

Auswirkungen unterschiedlicher Fruchtfolgen im ökologischen Landbau auf den Ertrag und die Produktivität

Regina Schneider¹, Eberhard Heiles², Georg Salzeder³, Klaus Wiesinger¹
Martin Schmidt⁴ & Peer Urbatzka¹

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

¹Institut für Agrarökologie, Ökologischen Landbau und Bodenschutz

²Abteilung Versuchsbetriebe Versuchsstation Puch

³Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung

⁴Abteilung Versuchsbetriebe, Versuchswesen und Biometrie

Zusammenfassung

In Fruchtfolgen im ökologischen Landbau wirken sich Unterschiede bei Anteil, Nutzung und Art der Leguminosen verschieden stark auf die nachfolgenden Marktfrüchte aus. Deren Erträge werden durch das Betriebssystem (viehhaltend oder viehlos) und die Position der Marktfrucht nach der Leguminose beeinflusst. Zur Untersuchung der Auswirkungen wurden seit 1998 im oberbayerischen Puch fünf verschiedene Fruchtfolgen angebaut und auf Ertrag und Produktivität geprüft.

Bei der Produktivität zeigten sich deutliche Unterschiede, auch davon abhängig ob die Leguminosen in die Bewertung einbezogen wurden. Der ausschließliche Anbau von Marktfrüchten mit einer Körnerleguminose statt Klee gras führte zu deutlichen Mindererträgen der folgenden Marktfrüchte. Die höchste Produktivität wurde bei Fruchtfolgen mit Klee gras in Schnittnutzung (viehhaltend) erreicht. Die geprüften viehlosen Fruchtfolgen mit gemulchtem Klee gras oder Körnerleguminose wiesen, bei Einbezug der Leguminosen, eine gleichwertige, aber im Vergleich zur Schnittnutzung geringere Produktivität auf.

Abstract

In organic crop rotations differences in proportion, use and type of legumes have a different effect on the following cash crops. The yield of these cash crops is affected by the farming system (with or without livestock) and the distance of the cash crop to the legume. To investigate these effects on yield and productivity, a long-term field trial with five different crop rotations was established in 1998 in Puch, Upper Bavaria.

Clear differences could be determined in productivity. This difference is particularly dependent on whether legumes are included in the estimation or not. The exclusive cropping of cash crops which includes grain legumes instead of grass-clover leys clearly led to fewer yields for the following cash crops. Crop rotations with grass-clover leys in meadow mowing (with livestock) had the highest productivity. When legumes were included the tested stockless crop rotations with mulched grass-clover leys or grain legume showed a comparable productivity, but productivity was lower in comparison to meadow mowing.

Einleitung und Zielsetzung

Ein wesentlicher Faktor für erfolgreichen Pflanzenbau im ökologischen Anbau stellt die Gestaltung der Fruchtfolge dar. Sie beeinflusst den Krankheits- und Schädlingsdruck, den Beikrautbesatz und die Nährstoff-Versorgung aller Fruchtfolgeglieder. Die wichtigste Stickstoffquelle ist dabei der Anbau von Leguminosen. Es wird einerseits die Fähigkeit der Knöllchenbakterien genutzt, Luftstickstoff in pflanzenverfügbaren Stickstoff umzuwandeln.

Andererseits dient in viehhaltenden Betrieben der oberirdische Aufwuchs als Viehfutter. Die entstehende Gülle und der Stallmist werden als Stickstoff-Dünger bevorzugt zu den Marktfrüchten einer Fruchtfolge eingesetzt. Zudem steigt die Anzahl der viehlos wirtschaftenden Betriebe (Schmidt 2003, Leithold 2002), mit der Folge einer immer größeren Bedeutung der Nährstoffversorgung durch den Anbau von Leguminosen. Dadurch stellt sich die Frage wie sich unterschiedliche Leguminosenanteile, -arten und deren Nutzung auf Ertrag, Qualität und Produktivität auswirken. In diesem Beitrag werden der Ertrag der Marktfrüchte sowie die Produktivität in Abhängigkeit der Gestaltung der Fruchtfolge dargestellt.

