

Sektion 5: Unkrautmanagement ohne Herbizide

Session 5: Weed management without herbicides

Der Einfluss der Fruchtfolge auf die Beikrautflora im ökologischen Landbau

The effect of crop rotation on weeds in organic arable fields

Franziska Mayer^{*}, Gisbert Kuhn, Peer Urbatzka, Adelheid Castell

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Agrarökologie, Lange Point 12, 85354 Freising

^{*}Korrespondierende Autorin, franziska.mayer@lfl.bayern.de

DOI 10.5073/jka.2018.458.040



Zusammenfassung

Im ökologischen Landbau ist die Fruchtfolge ein wichtiges Element in der Unkrautregulierung. Fünf verschiedene Fruchtfolgevarianten wurden in einem Parzellenversuch in Oberbayern auf ihre Wirkung auf den Beikrautbesatz untersucht. Dafür wurde in den Jahren 2013-2016 die Beikrautvegetation (alle Arten und ihre Deckung) auf den Versuchspartellen erfasst. Insgesamt wurden in den 120 Aufnahmen 93 Pflanzenarten registriert; im Mittel 26 Arten pro 40 m². Für die Kartoffeln ergab sich lediglich ein Unterschied in der Kulturdeckung, die in der Fruchtfolge mit Gülledüngung und zweijährigem Klee gras höher war als in den anderen beiden Kartoffel-Fruchtfolgen. Die Beikrautvegetation unterschied sich kaum zwischen den Fruchtfolgen. In der Sommer-Gerste konnte durch eine einjährige Klee grasphase im Vergleich zur Ackerbohnenkultur die Beikrautdeckung geringer gehalten werden, u. a. durch einen geringeren Besatz mit Wurzelunkräutern wie *Sonchus arvensis* oder eine niedrigere Deckung von *Avena fatua*. Ähnliches zeigte sich auch im Winterweizen. Die Fruchtfolgevariante ohne Kartoffeln und Klee gras bot sowohl Wurzel- als auch Samenunkräutern eine bessere Etablierungschance, so dass auch die gesamte Wildkrautdeckung hier höher war.

Stichwörter: Ackerwildkraut, Fruchtfolge, Klee gras, Ökolandbau

Abstract

Crop rotation is an essential element in organic farming weed management. The effect of five different crop rotation systems on the abundance of arable weeds was investigated. Therefore, a vegetation survey was carried out on the study plots from 2013 to 2016. 93 different weed species were recorded in 120 observations. Weed species number and composition in potatoes hardly differed between the crop rotation systems. Only crop cover was higher on plots with manuring and with a biennial grass-clover. In summer barley weed abundance was lower when there was grass-clover included in the crop rotation instead of field bean. Especially the dominance of the perennial *Sonchus arvensis* and of *Avena fatua* was reduced. Similar results were observed in the winter wheat. The crop rotation without potatoes and grass-clover was more susceptible both for annuals and perennials so that weed abundance in general was higher.

Keywords: Arable weed, crop rotation, organic farming

Einleitung

Die Aufgaben der Fruchtfolge sind nicht nur der Erhalt und die Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit und der Nährstoffversorgung, sondern auch die Regulierung des Krankheits- und Unkrautdrucks. Da im ökologischen Landbau alle Möglichkeiten zur Beikrautregulierung ausgeschöpft werden sollten, sind Erkenntnisse über die Auswirkungen verschiedener Fruchtfolgen auf das Vorkommen von Ackerwildkräutern - sowohl quantitativ als auch qualitativ - wichtig. Ziel der vorgestellten Untersuchungen war es, einen möglichen Einfluss verschiedener Fruchtfolgen auf Artenzusammensetzung und Deckung der Beikräuter aufzuzeigen.

Material und Methoden

Der hier vorgestellte Fruchtfolgeversuch wird nach den Richtlinien des ökologischen Landbaus bewirtschaftet. Er läuft seit Ernte 1998 in Oberbayern ca. 30 km nordwestlich von München im

Tertiärhügelland. Der sandige Lehm, auf dem der Versuch liegt, hat eine Bodenzahl von 64. Es handelt sich um einen Parzellenversuch in einer einfaktoriellen Blockanlage mit drei Wiederholungen und einer Parzellengröße von je 150 m². Dabei wurden fünf verschiedene Fruchtfolgen getestet. Jedes Fruchtfolgeglied war in jedem Jahr vorhanden.

Tab. 1 Untersuchte Fruchtfolgevarianten (FF: Fruchtfolge).

