1 als die Variante mit der geringsten PAR-Transmission erwies. Ab Ende Mai waren keine signifikanten Unterschiede zwischen den Anbausystemen mehr festzustellen. Die PAR-Transmission zum Unkrautbestand fiel bis Ende April bei beiden Wuchstypen vergleichbar aus (Abb. 3). Ab Anfang Mai wurden in Parzellen des normalblättrigen Wuchstyps signifikant geringere Werte im Vergleich zum halbblattlosen Wuchstyp gemessen.

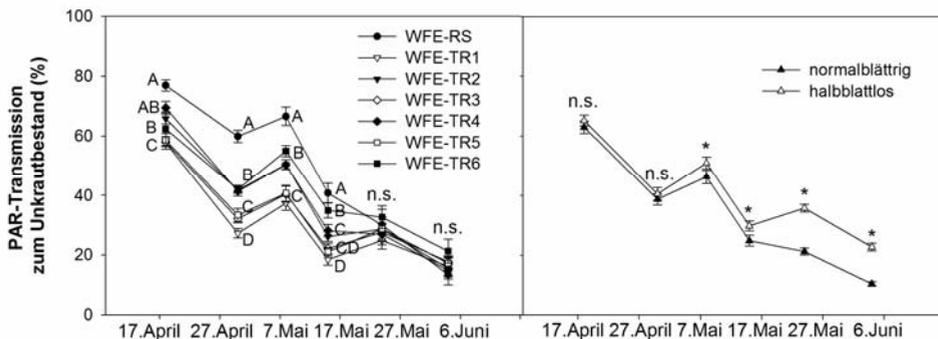


Abb. 3 PAR-Transmission zum Unkrautbestand (Mittelwerte \pm SEM) in Abhängigkeit der Versuchsfaktoren Anbausystem (links) und Erbsenwuchstyp (rechts) im Versuchsjahr 2011/12. Unterschiedliche Buchstaben oder Sternchen kennzeichnen signifikante Unterschiede am gleichen Messtermin ($P < 0.05$). n.s.: nicht signifikant.

Fig. 3 PAR transmission to the weed canopy level (means \pm SEM) as affected by cropping system (left) and pea growth habit (right) in 2011/12. Different letters or asterisks indicate significant differences ($P < 0.05$) at the same measurement date. n.s.: non-significant.

Diskussion

Der Anbau des halbblattlosen, kurzwüchsigen Erbsenwuchstyps führte in allen Versuchsjahren zu einer signifikant höheren Unkrautbiomasse und einem höheren Anteil der Unkrautbiomasse an der gesamten oberirdischen Biomasse im Vergleich zum normalblättrigen, langwüchsigen Wuchstyp beim Anbau in Reinsaat. Das bessere Unkrautunterdrückungs-Potential von den normalblättrigen Erbsenwuchstypen im Vergleich zu den halbblattlosen Wuchstypen stimmt damit mit den Erkenntnissen anderer Autoren überein (URBATZKA, 2010; SPIES *et al.*, 2011; URBATZKA *et al.*, 2011). Zu Vegetationsbeginn im Frühjahr war in den Reinsaatunabhängig lediglich im Versuchsjahr 2009/10 ein höherer Unkrautdeckungsgrad in den Parzellen des halbblattlosen Wuchstyps feststellbar. Während im Versuchsjahr 2009/10 bereits vor dem Winter ein hoher Unkrautdruck insbesondere von *Stellaria media* (L.) Vill. und *Lamium purpureum* L. festzustellen war, nahm in den beiden anderen Versuchsjahren der Unkrautdruck durch *Galium aparine* L. (2010/11) und *Vicia hirsuta* (L.) Gray (2011/12) ab Mitte Mai an Bedeutung zu. Dadurch erklärt sich auch der nicht signifikante Unterschied des Unkrautdeckungsgrades zwischen den Erbsenwuchstypen im Jahr