Material und Methoden

Der Versuch wird seit 1998 an der Versuchsstation der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft in Puch (Lkr. Fürstenfeldbruck) durchgeführt. Die Versuchsstation liegt auf 550 m ü. NN, die langjährigen Mittel betragen 8,5 °C und 877 mm Niederschlag. Beim Bodentyp handelt es sich um eine schwach humose Pseudogley-Parabraunerde, Bodenart ist sandiger Lehm mit einer Ackerzahl von 64. Die Versuchsstation wird konventionell bewirtschaftet, der Feldversuch wird nach den Richtlinien der EU-Öko-Verordnung durchgeführt. Der Versuch besteht aus 5 Fruchtfolgen: eine 5-jährige Rotation (FF1) und vier 3-jährige Rotationen (FF2-FF5; Tab.1). Jedes Fruchtfolglied wird jedes Jahr angebaut.

Tab. 1: Übersicht der Hauptfrüchte der fünf Fruchtfolgen mit Düngung

	Fruchtfolge FF1	Fruchtfolge FF2	Fruchtfolge FF3	Fruchtfolge FF4	Fruchtfolge FF5
Dünger-Art	Gülle	Gülle			
Düngermenge (kg N ¹ /ha/a)	56,9	65,6			
1. Jahr	Klee gras (Schnitt)	Klee gras (Schnitt)	Klee gras (Mulch)	Klee gras (Mulch)	Körner- leguminose ²)
2. Jahr	Klee gras (Schnitt)	Kartoffeln +25 m ³ Gülle	Kartoffeln	Winter- weizen (+ Zwischen- frucht ³)	Winter- weizen (+ Zwischen- frucht ³)
3. Jahr	Kartoffeln +25 m ³ Gülle	Winter- weizen +20 m ³ Gülle	Winter- weizen	Sommer- gerste	Sommer- gerste (+ Zwischen- frucht ³)
4. Jahr	Winterweizen +20 m ³ Gülle				
5. Jahr	Winterroggen +20 m ³ Gülle				

¹) N = Nitrat-N + Ammonium-N, errechnet anhand Gülleuntersuchung

²) Ackerbohne (1998-2001), Futtererbse (2002, 2003) bzw. Sojabohne (2004-2010)

³) Alexandrinerklee

FF1 und FF2 simulieren viehhaltende Systeme: das Klee gras wird geschnitten und abgefahren, im Gegenzug wird zu den Marktfrüchten Gülle ausgebracht (Tab.1). FF3-FF5 charakterisieren viehlose Systeme. Das Klee gras wird gemulcht oder durch eine Körnerleguminose ersetzt und zusätzlich werden legume Zwischenfrüchte angebaut.

Das Klee gras wurde im vorher stehenden Getreide als Untersaat gesät, so dass sich eine überjährige Nutzung ergibt. Der Schnitt erfolgte dreimal pro Jahr in FF1 und FF2. Gemulcht wurde in FF3 und FF4 im gleichen Turnus.

Beim Klee gras wurde in FF1 und FF2 neben dem Ertrag der Ernteparzelle die Trockensubstanz bestimmt. Ferner wurden beim 1. Schnitt die Anteile an Klee, Gras und Kräutern im Bestand visuell in Prozent geschätzt. Bei den Kartoffeln wurde der Ertrag erfasst, sowie der Marktwarenertrag anhand der Sortierung ohne Untergrößen errechnet. Zu den Untergrößen zählten bei den runden bis ovalen Sorten die Knollen kleiner 35 mm, bei den langovalen bis langen Sorten kleiner 30 mm. Anhand des Parzellen-Ertrages bei Getreide (Winterweizen, Sommergerste, Winterroggen), der Trockensubstanz umgerechnet auf 86 % und der Sortierung wurde der Marktwaren-Ertrag errechnet. Bei Winterweizen und Winterroggen zählten alle Körner größer 2,0 mm zum Marktwaren-Ertrag, bei der Sommergerste größer 2,2 mm. Der Ertrag der Körnerleguminosen errechnete sich aus dem Ertrag der Ernteparzelle und der Trockensubstanz. Bei Futtererbse und Ackerbohne wurde die Trockensubstanz auf 86 % bei Sojabohnen auf 91 % umgerechnet.

