

## Zum Einfluss der Fruchtfolge auf die Abundanzen künstlich etablierter Unkrautarten in zwei Feldversuchen

*On the effect of crop rotation on artificially established weed species in two field experiments*

**Christoph Flucke\*, Friederike de Mol und Bärbel Gerowitt**

Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Abteilung Phytomedizin, Satower Straße 48, 18059 Rostock, Deutschland

\*Korrespondierender Autor, christoph.flucke@uni-rostock.de



DOI 10.5073/jka.2014.443.017

### Zusammenfassung

Viele Studien belegen, dass ein regionales Auftreten von gut angepassten Unkrautarten in Verbindung mit regional angebauten Fruchtfolgesystemen steht. Selbstfruchtfolgen oder sehr enge Fruchtfolgen werden als besonders kritisch für die Etablierung und Verbreitung von Problemunkräutern angesehen. Diese Studie untersucht den Einfluss der Fruchtfolge auf das Auftreten von *Amaranthus retroflexus* (L.), *Anchusa arvensis* (L.) M. Bieb., *Echinochloa crus-galli* (L.), *Galium aparine* (L.), *Geranium pusillum* (L.), *Sisymbrium officinale* (L.), *Solanum nigrum* (L.), *Stellaria media* (L.) Vill. und *Viola arvensis* Murray in Fruchtfolgen mit unterschiedlichen phytomedizinischen Risiken. An zwei Standorten in Deutschland werden in einem Feldversuch die Energiepflanzen Mais (M), Winterraps (WR) und Winterweizen [mit früher (WWF) und später Aussaat (WWS)] seit 2008 (Rostock) beziehungsweise 2009 (Göttingen) in vier Fruchtfolgen (M, WR – WWF, WR – M – WWS und WR – WWF – M – WWS) angebaut. Eine Aussaat der genannten Unkrautarten zu Beginn des Versuchs simuliert in allen Systemen einen vergleichbaren künstlichen Unkrautdruck. Die Unkrautartendichten wurden in einem standardisierten Erhebungsverfahren vor dem Einsatz von Herbiziden erfasst. Eine Auswertung der ersten vier beziehungsweise drei Versuchsjahre liefert Hinweise auf fruchtartspezifische Effekte bezüglich des regionalen Auftretens von *A. arvensis*, *E. crus-galli*, *G. pusillum*, *S. nigrum* und *S. media*. Aus ersten fruchtfolgespezifischen Effekten kann geschlossen werden, dass eine Auflockerung eine wirksame vorbeugende Maßnahme zur Verminderung der Unkrautdichten darstellt.

**Stichwörter:** Energiepflanzen, Fruchtfolgegestaltung, Mais, *Solanum nigrum*, *Stellaria media*, Unkrautmanagement, Winterraps

### Abstract

Several studies indicate links between regional occurrence of well adapted weed species and crop rotations. Monocultures or very short crop rotation, which increased in the past decades are crucial for the establishment and dispersion of problematic weed species. In this study the impact of crop rotation on the occurrence of the species *Amaranthus retroflexus* (L.), *Anchusa arvensis* (L.) M. Bieb., *Echinochloa crus-galli* (L.), *Galium aparine* (L.), *Geranium pusillum* (L.), *Sisymbrium officinale* (L.), *Solanum nigrum* (L.), *Stellaria media* (L.) Vill., *Viola arvensis* Murray is investigated in four crop rotations with varying potential of crop health risks. Therefore, maize (M), oilseed rape (WR) and winter wheat [early sowing (WWF) and late sowing (WWS)] are cropped in four different rotations (M, WR – WWF, WR – M – WWS and WR – WWF – M – WWS) at two study sites in Germany since year 2008 (Rostock) and 2009 (Göttingen). At the start of the project selected weed species were sown into some plots in order to simulate an artificial similar weed pressure. In all plots weed species densities were counted before spraying in a standardized observation method. Analyses of four, respectively three years give evidences of crop specific effects regarding *A. arvensis*, *E. crus-galli*, *G. pusillum*, *S. nigrum* and *S. media*. Moreover, first effects of crop rotations on problematic weed species indicates that expanding crop rotations is a preventive tool to reduce weed densities.