Tab. 1 Investigated crop rotations (FF: crop rotation).

Viehhaltend (20-25 m ² Gülle)			Viehlos (ohne Gülle)	
mit Klee gras			ohne Klee gras	
2-jährig		1-jährig		
gemäht		gemulcht		
mit Kartoffeln		ohne Kartoffeln		
FF1	FF2	FF4	FF5	FF6
Klee gras	Klee gras	Klee gras	Klee gras	Ackerbohne
Klee gras	Kartoffeln	Kartoffeln	Winterweizen	Winterweizen
Kartoffeln	Winterweizen	Winterweizen	Sommergerste	Sommergerste
Winterweizen				
Winterroggen				

Die Beikrautregulierung im Getreide erfolgte durch bedarfsgerechtes Striegeln. Bei besonders hohem Besatz an *Cirsium arvense*, *Rumex obtusifolius* oder *Chenopodium album* wurde Einzelpflanzenbekämpfung per Hand durchgeführt. Deshalb konnten diese Arten bei den Auswertungen nicht berücksichtigt werden.

In den Jahren 2013-2016 wurde der Versuch vegetationskundlich begleitet. Dabei wurde die Beikrautvegetation im Winterweizen und in der Sommergerste Mitte Juli und in den Kartoffeln Ende Juli bis Anfang August aufgenommen. Jedes Jahr wurden 15 Weizen-, neun Kartoffel- und sechs Gerstenparzellen untersucht. Dabei wurde auf Streifen von 2,5 x 16 m² die Deckung aller Gefäßpflanzenarten in % geschätzt (ergänzt in Anlehnung an die Schätzskala von BRAUN-BLANQUET (1964) um „+“ für <1 % Deckung und „r“ für 1-3 Exemplare), zusätzlich die Gesamtdeckung und die Deckungen der Kultur und der Beikräuter getrennt.

Die Ordinationsdiagramme wurden mittels multivariater Auswertemethoden mit PcOrd 6 (McCUNE and MEFFOR, 2011) erstellt, Mittelwertvergleiche und Signifikanztests (Duncans multipler Spannweitentest) mit SAS-Enterprise-Guide (4.3) (Copyright © 2006 - 2010 by SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Ergebnisse und Diskussion

Insgesamt wurden in den 120 Aufnahmen 93 Pflanzenarten registriert: Auf den Kartoffel- und auf den Gerstesschlägen im Mittel 29 Arten pro 40 m² und im Weizen 25 Arten – der Gesamtdurchschnitt waren 26 Arten. Innerhalb der Feldfrüchte gab es hinsichtlich der Artenzahl keine signifikanten Unterschiede zwischen den Fruchtfolgen.

Die stetigsten Arten in den verschiedenen Kulturen sind in Tabelle 2 dargestellt. Ihren Verbreitungsschwerpunkt im Wintergetreide haben *Aphanes arvensis* und *Apera spica-venti*, während *Chenopodium album* und *Galinsoga ciliata* vorwiegend in Hackfrüchten und Sommergetreide vorkommen (vgl. auch HOFMEISTER und GARVE, 2006). Insgesamt handelt es sich um Arten, die auf diesem Standort typisch sind bzw. Arten mit einer sehr weiten ökologischen Amplitude. Neben diesen noch recht häufigen und z. T. konkurrenzstarken Arten gab es auch Arten, die man immer seltener antrifft, wie *Spergula avensis*, *Gnaphalium uliginosum*, *Silene noctiflora*, *Sherardia arvensis*, *Papaver rhoeas*, *Anagallis arvensis*, *Centaurea cyanus* und sogar eine Art der Roten Liste der gefährdeten Pflanzenarten *Legousia speculum-veneris* (LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ, 2003), die einmal im Winterweizen vorkam.

Tab. 2 Rangfolge der sechs Arten mit der höchsten Stetigkeit in den drei Kulturen.

Tab. 2 Ranking order of the six most abundant species in the three crops.