Für die Ergebnisse wurden die Daten von 2000-2010 verwendet. Bei den Anfangsjahren 1998 und 1999 war kein Effekt der Fruchtfolge zu erwarten, da sich hier nur die Auswirkungen der Vorfrüchte und somit v.a. der konventionellen Bewirtschaftung zeigen.

Die Getreideeinheit „beschreibt das Energieliefervermögen pflanzlicher Erzeugnisse im Verhältnis zu dem für Futtergerste errechneten Vermögen“ (Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, 2011). Zur Vergleichbarkeit der Produktivität der Fruchtfolgen wurden daher Getreideeinheiten nach Abel et al. (2010) verwendet (Tab.2). Einzige Ausnahme stellte der Faktor für Klee dar, der bei Abel et al. (2010) nicht aufgeführt wird. Für Klee wurde auf den Wert im Getreideeinheitenschlüssel des BMELV (2011) zurückgegriffen.

Bei der Berechnung des Kleeheu-Ertrages als ein Viertel vom Frischmasse-Ertrag handelte es sich um eine vereinfachte Annahme, wie sie auch bei Abel et al. (2010) verwendet wurde.

Die Anteile von Klee, Gras und Kräutern in einem Klee gras-Bestand können sehr stark variieren. Anhand der geschätzten Anteile kann der jeweilige Klee gras-Ertrag in Getreideeinheiten umgerechnet werden.

Angelegt wurde der Versuch als Blockanlage mit drei Wiederholungen, die Größe der Ernteparzelle betrug bei Kartoffeln 60 m² und den übrigen Kulturen 30 m². Die statistische Auswertung erfolgte mit SAS 9.1.

Tab.2: Getreideeinheitenschlüssel für die Fruchtarten im Versuch (Abel et al., 2010)

	Getreideeinheitenschlüssel GE/dt Ertrag	Ertrag bezogen auf 1 dt
Weizen	1,04	Kornertrag 86% TS
Gerste	1	Kornertrag 86% TS
Roggen	1	Kornertrag 86% TS
Kartoffeln	0,22	Knollenertrag
Ackerbohnen	0,94	Kornertrag 86% TS
Erbsen	1,01	Kornertrag 86% TS
Sojabohnen	1,15	Kornertrag 91% TS
Gras, frisch	0,16	Frischmasse-Ertrag
Klee, Heu	0,68 ¹⁾	Heu ²⁾

¹⁾ aus BMELV (2011)

²⁾ Heu-Ertrag = 0,25 * Frischmasse-Ertrag (Abel et al., 2010)

Ergebnisse und Diskussion

Winterweizen wurde in jeder der fünf Fruchtfolgen angebaut, und eignet sich damit sehr gut, um die Fruchtfolgen bezüglich Nährstoff-Management und Position des Winterweizens nach der Leguminose zu vergleichen.