**Keywords:** Crop rotations, energy-crops, maize, oilseed rape, *Solanum nigrum*, *Stellaria media*, weed management

### Einleitung

Der Anbau nachwachsender Rohstoffe besitzt in der landwirtschaftlichen Praxis einen hohen Stellenwert. In den vergangenen Jahren hat sich diese Anbaufläche mehr als verzehnfacht. Es wird vermutet, dass die Nachfrage von Energiepflanzen schon in naher Zukunft zu einer Flächenausdehnung von mehreren Millionen Hektar führen wird (ZEGADA-LIZARAZU und MONTI, 2010). Parallel dazu ist weltweit eine Verkürzung von Fruchtfolgen bis hin zu Selbstfolgen zu

beobachten (BENNETT *et al.*, 2012). In Deutschland sind es vor allem die Energieträger Mais, Winterraps und Wintergetreide (STEINMANN und DOBERS, 2013) die durch eine wachsende ackerbauliche Spezialisierung das agrarische Landschaftsbild häufig in Form von Selbstfruchtfolgen und sehr engen Fruchtfolgen prägen. Aus phytomedizinischer Sicht und mit Blick auf die Entwicklung von Problemunkrautarten, das heißt Unkrautarten mit kulturell ähnlichen phänologischen und physiologischen Eigenschaften und negativen Agrarökosystemfunktion, tragen Maisselbstfolgen und enge Winterrapsfruchtfolgen größere Risiken. Zum Beispiel kann ein einseitiges Herbizidmanagement das Auftreten von gut angepassten Unkrautarten begünstigen (GRUNDY *et al.*, 2010). Des Weiterem zeigten FRIED *et al.* (2008), dass große Unterschiede zwischen flächenspezifischen Unkrautgesellschaften mit der Wahl der Vorfrucht und Wahl der aktuellen Kultur zusammenhängen. So begünstigen Maisselbstfolgen signifikant das Auftreten von gut angepassten Unkrautarten wie *Echinochloa crus-galli* und *Amaranthus retroflexus* (FRIED *et al.*, 2010). HANZLIK und GEROWITT (2010) zeigten, dass auch auf Winterrapsflächen in Deutschland große Unterschiede zwischen Unkrautgesellschaften mit der Wahl der Vorfrucht zusammenhängen. Vor allem *Geranium* spp., *Sisymbrium* spp. und *Anchusa* spp. waren in intensiv bewirtschafteten Winterrapsanbaugesellschaften zu finden (HANZLIK und GEROWITT, 2012).

Diese Studie untersucht in Feldversuchen, ob eine Auflockerung von engen Fruchtfolgen (Maisselbstfolge; Winterraps – Winterweizen) eine wirksame phytosanitäre Maßnahme darstellt und dem Auftreten von Problemunkräutern in Mais und Winterraps entgegenwirkt.

## Material und Methoden

### Versuchsdesign

In einem Feldversuch werden an den Standorten Rostock (N 54.061595, E 12.083277; HRO) und Göttingen (N 51.557883, E 9.917639; GOE) die Energiepflanzen Mais (M), Winterraps (WR) und Winterweizen (WW) seit 2008 beziehungsweise 2009 in vier unterschiedlich konzipierten Fruchtfolgen (FF) in einem Split-Plot Design angebaut. Bedingt durch die Stellung innerhalb der Fruchtfolgen erfolgt der Anbau von WW zu einem frühen (September; WWF) oder spätem (Oktober; WWS) Aussaattermin. Neben einer Selbst- und engen Fruchtfolge [M (FF1) und WR – WWF (FF2)] erfolgt die Kultivierung von M und WR in zwei weiteren Fruchtfolgen [WR – M – WWS (FF3) und WR – WWF – M – WWS (FF4)]. Es handelt sich an beiden Standorten um einen echten Fruchtfolgesystemversuch, das heißt jedes Fruchtfolgeglied wird in jedem Jahr, auf vier Parzellen (HRO: a = 6 m x 6 m; GOE: a = 8 m x 7,5 m) und mit vier Wiederholungen angebaut (Split). Ein weiterer Versuchsfaktor ist die Einsaat von ausgewählten Unkrautarten (Plot). Neben drei Maisunkrautarten [*Amaranthus retroflexus*, *Echinochloa crus-galli*, *Solanum nigrum*] wurden drei Rapsunkrautarten [*Anchusa arvensis*, *Sisymbrium officinale*, *Stellaria media*], so wie drei kulturübergreifende Arten [*Galium aparine*, *Geranium pusillum*, *Viola arvensis*] in den Oberboden eingesät. Der bodenbürtige Samenvorrat wurde an beiden Standorten in allen Fruchtfolgefeldern in zwei Parzellen durch eine Einsaat von 1.200 Samen/m<sup>2</sup> und Art (FF1, FF3, FF4) beziehungsweise 600 Samen/m<sup>2</sup> und Art (FF2) in einen Sub-Plot/Parzelle (2 m x 4 m) erhöht. Da der Anbau von FF2 durch ein konservierendes Bodenbearbeitungssystem ohne Pflug erfolgt, wurde die Anreicherung des Samenvorrats im Oberboden auf 600 Samen/m<sup>2</sup> und Art verringert. Insgesamt erfolgte eine Anreicherung des Bodensamenvorrats um 10.800 Samen/m<sup>2</sup> (FF1, FF3, FF4) beziehungsweise 5.400 Samen/m<sup>2</sup> (FF2).