2009/10. Die Unkrautbiomasse und der Unkrautbiomasseanteil lagen beim halbblattlosen Wuchstyp auch im Gemenge über den Werten des normalblättrigen Wuchstyps. Das im Jahr 2010/11 geprüfte Gemenge von Wintererbsen und Triticale ergab allerdings in der Tendenz höhere Werte für den normalblättrigen Wuchstyp hinsichtlich der Unkrautbiomasse zur Blüte und zur Reife der Erbsen (Tab. 2) sowie des Anteils der Unkrautbiomasse an der gesamten oberirdischen Biomasse zur Blüte der Erbsen. Eine frühzeitige Frühjahrstrockenheit führte in diesem Versuchsjahr zu einer starken Unterdrückung der Wintererbsen durch den Gemengepartner Triticale und damit zu Triticale-dominierten Gemengen. Davon betroffen war aufgrund der höheren Biomasseproduktion insbesondere der normalblättrige Wuchstyp, was die etwas höhere Verunkrautung im Gemenge erklären kann.

Der Gemengeanbau führte unabhängig vom Erbsenwuchstyp in allen Versuchsjahren zu einem signifikant geringeren Unkrautdeckungsgrad zum Zeitpunkt der Blüte der Erbsen. In den ersten beiden Versuchsjahren 2009/10 und 2010/11 lagen die Unkrautbiomasse und der Anteil der Unkrautbiomasse an der gesamten oberirdischen Biomasse in den Gemengen des halbblattlosen Wuchstyps signifikant oder tendenziell unter den Werten der Reinsaatbestände. Dies steht in Übereinstimmung mit Ergebnissen anderer Autoren zum Gemengeanbau von halbblattlosen Erbsen und Getreidepartnern (HAUGGAARD-NIELSEN *et al.*, 2001; POGGIO, 2005; CORRE-HELLOU *et al.*, 2011). Beim normalblättrigen Wuchstyp führte der Gemengeanbau in den ersten beiden Versuchsjahren lediglich im Jahr 2010/11 zu einer signifikanten Reduzierung der Unkrautbiomasse zur Blüte der Erbsen. Ansonsten lagen bei diesem Wuchstyp keine signifikanten Unterschiede zur Reinsaat vor. Im Versuchsjahr 2011/12 hingegen führte der Gemengeanbau unabhängig vom Erbsenwuchstyp zu einem tendenziell oder signifikant geringeren Unkrautauflkommen (Abb. 1, 2). Eine besonders effiziente Unkrautunterdrückung zeigten dabei die Gemenge mit höherer Triticale-Saatstärke, wobei der Unterschied zu den Gemengen mit geringer Triticale-Saatstärke mit abnehmender Saatstärke der Erbse zunahm. Dies zeigt die Bedeutung des Gemengepartners Triticale für das Unkrautunterdrückungs-Potential von Gemengebeständen. Zur Reife konnten hingegen keine signifikanten Unterschiede zwischen dem Anbau in Reinsaat und im Gemenge bei beiden Erbsenwuchstypen festgestellt werden (Abb. 2). Dies ist vermutlich auf den hohen Unkrautdruck mit *Vicia hirsuta* am Standort zurückzuführen, der durch den Gemengepartner Triticale nicht mehr in ausreichendem Maße unterdrückt werden konnte. Die Triticale wies im Jahr 2011/12 mit 26,7 % signifikant höhere Auswinterungsraten als die Wintererbsen auf. Dies hatte lückige Triticale-Bestände zur Folge und hat dazu geführt, dass die im Versuch ebenfalls enthaltenen Triticale-Reinsaatens hinsichtlich des Unkrautauflkommens vergleichbar mit den Wintererbsen-Reinsaatens waren. Beim halbblattlosen Erbsenwuchstyp führte ein Gemengeanbau damit zu einer Reduzierung des Unkrautauflkommens, während beim normalblättrigen Wuchstyp aufgrund des insgesamt schon geringen Unkrautniveaus an Standorten mit geringem Unkrautdruck kein Unterschied zwischen Reinsaat und Gemenge festgestellt werden konnte. Mit zunehmendem Unkrautdruck am Standort wurde allerdings auch beim normalblättrigen Wuchstyp eine bessere Unkrautunterdrückung durch den Gemengeanbau erreicht.