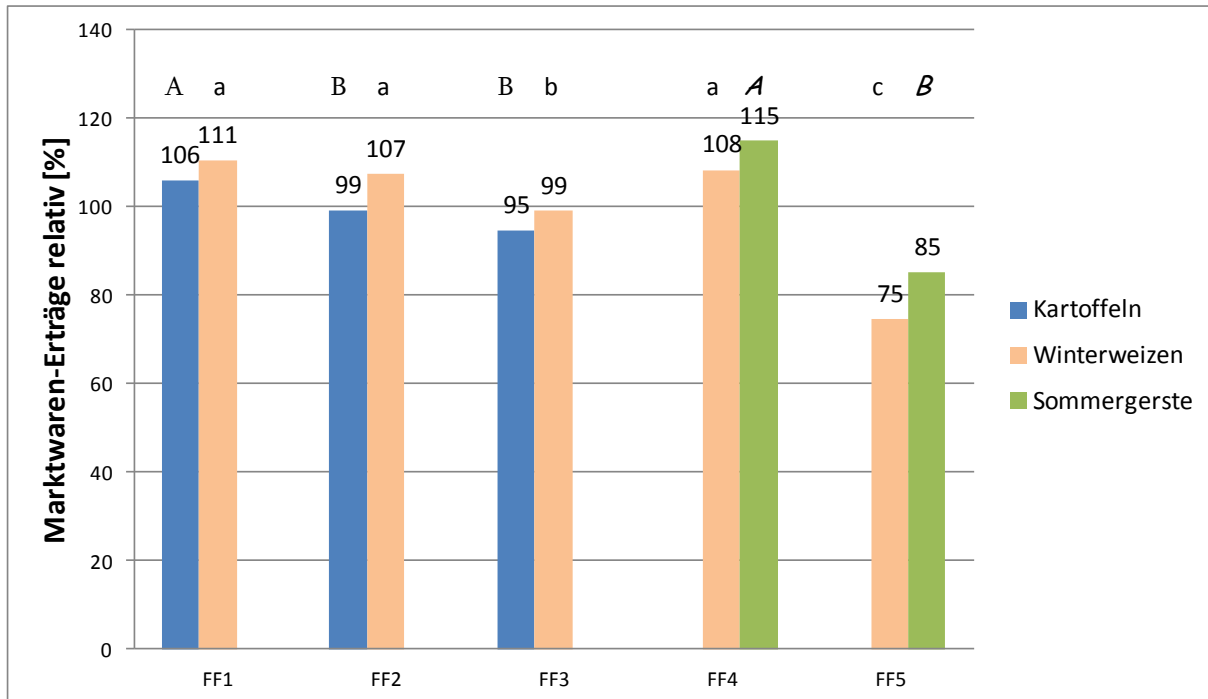


Abb. 1: Relative Marktwaren-Erträge von Kartoffeln, Winterweizen, Sommergerste in Abhängigkeit der Gestaltung der Fruchtfolge; verschieden große bzw. kleine Buchstaben = signifikante Unterschiede für Winterweizen, Sommergerste bzw. Kartoffel (SNK-Test, $p < 0,05$), 100% Kartoffeln = 250,5 dt/ha, 100% Winterweizen = 50,1 dt/ha, 100% Sommergerste = 37,7 dt/ha

FF1, FF2 und FF4 brachten beim Winterweizen mit ca. 110 % die höchsten relativen Marktwarenerträge und waren statistisch nicht unterscheidbar (Abb. 1). FF3 lieferte signifikant geringere Erträge im Vergleich zu FF1, FF2 und FF4. Ursache war im Vergleich zu FF1 und FF2 vermutlich die Schnittnutzung und die damit im Betriebssystem viehhaltend einhergehende organische Düngung. Im Vergleich zu FF4 war der Minderertrag auf den Abstand des Winterweizens zum Klee gras zurückzuführen. FF5 brachte mit 75 % die geringsten Relativ-Erträge verglichen mit allen anderen Fruchtfolgen im Versuch. Dies lag wahrscheinlich an der Abfuhr des Erntegutes bei den Körnerleguminosen, und an der geringeren Stickstoffmenge aus der Fixierung der Knöllchenbakterien (Mayer et al., 2001, Belau et al., 1995). Zudem waren die Körnerleguminosen-Erträge u.a. aufgrund eines deutlich höheren Beikrautbesatzes im Versuch häufig gering (Daten nicht dargestellt).

Die Kartoffeln erbrachten beim Marktwarenertrag in FF1 einen signifikant höheren Ertrag als in FF2 und in FF3 (Abb. 1). Ursache war wahrscheinlich eine höhere Stickstofffreisetzung nach zweijährigem im Vergleich zu einjährigem Klee gras, welches u.a. auf eine höhere Stickstofffixierleistung zurückzuführen war (Loges, 1998). Die gleichwertigen Kartoffel-Marktwarenerträge in FF2 und FF3 waren durch nahezu vergleichbare Mengen an pflanzenverfügbaren Stickstoff erklärbar, welche bei den simulierten Betriebssystemen den Nachfrüchten zur Verfügung standen (vgl. Heuwinkel et al., 2005).

Der relative Marktwarenertrag bei Sommergerste lag in FF4 mit 115 % signifikant höher als in FF5 mit 85 % (Abb. 1). Die Ursachen wurden bereits oben dargelegt.