### Standorte und agronomische Maßnahmen

Das Bodengefüge am Standort HRO besteht aus einem sandigen Lehm über Grundmoränen-Geschiebe und besitzt eine Bodenzahl von 45. Die Bodeneigenschaften am Standort GOE entsprechen einem tonigen Schluff auf tiefgründigem Auenlehm und einer Bodenzahl von 86. In den FF1, FF3 und FF4 wird an beiden Standorten vor und nach Mais bis zu einer Tiefe von 25 cm gepflügt. In FF2 wird der Boden konservierend bearbeitet. Aussaaten, Düngemaßnahmen und

Ernten erfolgen an beiden Standorten zu agronomisch sinnvollen Terminen. Der Herbizideinsatz richtet sich nach dem situationsbedingten Unkrautdruck. Der Einsatz von Fungiziden und Insektiziden erfolgt je nach Notwendigkeit und unter Berücksichtigung der Empfehlungen des Pflanzenschutzdienstes der Landwirtschaftskammer Niedersachsen (Warndienst) und dem Landesamt für Landwirtschaft, Lebensmittelsicherheit und Fischerei in Mecklenburg-Vorpommern (Warndienst).

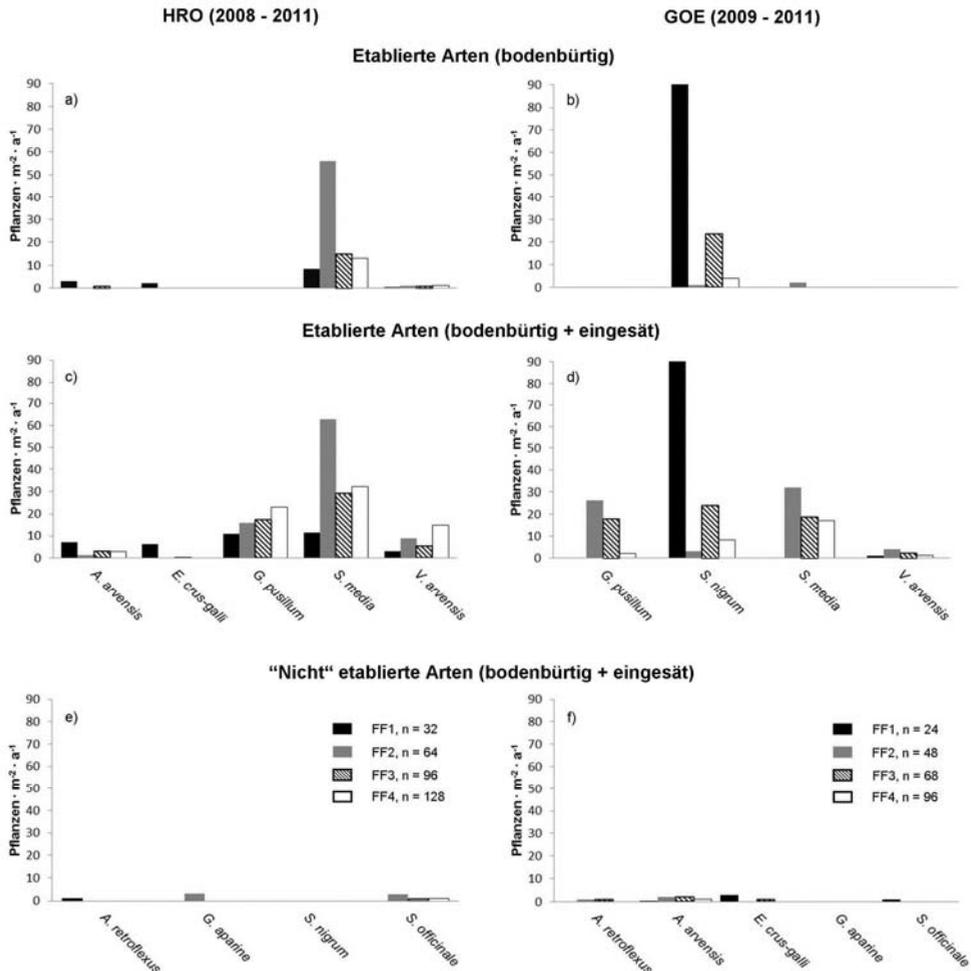
#### *Datenerhebung und -analyse*

Die Erfassung ausgesäter Unkrautarten erfolgte durch ein standardisiertes Boniturverfahren. Mit dem Göttinger Zähl- und Schätzrahmen (0,10 m<sup>2</sup>) wurden die Abundanzen (Pflanzen · m<sup>-2</sup>) der Unkrautarten durch 10 Messwert-Wiederholungen pro Parzelle ermittelt. Der Erhebungszeitpunkt richtete sich in jedem Anbaujahr nach den Entwicklungsstadien der Kulturen (BBCH = 12-14; M = Mai/Juni, WR = September/Oktober, WWF = Oktober/November). Bedingt durch einen späteren Aussaattermin erfolgte die Datenerhebung im WWS im Frühjahr (April/Mai) einer jeden Anbauperiode. Alle Erhebungen fanden vor dem Einsatz von Herbiziden statt. Die ermittelten Unkrautdichten wurden artspezifisch für jede FF über den Versuchszeitraum von 2008 - 2011 (HRO) beziehungsweise 2009 - 2011 (GOE) zu einer Stichprobe aggregiert und mittels Verteilungsanalysen auf eine Etablierung in den Fruchtfolgen untersucht. Die aggregierten Stichproben wurden mit dem Shapiro-Wilk Test auf Normalverteilung geprüft. Es lagen keine Normalverteilungen vor. Die Etablierung der ausgesäten Unkrautarten wird fruchtfolgespezifisch für beide Standorte durch Berechnung der oberen Quartilwerte (Q<sub>3</sub>), für Parzellen mit bodenbürtiger sowie bodenbürtiger + eingesäter Verunkrautung, dargestellt. Q<sub>3</sub> bezeichnet den Wert, der die Messwerte in 75 %-Anteile unterhalb und 25 % oberhalb trennt so wie der Median die Stichprobe in jeweils zwei 50 % Bereiche aufteilt (KÖHLER *et al.*, 2012). Wir nutzen den Q<sub>3</sub> anstatt des Medians, um die Werte grafisch darstellen zu können. Eine Etablierung der ausgesäten Unkrautarten in den Fruchtfolgen wurde als erfolgreich gewertet, wenn  $Q_3 \geq 3 \text{ Pflanzen} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ . Auftreten und Dichte der Unkrautarten wurde, aufgrund fehlender Normalverteilung, mittels Rangvarianzanalyse (Kruskal Wallis Test) auf signifikante Unterschiede ( $\alpha = 0,05$ ) zwischen den Fruchtfolgen und Fruchtfolgegliedern untersucht. Statistische Auswertungen erfolgten mit R Software und den Paketen agricolae und stats (R CORE TEAM, 2013).