Rang	Winterweizen	Sommergerste	Kartoffeln
1	<i>Aphanes arvensis</i>	<i>Cirsium arvense</i>	<i>Chenopodium album</i>
2	<i>Apera spica-venti</i>	<i>Fallopia convolvulus</i>	<i>Cirsium arvense</i>
3	<i>Myosotis arvensis</i>	<i>Veronica persica</i>	<i>Veronica persica</i>
4	<i>Cirsium arvense</i>	<i>Myosotis arvensis</i>	<i>Fallopia convolvulus</i>
5	<i>Fallopia convolvulus</i>	<i>Galinsoga ciliata</i>	<i>Galinsoga ciliata</i>
6	<i>Veronica persica</i>	<i>Viola arvensis</i>	<i>Stellaria media</i>

Die Diagramme in Abbildung 1 zeigen die Ähnlichkeit der Beikrautbestände in Gerste bzw. Weizen. Je näher zwei Punkte beieinander liegen, desto ähnlicher sind sich die Pflanzenszusammensetzungen der Bestände. Die Beikrautbestände der Gerste unterschieden sich relativ deutlich zwischen den beiden Fruchtfolgevarianten. Beim Weizen ist eine ähnlich deutliche Abgrenzung nur für die Fruchtfolgevariante FF6 (ohne Kartoffeln und Klee gras) erkennbar. Worauf diese Unterschiede beruhen, klären die Tabellen 3 (Weizen) und 4 (Gerste). Hier sind die Arten aufgelistet, für die signifikante Unterschiede in den Deckungswerten zwischen den Fruchtfolgen festgestellt wurden.

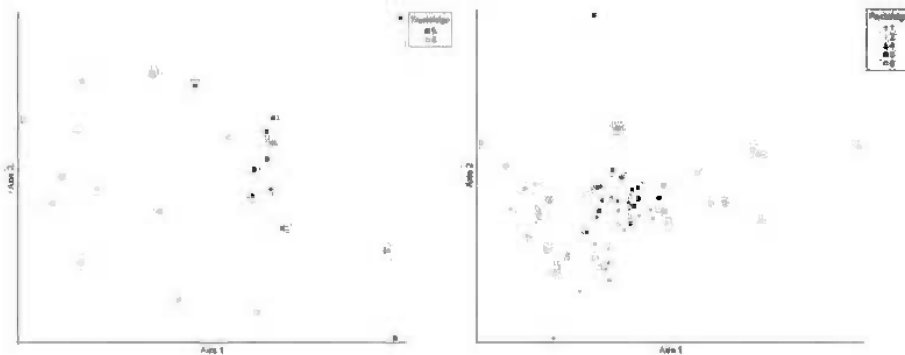


Abb. 1 Ordinationsdiagramme (DCA, Detrended correspondence Analysis) aufgrund der Artenzusammensetzungen der Vegetationsaufnahmen auf den Weizen- (rechts) und Gersten- (links) Parzellen in den verschiedenen Fruchtfolgen; Gerste: Axis 1: Eigenwert=0,45, Gradientenlänge=2,5; Axis2: Eigenwert=0,27; Gradientenlänge =2,1; Weizen: Axis 1: Eigenwert=0,48, Gradientenlänge =3,1; Axis 2: Eigenwert=0,22, Gradientenlänge =2,6.

Fig. 1 Ordination graphs (DCA, Detrended correspondence Analysis) based on the species composition on the wheat (right side) and barley (left side) plots at different crop rotations; barley: Axis 1: eigenvalue=0,45, length of gradient=2,5; Axis2: eigenvalue=0,27, length of gradient=2,1; wheat: Axis 1: eigenvalue=0,48, length of gradient=3,1; Axis 2: eigenvalue=0,22, length of gradient=2,6.

Fruchtfolgeglied Sommergerste

In Gruppe 1 (Tab. 3) sind die Arten(-gruppen) zusammengefasst, die in FF5 höhere Deckungswerte bzw. Anteile zeigten, in Gruppe 2 die in FF6 stärker vertreten waren. Dass die Gerste in FF5 (mit Klee gras) eine höhere Kulturdeckung zeigte, stimmt gut mit den höheren Erträgen (CASTELL et al., 2016), die sie hier erzielte, überein. Die höhere Leguminosen- und Rotklee-Deckung resultiert aus der Klee grasphase in FF5. *Poa annua* und *Galeopsis tetralix* sind Arten mit einer langlebigen Samenbank, die die Klee grasphase gut überstehen und dadurch in dieser Variante möglicherweise einen Vorteil gegenüber anderen Arten hatten. Die Gerste in FF6 (ohne Klee gras) zeigte generell eine höhere Wildkrautdeckung, die sich auch in einer höheren Gräserdeckung zeigte. Zudem waren hier die ausdauernden Arten stärker vertreten und die mittlere Konkurrenzzahl der Beikräuter (HÖLZNER und GLAUBINGER, 2005) war höher, was durch die deutlich stärkeren