Vergleicht man die Fruchtfolgen bezüglich der Produktivität in Form von Getreideeinheiten fällt auf, dass unter Einbezug der Leguminosen der durchschnittliche Fruchtfolge-Ertrag in FF1 und FF2 etwa doppelt so hoch war wie in FF3, FF4 und FF5 (Abb. 2). FF1 und FF2 unterschieden sich damit signifikant von den übrigen Fruchtfolgen. Dies war mit dem Schnitt des Kleeegrases und der Rückführung des organischen Düngers zu begründen, welcher in FF1 und FF2, als simulierte Fruchtfolgen für viehhaltende Betriebe, durchgeführt wurde. In FF3 und FF4, also im viehlosen Betriebssystem, wurde das Klee gras gemulcht und auf der Fläche belassen, und ging somit mit 0 GE in die Berechnung ein. In FF5 wurden mit der Körnerleguminose drei Marktfrüchte einbezogen, und trotzdem war die Produktivität in dieser Fruchtfolge vergleichbar zu FF3 und FF4. Zurückzuführen war dies auf die mangelnde Nährstoff-Versorgung der Folgefrüchte nach der Körnerleguminose (s.o.) und auf die geringen Erträge der Körnerleguminose (Daten nicht dargestellt).

Betrachtet man die Produktivität der Fruchtfolgen ohne Leguminosen, ergab sich ein differenziertes Bild. FF1, FF2 und FF3 unterschieden sich nicht signifikant (Abb. 2). In FF2 und FF3 wurden die gleichen Marktfrüchte angebaut, wobei es eine abnehmende Tendenz von FF2 zu FF3 gab. Dies war vermutlich erklärbar durch den signifikant höheren Winterweizen-Marktwarenertrag von FF2 zu FF3, wobei die Kartoffel-Marktwarenerträge gleichwertig waren (Abb. 1). FF4 schnitt im Vergleich zu FF1, FF2 und FF3 schwächer ab. Die Sommergerste in FF4 konnte die Kartoffel-Erträge aus den anderen drei Fruchtfolgen bezüglich Produktivität nicht ausgleichen. Gleichzeitig erreichte der Winterweizen in FF4 einen signifikant höheren Marktwarenertrag als in FF3 (Abb. 1), der vermutlich ausreichte, dass es bezüglich Produktivität zwischen FF3 und FF4 keinen signifikanten Unterschied gab. FF5 wies von allen Fruchtfolgen die geringste Produktivität ohne Einbezug der Leguminosen auf (Abb. 2). Dies war mit den geringsten Erträgen der Marktfrüchte zu begründen (Abb. 1).