## **Ergebnisse**

### *Etablierung ausgesäter Unkrautarten*

Am Standort HRO konnten sich fünf der neun ausgesäten Unkrautarten in den Fruchtfolgen etablieren. *S. media* besitzt in den FF1 - 4 ein hohes Vorkommen in Parzellen mit bodenbürtiger Verunkrautung (Abb. 1a), während die Abundanz auf den Parzellen mit gezielter Einsaat (Abb. 1c) zusätzlich erhöht werden konnte. Weitere Einsaaterfolge zeigen sich für *A. arvensis*, *E. crus-galli*, *G. pusillum* und *V. arvensis*. Die Dichte von *G. pusillum* und *V. arvensis* konnte in Parzellen mit Unkrauteinsaat in allen Fruchtfolgen um ein Vielfaches gesteigert werden, während für *A. arvensis* und *E. crus-galli* nur geringe Veränderungen im Auftreten erkennbar sind. Darüber hinaus konnten keine Effekte der Einsaat für *A. retroflexus*, *G. aparine*, *S. nigrum* und *S. officinale* am Standort HRO gemessen werden (Abb. 1e). Am Standort GOE führte die Aussaat von *G. pusillum*, *S. media* und *V. arvensis* zu einer Erhöhung der Artdichten auf Parzellen mit Unkrauteinsaat (Abb. 1b und 1d). Im Gegensatz dazu konnte nur ein leichter Anstieg von *S. nigrum* auf Parzellen mit Unkrauteinsaat gegenüber Parzellen mit bodenbürtiger Verunkrautung gemessen werden. Bei *A. arvensis*, *A. retroflexus*, *E. crus-galli*, *G. aparine* und *S. officinale* traten keine Effekte der Einsaat am Standort GOE auf (Abb. 1f). Für weitere Betrachtungen wurden Arten ohne erkennbaren Einsaaterfolg (Abb. 1e-f) standortspezifisch aussortiert.



**Abb. 1** Obere Quartilwerte ( $Q_3$ ; Pflanzen  $\cdot$  m<sup>2</sup>  $\cdot$  a<sup>-1</sup>) ausgesäeter Unkrautarten für Parzellen mit bodenbürtiger [a) und b)] und künstlicher Etablierung [bodenbürtig + eingesät; c) - f)].

**Fig. 1** Upper quartile ( $Q_3$ ; Plants  $\cdot$  m<sup>2</sup>  $\cdot$  yr<sup>-1</sup>) of sowing weed species for plots with soil-borne [a) and b)] and artificial establishment [soil-borne + added weed seeds; c) - f)].

#### Fruchtfolge- und fruchtartspezifische Unkrautverteilung

Tabelle 1 zeigt fruchtfolge- und fruchtartspezifische Schwerpunkte im Auftreten von *A. arvensis*, *E. crus-galli*, *G. pusillum*, *S. media* und *V. arvensis* am Standort HRO. Die Verteilung der Dichte von *A. arvensis* und *E. crus-galli* unterscheidet sich signifikant zwischen den Fruchtfolgen ( $\chi^2 > 7,81$ ;  $P < 0,05$ ) und sinkt mit abnehmendem Maisanteil in der Rotation. Hohe Unkrautdichten von *S. media* treten vor allem in Fruchtfolgen mit WR- und WW-Anteilen auf. Das Vorkommen von *S. media* unterscheidet sich dabei signifikant zwischen den Fruchtfolgen ( $\chi^2 > 7,81$ ;  $P < 0,05$ ), wobei die höchsten Unkrautdichten im WR und WWF auftreten. Im Gegensatz dazu kann kein signifikanter Unterschied im Auftreten von *V. arvensis* und *G. pusillum* zwischen den Fruchtfolgen festgestellt werden. Tendenziell höhere Dichten beider Unkrautarten kommen in WR und WWS beziehungsweise WR, WWF und WWS vor.

**Tab. 1** Obere Quartilwerte ( $Q_3$ ; Pflanzen  $\cdot m^{-2} \cdot a^{-1}$ ) von *A. arvensis*, *E. crus-galli*, *G. pusillum*, *S. media* und *V. arvensis* in den Fruchtfolgen (FF1 – FF4) sowie kulturspezifisch für alle Fruchtfolgeglieder (Mais FF1 – WWS FF4) am Standort HRO (2008 – 2011).  $\chi^2$ -Werte und *P*-Werte (Kritische Werte:  $\chi^2_{3;0,95} = 7,81$ ;  $\chi^2_{9;0,95} = 16,92$ ) kennzeichnen signifikante Unterschiede in der artspezifischen Verteilung zwischen den Gruppen (Kruskal Wallis Test). Gruppen mit gleichem Buchstaben zeigen keine signifikanten Unterschiede in der Verteilung.  $\alpha = 0,05$ .