Die Transmission der photosynthetisch aktiven Strahlung zum Unkrautbestand lag beim normalblättrigen Wuchstyp signifikant über dem Niveau der Bestände mit dem halbblattlosen Wuchstyp (Tab. 3, Abb. 3), wobei dieser Effekt mit zunehmender Pflanzenentwicklung an Bedeutung zunahm. Daher kommt die stärkere Beschattung des Unkrautbestandes als eine Ursache für das bessere Unkrautunterdrückungs-Potential eines normalblättrigen Wuchstyps in Frage. Eine stärkere Konkurrenz zwischen den Kulturpflanzen und den Unkräutern beim normalblättrigen Wuchstyp um Wasser oder Stickstoff und dadurch bedingt eine geringere Verunkrautung im Vergleich zum halbblattlosen Wuchstyp scheint aufgrund signifikant höherer N-Gehalte und geringerer Trockenmassegehalte der Unkrautbiomasse nicht ursächlich für das unterschiedliche Unkrautunterdrückungs-Potential der Erbsenwuchstypen zu sein.

Der N-Gehalt der Unkrautbiomasse lag in der Reinsaat und in den Gemengen des halbblattlosen Wuchstyps in allen Versuchsjahren auf vergleichbarem Niveau. Beim normalblättrigen

Erbsenwuchstyp führte der Anbau im Gemenge, trotz eines oftmals vergleichbaren Unkrautaufkommens, hingegen zu einem signifikant geringeren Unkraut-N-Gehalt in den ersten beiden Versuchsjahren. In 2011/12 hatte keiner der Faktoren einen signifikanten Einfluss auf den N-Gehalt der Unkräuter. Die Konkurrenz um Stickstoff erklärt die Unkrautunterdrückung im Gemenge daher nicht ausreichend. Nach Angaben von CORRE-HELLOU *et al.* (2011) ist bei einer hohen Boden-N-Verfügbarkeit die Lichtkonkurrenz zwischen Kulturpflanzen und Unkräutern von entscheidender Bedeutung für die Unkrautunterdrückung im Gemengeanbau von Sommererbsen und Gerste, während es bei einer geringen Verfügbarkeit die Konkurrenz um Stickstoff ist. Die PAR-Transmission lag in allen Versuchsjahren in den Wintererbsen-Triticale-Gemengen bis Ende Mai/Anfang Juni mehrheitlich signifikant unterhalb der Werte der entsprechenden Wintererbsen-Reinsaaten. Danach führte der Gemengeanbau im Vergleich zu den Reinsaaten allerdings zu vergleichbaren oder höheren PAR-Transmissionen. Dies bestätigt die Ergebnisse von KIMPEL-FREUND *et al.* (1998) für den Gemengeanbau von Sommererbsen und Hafer und ist ein Hinweis darauf, dass ein geringeres Unkrautaufkommen in Gemengebeständen zumindest zur Blüte durch eine stärkere Lichtkonkurrenz im Gemenge erklärt werden kann. Von den untersuchten Mischungsverhältnissen im Jahr 2011/12 lag die PAR-Transmission in den Gemengen mit geringer Triticale-Saatstärke signifikant oder tendenziell über den Werten der Gemenge mit der hohen Triticale-Saatstärke, wohingegen die unterschiedlichen Erbsen-Anteile bei gleicher Triticale-Saatstärke mehrheitlich nicht zu signifikanten Unterschieden geführt haben. Mit Ausnahme des Jahres 2010/11 lagen auch keine signifikanten Unterschiede des Trockenmasse-Gehalts der Unkrautbiomasse zwischen dem Anbau in Reinsaat und im Gemenge vor. Somit kommt lediglich 2010/11 eine stärkere Wasserkonkurrenz zwischen den Gemengepartnern als Ursache für ein geringeres Unkrautaufkommen in Frage, was mit den Ergebnissen für Sommererbsen-Gersten-Gemenge übereinstimmt (MOHLER und LIEBMAN, 1987).