Vorkommen von *Sonchus arvensis* (Konkurrenzzahl 3-4) und *Avena fatua* (Konkurrenzzahl 5) in FF6 erklärbar ist. Auch für die Gräserdeckung war in erster Linie *Avena fatua* verantwortlich, der in FF5 durch die Klee grasphase wenigstens ein Jahr an der Bildung neuer Samen gehindert wird. Ähnlich verhält sich *Spergula arvensis*, der wie der Flughafer typischerweise im Sommergetreide vorkommt (ARLT et al., 1991). Die wichtigsten Wurzelunkräuter, die durch die mehrmalige Mahd des Klee grasses in FF5 geschwächt wurden, sich in FF6 dagegen jedes Jahr etablieren konnten, waren *Equisetum arvense* und *Sonchus arvensis*, letztere eine typische Art der Sommerfrüchte (HOLZNER und GLAUNINGER, 2005).

Tab. 3 Die Ackerwildkräuter und Artengruppen in Sommer-Gerste, die sich zwischen den Fruchtfolgen signifikant unterschieden ($p=0,05$); mittlere Deckungswerte (%), außer bei *. In den Gruppen sind die Arten(gruppen) zusammengefasst, deren (Deckungs-)Werte sich bezogen auf die Fruchtfolgen ähnlich verhalten.

Tab. 3 Weed species and groups in summer barley with a significant difference in mean ground cover (%) between the crop rotations ($p=0.05$). "Gruppe" pools species with similar behavior according to the crop rotation.

	Fruchtfolge		Gruppe
	FF5	FF6	
<i>Galeopsis tetrahit</i>	3,17	0,58	1
<i>Cerastium glomeratum</i>	0,29	0,04	1
<i>Poa annua</i>	0,29	0,04	1
<i>Trifolium pratense</i>	0,17	0,00	1
Kulturdeckung %	39,17	23,92	1
Leguminosenanteil %	0,63	0,17	1
<i>Avena fatua</i>	0,67	8,75	2
<i>Sonchus arvensis</i>	1,13	8,58	2
<i>Equisetum arvense</i>	0,21	1,46	2
<i>Lapsana communis</i>	0,08	0,58	2
<i>Spergula arvensis</i>	0,04	0,42	2
ΣBeikrautdeckung gesamt %	27,72	43,50	2
ΣWurzelunkrautdeckung %	4,67	11,71	2
Gräseranteil %	2,67	9,88	2
Konkurrenzzahl*	2,84	3,21	2

*nach HOLZNER und GLAUNINGER, 2005

Fruchtfolgeglied Winterweizen

Betrachtet man das Fruchtfolgeglied Winterweizen (Tab. 4) ergibt sich eine erste Gruppe von Arten aus *Fallopia convolvulus* und *Galeopsis tetrahit*, die beide in FF1 mit zweijährigem Klee gras und Kartoffeln stärker vertreten waren als in FF6 ohne Klee gras und Kartoffeln; beides sommer-einjährige Arten mit einer langlebigen Samenbank (HOLZNER und GLAUNINGER, 2005). Möglicherweise hatten sie durch ihre langlebigen Samen in der beikrautunterdrückenden FF1 einen Vorteil anderen Arten gegenüber – z. B. Wurzelunkräutern gegenüber -, den sie in FF6 nicht nutzen konnten.

Dass in den Fruchtfolgen FF2 und FF6 der Gräseranteil höher war als in anderen Fruchtfolgen, lag an der höheren Deckung von *Apera spica-venti* und in FF2 zusätzlich an höheren Anteilen an *Elymus repens* und *Phleum pratense*. Warum *Apera spica-venti* gerade in FF4 mit so geringen Deckungen auftrat, ist schwer zu erklären – liegt doch der Unterschied zu FF2 lediglich in der Düngung bzw. der Behandlung des Klee grasses. Der Windhalm ist ein an Wintergetreide angepasstes Beikraut mit sehr kurzlebigen Samen. Laut ARLT et al. (1991) würde eine längere Anbaupause zwischen Winterfrüchten die Keimfähigkeit kurzlebiger Unkrautsamen vermindern. Das ist aber bei FF4 gegenüber anderen Fruchtfolgen nicht gegeben. Überhaupt ist das verstärkte Auftreten der Artengruppe 2 in Fruchtfolge FF2 schwer nachvollziehbar, z. B. von den beiden Wurzelunkräutern *Elymus repens* und *Equisetum arvense*. Allerdings handelt es sich hier um sehr