**Tab. 1** Upper quartile ( $Q_3$ ; Plants  $\cdot m^{-2} \cdot yr^{-1}$ ) of *A. arvensis*, *E. crus-galli*, *G. pusillum*, *S. media* and *V. arvensis* at study side HRO (year 2008 – 2011) for crop rotations (FF1 – FF4) and crops of each rotation (Mais FF1 – WWS FF4), respectively.  $\chi^2$ -values and *P*-values (critical values:  $\chi^2_{3;0,95} = 7,81$ ;  $\chi^2_{9;0,95} = 16,92$ ) denotes significant differences in weed density dispersion between groups (Kruskal Wallis Test). Groups with same letters were not significantly different.  $\alpha = 0,05$ .

	n	<i>A. arvensis</i>			<i>E. crus-galli</i>			<i>G. pusillum</i>			<i>S. media</i>			<i>V. arvensis</i>		
		$Q_3$	$\chi^2$	<i>P</i>	$Q_3$	$\chi^2$	<i>P</i>	$Q_3$	$\chi^2$	<i>P</i>	$Q_3$	$\chi^2$	<i>P</i>	$Q_3$	$\chi^2$	<i>P</i>
Fruchtfolge			37	<0,001		69	<0,001		1	0,77		34	<0,001		4,1	0,25
FF1	64	6,0	a		3,3	a		4,0			10,0	c		1,0		
FF2	128	1,0	c		0	c		1,3			57,0	a		2,0		
FF3	188	2,0	b		0	b		2,5			22,2	b		4,0		
FF4	252	1,0	bc		0	b		4,0			24,2	b		3,0		
Kultur + Fruchtfolge			54	<0,001		124	<0,001		12	0,21		92	<0,001		39	<0,001
Mais FF1	64	6,0	a		3,3	a		4,0			10,0	c		1,0	cde	
Mais FF3	64	3,3	ab		1,0	ab		0			11,0	c		0	e	
Mais FF4	64	2,0	bc		0,3	bc		1,0			9,3	c		1,0	de	
WR FF2	64	1,0	d		0	e		5,5			44,0	ab		2,0	abc	
WR FF3	60	2,0	cd		0	d		10,3			31,3	b		10,5	ab	
WR FF4	60	2,0	cd		0	cd		9,0			25,3	b		10,5	abc	
WWF FF2	64	1,0	d		0	e		1,0			203,0	a		2,0	bcd	
WWF FF4	64	1,0	d		0	e		15,0			83,0	a		3,3	ab	
WWS FF3	64	1,0	cd		0	e		3,8			28,3	ab		7,5	a	
WWS FF4	64	1,0	d		0	e		2,8			18,0	b		5,5	ab	

Am Standort GOE sind Unterschiede im Auftreten von *G. pusillum*, *S. nigrum*, *S. media* und *V. arvensis* (Tab. 2) erkennbar. Die Dichten von *G. pusillum* und *S. media* unterscheiden sich signifikant zwischen den Fruchtfolgen ( $\chi^2 > 7,81$ ;  $P < 0,05$ ), wobei hohe Dichten nur beziehungsweise vor allem im WR der FF2-4 auftreten. Auch das Auftreten von *S. nigrum* unterscheidet sich signifikant zwischen den Fruchtfolgen. Als Schwerpunkt für hohe Dichten wurde FF1 sowie Mais als Fruchtfolgeglied in FF3 und FF4 ermittelt. Im Gegensatz dazu weisen die Dichten von *V. arvensis* keine signifikanten Unterschiede zwischen den Fruchtfolgen auf, obwohl ein signifikanter fruchtartspezifischer Effekt im Auftreten sichtbar ist.

**Tab. 2** Obere Quartilwerte ( $Q_3$ ; Pflanzen  $\cdot m^{-2} \cdot a^{-1}$ ) von *G. pusillum*, *S. nigrum*, *S. media* und *V. arvensis* in den Fruchtfolgen (FF1-FF4) sowie kulturspezifisch für alle Fruchtfolgeglieder (Mais FF1 – WWS FF4) am Standort GOE (2009 – 2011).  $\chi^2$ -Werte und *P*-Werte (Kritische Werte:  $\chi^2_{3;0,95} = 7,81$ ;  $\chi^2_{9;0,95} = 16,92$ ) kennzeichnen signifikante Unterschiede in der artspezifischen Verteilung zwischen den Gruppen (Kruskal Wallis Test). Gruppen mit gleichem Buchstaben besitzen keinen signifikanten Unterschied in der Verteilung;  $\alpha = 0,05$ .