Die normalblättrigen Wuchstypen der Wintererbsen waren in der Lage Unkräuter besser zu unterdrücken als halbblattlose Wuchstypen. Ein Anbau von Wintererbsen im Gemenge führte zu einer deutlichen Verbesserung der Unkrautunterdrückung, insbesondere beim Anbau von halbblattlosen Erbsenwuchstypen. Bei normalblättrigen Wuchstypen reduzierte ein Gemengeanbau das Unkrautaufkommen in den insgesamt wenig verunkrauteten Beständen oft nicht. Aufgrund der Stützwirkung der Triticale und der damit verbundenen besseren Beerntbarkeit, ist ein Gemengeanbau von normalblättrigen Wintererbsen allerdings von entscheidender Bedeutung für das Erreichen einer guten Ertragsleistung. Eine geringere PAR-Transmission zum Unkrautbestand war ein grundlegender Faktor, der zu einer besseren Unkrautunterdrückung von Gemengen und von normalblättrigen Erbsenwuchstypen beigetragen hat. Die Konkurrenz zwischen den Kulturpflanzen und den Unkräutern um Stickstoff und/oder Wasser konnte das unterschiedliche Unkrautunterdrückungs-Potential von verschiedenen Anbausystemen und verschiedenen Wuchstypen der Erbse nicht ausreichend erklären.

Danksagung

Die Untersuchung wurde im Rahmen des Projektes "Steigerung der Wertschöpfung ökologisch angebauter Marktfrüchte durch Optimierung des Managements der Bodenfruchtbarkeit" durchgeführt, das im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft (BÖLN) gefördert wird.

Literatur

- BEGNA, S., D.J. FIELDING, T. TSEGAYE, R. VAN VELDHIJZEN, S. ANGADI und D.L. SMITH, 2011: Intercropping of oat and field pea in Alaska: an alternative approach to quality forage production and weed control. *Acta Agr Scand B-S P* **61**, 235-244.
- CORRE-HELLOU, G., A. DIBET, H. HAUGGAARD-NIELSEN, Y. CROZAT, M. GOODING, P. AMBUS, C. DAHLMANN, P. VON FRAGSTEIN, A. PRISTERI, M. MONTI und E.S. JENSEN, 2011: The competitive ability of pea-barley intercrops against weeds and the interactions with crop productivity and soil N availability. *Field Crop Res.* **122**, 264-272.
- HAUGGAARD-NIELSEN, H., P. AMBUS und E.S. JENSEN, 2001: Interspecific competition, N use and interference with weeds in pea-barley intercropping. *Field Crop Res.* **70**, 101-109.

26. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung, 11.-13. März 2014 in Braunschweig

- KIMPEL-FREUND, H., K. SCHMIDTKE und R. RAUBER, 1998: Einfluss von Erbsen (*Pisum sativum* L.) mit unterschiedlichen morphologischen Merkmalen in Reinsaat und im Gemenge mit Hafer (*Avena sativa* L.) auf die Konkurrenz gegenüber Unkräutern. *Pflanzenbauwissenschaften* **2**, 25-36.
- LITTELL, R.C., G.A. MILLIKEN, W.W. STROUP, R.D. WOLFINGER und O. SCHABENBERGER, 2006: SAS for mixed models. Cary, SAS Institute Inc., 840 S.
- MOHLER, C.L. und M. LIEBMAN, 1987: Weed productivity and composition in sole crops and intercrops of barley and field pea. *J. Appl. Ecol.* **24**, 495-502.
- POGGIO, S.L., 2005: Structure of weed communities occurring in monoculture and intercropping of field pea and barley. *Agr. Ecosyst. Environ.* **109**, 48-58.
- SPIES, J.M., T.D. WARKENTIN und R.S. SHIRTLIFFE, 2011: Variation in field pea (*Pisum sativum*) cultivars for basal branching and weed competition. *Weed Science* **59**, 218-223.
- URBATZKA, P., 2010: Anbauwürdigkeit von Wintererbsen – Ein Vergleich zu Sommererbsen in Rein- und Gemengesaat unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus. Dissertation, Universität Kassel-Witzenhausen, Hamburg, Dr. Kovac, 334 S.
- URBATZKA, P., R. GRAB, T. HAASE, C. SCHÜLER, D. TRAUTZ und J. HEB, 2011: Grain yield and quality characteristics of different genotypes of winter pea in comparison to spring pea for organic farming in pure and mixed stands. *Org. Agr.* **1**, 187-202.