geringe Deckungswerte. Zudem muss bedacht werden, dass nicht nur die Bewirtschaftung das Vorkommen der Beikräuter beeinflusst, sondern dass sich auch die Beikräuter selbst gegenseitig Konkurrenz machen. So ist auch vorstellbar, dass bestimmte Arten stärker auftreten, weil die Konkurrenz fehlt. Wie auch in der Gerste wurden im Weizen in FF6 ohne Klee gras und Kartoffeln Samenunkräuter wie *Avena fatua*, *Galinsoga ciliata*, *Lapsana communis*, *Matricaria discoidea*, *Sonchus asper*, *Tripleurospermum perforatum* und *Veronica arvensis* gefördert, was sich in einer insgesamt höheren Samenunkrautdeckung zeigte. Das in FF6 erhöhte Vorkommen an Wurzelunkräutern gegenüber FF1 basiert unter anderem auf der höheren *Sonchus arvensis*-Deckung.

Tab. 4 Die Ackerwildkräuter und Artengruppen in Winter-Weizen, die sich zwischen den Fruchtfolgen signifikant unterscheiden ($p=0,05$); mittlere Deckungswerte (%); die Buchstaben a-c zeigen signifikante Unterschiede an. In den Gruppen sind die Arten(gruppen) zusammengefasst, deren (Deckungs-)Werte sich bezogen auf die Fruchtfolgen ähnlich verhalten.

Tab. 4 Weed species and groups in winter wheat with a significant difference in mean ground cover (%) between the crop rotations ($p=0.05$); the letters a-c indicate significant differences. "Gruppe" pools species with similar behavior according to the crop rotation.

	Fruchtfolge					Gruppe
	FF1	FF2	FF4	FF5	FF6	
<i>Fallopia convolvulus</i>	2,08	a 0,88	1,46	0,63	b 0,46	b 1
<i>Galeopsis tetrahit</i>	2,00	a 1,17	1,79	a 0,54	0,21	b 1
<i>Elymus repens</i>	0,29	b 0,88	a 0,38	b 0,33	b 0,08	b 2
<i>Equisetum arvense</i>	0,08	b 1,08	a 0,42	0,13	b 0,92	2
<i>Phleum pratense</i>	0,21	bc 0,54	a 0,38	ba 0,25	0,00	c 2
<i>Polygonum aviculare</i>	0,58	0,67	a 0,46	0,42	0,33	b 2
<i>Apera spica-venti</i>	2,33	2,79	a 0,75	b 1,88	3,46	a 2
Gräseranteil %	4,21	6,42	a 3,21	b 4,25	5,83	a 2
<i>Matricaria discoidea</i>	0,21	b 0,33	0,34	0,25	b 0,50	a 3
<i>Veronica arvensis</i>	0,25	b 0,21	b 0,25	b 0,33	b 0,63	a 3
<i>Tripleurospermum perforatum</i>	0,25	b 0,21	b 0,21	b 0,33	0,58	a 3
<i>Galinsoga ciliata</i>	0,08	b 0,08	b 0,25	a 0,13	b 0,38	a 3
<i>Sonchus asper</i>	0,13	b 0,50	b 0,38	b 0,08	b 3,46	a 3
<i>Sonchus arvensis</i>	0,00	b 0,00	b 0,08	b 0,04	b 4,00	a 3
<i>Avena fatua</i>	0,00	b 0,08	b 0,04	b 0,04	b 0,67	a 3
<i>Lapsana communis</i>	0,04	b 0,04	b 0,00	b 0,00	b 0,25	a 3
ΣWurzelunkrautdeckung %	3,08	b 6,38	6,29	4,50	7,63	a 3
Konkurrenzzahl*	2,58	2,54	2,49	2,35	b 2,70	a 3
ΣBeikrautdeckung gesamt %	19,30	19,34	15,02	b 17,46	b 24,72	a 3
ΣSamenunkrautdeckung %	17,84	16,00	11,87	b 15,38	19,17	a 3
<i>Plantago major</i>	0,13	0,13	0,25	a 0,04	b 0,04	b 4
<i>Ranunculus repens</i>	0,29	0,21	b 0,50	a 0,42	0,42	4
<i>Papaver rhoeas</i>	0,08	b 0,04	b 0,00	b 0,29	a 0,08	b 5
<i>Stellaria media</i>	0,17	b 0,17	b 0,38	b 2,08	a 0,58	5

*nach HOLZNER und GLAUNINGER, 2005

Offensichtlich fehlt es FF6 erheblich an Potential, Beikräuter zu unterdrücken. Die Kartoffel dämmt Unkräuter durch häufige mechanische Pflegemaßnahmen und ihren dichten Bestand ein. Zweijähriges Klee gras kann gegenüber Fruchtfolgen ohne Klee gras die Unkrautindividuen/m² auf die Hälfte bis ein Viertel reduzieren (ARLT et al.). Auch MOHLER (2009) bestätigt die Reduktion sowohl von Annuellen als auch von Wurzelunkräutern wie *Cirsium arvense* durch eine Klee grasphase in der Fruchtfolge.