**Tab. 2** Upper quartile ( $Q_3$ ; Plants  $\cdot m^{-2} \cdot yr^{-1}$ ) of *G. pusillum*, *S. nigrum*, *S. media* and *V. arvensis* at study site GOE (year 2009 – 2011) for crop rotations (FF1 – FF4) and crops of each rotation (Mais FF1 – WWS FF4), respectively.  $\chi^2$ -values and *P*-values (critical values:  $\chi^2_{3;0,95} = 7,81$ ;  $\chi^2_{9;0,95} = 16,92$ ) denotes significant differences in weed density dispersion between groups (Kruskal Wallis Test). Groups with same letters were not significantly different;  $\alpha = 0,05$ .

	n	<i>G. pusillum</i>			<i>S. nigrum</i>			<i>S. media</i>			<i>V. arvensis</i>		
		$Q_3$	$\chi^2$	<i>P</i>	$Q_3$	$\chi^2$	<i>P</i>	$Q_3$	$\chi^2$	<i>P</i>	$Q_3$	$\chi^2$	<i>P</i>
<i>Fruchtfolge</i>			12	<0,001	52	<0,001	47	<0,001		3	0,35		
FF1	48	0	b		112,2	a	0	c		2,0			
FF2	96	1,2	a		1,2	c	15,5	a		14,0			
FF3	136	0	ab		24,2	b	4,0	b		23,0			
FF4	192	0	b		6,0	b	1,2	b		12,0			
<i>Kultur + Fruchtfolge</i>			67	<0,001	311	<0,001	118	<0,001		44	<0,001		
Mais FF1	48	0	b		112,3	b	0	e		0	bcd		
Mais FF3	40	0	b		88,0	ab	0	de		0	de		
Mais FF4	48	0	b		161,8	a	0	e		0	cde		
WR FF2	48	26,5	a		4,3	c	20,5	a		3,3	a		
WR FF3	48	29,0	a		11,3	c	23,5	ab		1,3	ab		
WR FF4	48	36,0	a		3,0	c	30,0	ab		1,0	ab		
WWF FF2	48	0	b		0	d	6,8	b		0	cde		
WWF FF4	48	0	b		0	d	1,3	c		0	e		
WWS FF3	48	0	b		0	d	2,0	c		0	bc		
WWS FF4	48	0	b		0	d	1,0	cd		0	bc		

## Diskussion

Untersuchungen von Fruchtfolgeeffekten auf Unkrautarten beziehungsweise Unkrautgesellschaften benötigen häufig lange Zeit bevor der Samenvorrat und die daraus auflaufende bodenbürtige Verunkrautung reagieren (GEROWITT und BODENDÖRFER, 1998; DOUCET *et al.*, 1999). Um Fruchtfolgeeffekte, das heißt eine Beeinflussung der Verunkrautung in Vielfalt und Dichte, schneller erkennen und messen zu können, erfolgte zu Beginn dieser Studie eine parzellenspezifische Aussaat von Problemunkrautarten.

In Regionen mit intensivem Maisanbau gehören *E. crus-galli* und *S. nigrum* zu den 15 wichtigsten Unkrautarten (MEHRTENS *et al.*, 2005). In dieser Studie führte eine Auflockerung von Maisselbstfolgen mit Wintererbsen und Winterweizen zu einer fruchtfolgespezifischen Abnahme von *A. arvensis* und *E. crus-galli* am Standort Rostock, so wie *S. nigrum* am Standort Göttingen. HANZLIK und GEROWITT (2012) fanden einen Zusammenhang zwischen dem Vorkommen von *A. arvensis* und Regionen mit intensivem Rapsanbau. Hier trat diese Art auch im Mais häufig in hohen Dichten auf. Dieser Befund liefert einen Hinweis darauf, dass *A. arvensis* durchaus nicht auf Raps als Feldfrucht beschränkt ist. Auch *E. crus-galli* und *S. nigrum* traten im Mais häufig in hohen Dichten auf. Dies kann auf den artspezifischen Lebenszyklus beziehungsweise die für die Keimung notwendige Basistemperatur sowie die potentielle Keimperiode von *E. crus-galli* und *S. nigrum* zurückgeführt werden (GUILLEMIN *et al.*, 2012). Während die Dichte von *A. arvensis* und *E. crus-galli* durch

erweiterte Fruchtfolgegestaltung im Mais sinkt, konnte ein solcher Effekt für *S. nigrum* nicht gemessen werden.

Eine Auflockerung von Wintertraps - Winterweizen Fruchtfolgen mit Mais führte zu einer fruchtfolgespezifischen Abnahme von *S. media* am Standort Rostock, sowie zu einer Abnahme von *G. pusillum* und *S. media* am Standort Göttingen. Hohe Dichten von *G. pusillum* und *S. media* traten in Göttingen vor allem im Wintertraps auf. In Rostock weisen vor allem Winterweizen und Wintertraps hohe Dichten von *G. pusillum* und *S. media* auf. *S. media* führt bereits bei geringer Dichte (1,4 Pflanzen · m<sup>-2</sup>) zu einem Ertragsverlust (5 %) im Wintertraps (LUTMAN *et al.*, 2000). Die Art zählt zu den wichtigsten Unkräutern in Deutschland (GOERKE *et al.*, 2008; HANZLIK und GEROWITT, 2012). Eine erweiterte Fruchtfolgegestaltung führte am Standort Rostock zu einer Abnahme von *S. media* im Wintertraps und Winterweizen.

Die Auswertung liefert erste Hinweise darauf, dass eine Auflockerung von Maisselbstfolgen und engen Wintertrapsfolgen dem Auftreten von regional bedeutsamen Problemunkrautarten entgegenwirkt und somit eine wirksame phytosanitäre Maßnahme darstellen kann.

## Literatur

- BENNET, A. J., G. D. BENDING, D. CHANDLER, S. HILTON und P. MILLS, 2012: Meeting the demand for crop production: the challenge of yield decline in crops grown in short rotations. *Biological Reviews* **87**, 52-71.
- DOUCET, C., S. E. WEAVER, A. S. HAMILL und J. ZHANG, 2011: Separating the effects of crop rotation from weed management on weed density and diversity. *Weed Science* **47** (6), 729-735.
- FRIED, G., L. 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.
- FRIED, G., S. PETIT und X. REBOUD, 2010: A specialist-generalist classification of the arable flora and its response to changes in agriculture practices. *BMC Ecology* **10**, 20.
- GEROWITT B. und H. BODENDÖRFER, 1998: Long-term population development of *Viola arvensis* Murr. in a crop rotation. I. Field experiments. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* **105** (6), 641-654.
- GOERKE, K., U. RICHTER, M. SCHULTE und B. GEROWITT, 2008: Regionale Unterschiede in der Rapsunkrautflora Deutschlands. *Gesunde Pflanzen* **60**, 151-158.
- GUILLEMIN, J.-P., A. GARDARIN, S. GRANGER, C. REIBEL, N. MUNIER-JOLAIN und N. COLBACH, 2012: Assessing potential germination period of weeds with base temperatures and base water potentials. *Weed Research* **53**, 76-87.
- GRUNDY, A.C., A. MEAD, W. BOND, G. CLARK und S. BURSTON, 2010: The impact of herbicide management on long-term changes in diversity and species composition of weed populations. *Weed Research* **51**, 187-200.
- HANZLIK, K. und B. GEROWITT, 2011: The importance of climate, site and management on weed vegetation in oilseed rape in Germany. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **141**, 323-331.
- HANZLIK, K. und B. GEROWITT, 2012: Occurrence and distribution of important weed species in German winter oilseed rape fields. *Journal of Plant Diseases and Protection* **119** (3), 107-120.
- KÖHLER, W., G. SCHACHTEL und P. VOLESKE: Beschreibende Statistik. In: *Biostatistik – Eine Einführung für Biologen und Agrarwissenschaftler*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2012, 11-76.
- LUTMAN, P. J. W., P. BOWERMAN, G. M. PALMER und G. P. WHYTOCK, 2000: Prediction of competition between oilseed rape and *Stellaria media*. *Weed Research* **40**, 255-269.
- MEHRTENS, J., M. SCHULTE und K. HURLE, 2005: Unkrautflora in Mais – Ergebnisse eines Monitorings in Deutschland. *Gesunde Pflanzen* **57**, 206-218.
- STEINMANN, H.-H. und E. S. DOBERS, 2013: Spatio-temporal analysis of crop rotations and crop sequence patterns in Northern Germany: potential implications on plant health and crop protection. *Journal of Plant Diseases and Protection* **120** (2), 85-94
- ZEGADA-LIZARAZU, W. und A. MONTI, 2010: Energy crops in rotation – A review. *Biomass and Bioenergy* **35**, 12-25.