Die Konkurrenzzahl unterschied sich wie bei der Gerste auch beim Weizen zwischen FF5 und FF6. Mit Konkurrenzzahlen von 3 bzw. 3-4 (HOLZNER und GLAUNINGER, 2005) wirkten sich hier die deutlich stärkeren Vorkommen von *Apera spica-venti*, *Sonchus asper* und *S. arvensis* in FF6 aus.

Die beiden ausdauernden Arten *Plantago major* und *Ranunculus repens* traten verstärkt in FF4 auf (Gruppe 4). Beide weisen auf Bodenverdichtung hin. Die letzte Gruppe (5) bilden zwei Arten, die in FF5 (mit gemulchtem Klee gras, ohne Kartoffeln) ihre Hauptverbreitung haben: die annuellen *Papaver rhoeas* und *Stellaria media*.

Die insgesamt geringsten Beikraut- und Samenunkrautdeckungen waren in Fruchtfolge FF4 zu beobachten. Diese Fruchtfolge verfügt einerseits mit Klee gras und Kartoffeln über zwei beikrautunterdrückende Fruchtfolgeglieder. Andererseits fehlt hier gegenüber der sonst fast identischen FF2 der Einfluss der Gülledüngung. Da laut CASTELL (2014) die Düngewirkung der Gülle gegenüber gemulchtem Klee gras vergleichbar war und laut MAYER (2000) das Samenausbreitungspotential der Gülleausbringung im Vergleich zum Samenpotential der Pflanzen auf dem Feld sehr gering ist, kann der Unterschied nicht durch die fehlende Düngung erklärt werden.

Fruchtfolgeglied Kartoffeln

Im Vergleich zwischen den Fruchtfolgen ergab sich für die Kartoffeln lediglich ein Unterschied in der Kulturdeckung, die in der Fruchtfolge mit Gülledüngung und zweijährigem Klee gras höher war als in den anderen Fruchtfolgevarianten. Tatsächlich erzielte diese Fruchtfolge auch einen höheren Ertrag (CASTELL et al., 2014). Die Beikrautvegetation unterschied sich kaum zwischen den drei Fruchtfolgen.

Literatur

- ARLT, K., W. HILBIG und H. ILLIG, 1991: Ackerunkräuter – Ackerwildkräuter. Ziemsen Verlag, Wittenberg. 160 S.
- BRAUN-BLANQUET, J., 1964: Pflanzensoziologie. Springer-Verlag, Wien, New York. 865 S.
- CASTELL, A., T. ECKL, M. SCHMIDT, R. BECK, E. HEILES, G. SALZEDER und P. URBATZKA, 2014: Fruchtfolgen im ökologischen Landbau – Pflanzenbaulicher Systemvergleich in Viehhausen und Puch. Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft 9, 90 S.
- HOFMEISTER, H. und E. GARVE, 2006: Lebensraum Acker. 2. Aufl. Verlag Kessel, Remagen. 327 S.
- HOLZNER, W. und J. GLAUNINGER, 2005: Ackerunkräuter – Bestimmung, Biologie, landwirtschaftliche Bedeutung. Leopold Stocker Verlag, Graz-Stuttgart. 264 S.
- LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ, 2003: Rote Liste gefährdeter Gefäßpflanzen Bayerns mit regionalisierter Florenliste. Schriftenreihe des Bayerische Landesamtes für Umweltschutz. 374 S.
- MAYER, F., 2000: Long distance dispersal of weed diaspores in agricultural landscapes – The Scheyern approach. FAM-Bericht 47. Shaker Verlag, Aachen. 205 S.
- MCCUNE, B. and M.J. MEFFOR, 2011: PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data. Version 6.19. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, U.S.A.
- MOHLER, C.L., 2014: The role of crop rotation in weed management. In MOHLER, C.L. und S.E. JOHNSON (Hrsg.): Crop rotation on organic farms – a planning manual. Plant and Life Science Publishing, New York, S. 44-46.