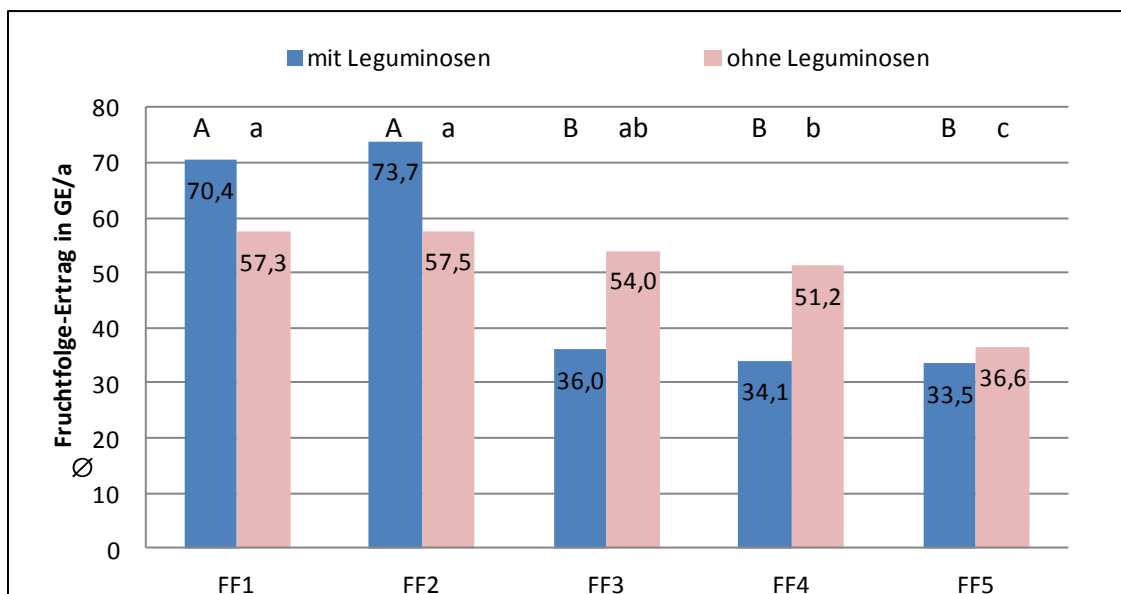


Abb. 2: Durchschnittliche Fruchtfolge-Erträge in Getreideeinheiten (GE) pro Jahr in Abhängigkeit der Gestaltung der Fruchtfolge; verschieden große bzw. kleine Buchstaben = signifikante Unterschiede bzgl. mit bzw. ohne Einbezug der Leguminosen (SNK-Test, $p < 0,05$)

Schlussfolgerungen

Die höchste Produktivität wurde beim Anbau in viehhaltenden Systemen erreicht, durch die Verwertung des Kleeegrases und die damit einhergehende Rückführung der Nährstoffe. Gibt es

keine eigene Viehhaltung und ist keine direkte Verwertung des Kleeegrases möglich, ist der Anbau von Fruchtfolgen mit Klee gras, das gemulcht wird, dem von Körnerleguminosen bezüglich der nachfolgenden Marktfrüchte überlegen. Beim Einbezug des gemulchten Klee grasses und der Körnerleguminosen in die Bewertung war die Produktivität der gesamten Fruchtfolgen vergleichbar.

Danksagung

Wir möchten uns ganz herzlich bei allen Kollegen der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, die zu dem Forschungsvorhaben beigetragen haben, bedanken.

Literatur

Abel H., Theuvsen L., Schulze Möking S., Klapp C. (2010): Überarbeitung des Getreide- und Vieheinheitenschlüssels. Universität Göttingen. URL: <http://download.ble.de/06HS030.pdf> ; Aufruf am 23.01.2012

Belau L., Hornermeier B., Matheis F. (1995): Modelluntersuchungen zur Einschätzung der potentiellen N-Freisetzung nach Klee grasumbruch. Arch Agron Soil Sci 39:37-43
BMELV, 2011: Getreideeinheitenschlüssel. URL: <http://berichte.bmelv-statistik.de/SJT-3120100-2010.pdf> ; Aufruf am 23.01.2012

Heuwinkel H., Gutser R., Schmidhalter U. (2005): Auswirkung einer Mulch- statt Schnittnutzung von Klee gras auf die N-Flüsse einer Fruchtfolge. In: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.): Forschung für den ökologischen Landbau in Bayern, Schriftenreihe 6/2005, 71-79.

Leithold G. (2002): Ökologischer Landbau – umweltgerechte Lebensmittelproduktion und Ernährungssicherung, S. 5. URL: http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2003/1283/pdf/Leithold-2002_VortragHST.pdf ; Aufruf am 23.01.12

Loges R. (1998): Ertrag, Futterqualität, N₂-Fixierleistung und Vorfruchtwert von Rotklee- und Rotklee grasbeständen. Dissertation Universität Kiel.

Mayer J., Buegger F., Heß J. (2001): Bestimmung der N-Transformation des residualen Stickstoffs dreier Körnerleguminosenarten in die Folgefrüchte Weizen und Raps mit Hilfe einer ¹⁵N-*in situ* Markierungsmethode. In: Reents H-J. (Hrsg.): Von Leit-Bildern zu Leit-Linien – Beiträge zur 6. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Verlag Dr. Köster, 191-194.

Schmidt H. (2003): Viehloser Ackerbau im ökologischen Landbau, S. 5. URL: <http://orgprints.org/5020/1/5020-02OE458-uni-giessen-2003-viehloser-ackerbau.pdf>; Aufruf am 17.01.12

Schmidt H., Leithold G. (2005): Ökologischer Ackerbauversuch Gladbacherhof – Effekte von Fruchtfolge und Bodenbearbeitung in der ersten Rotation. In: Heß J., Rahmann G. (Hrsg.): Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, kassel university press gmbh, Kassel, 255-258.

Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, 2011: Getreideeinheitenschlüssel. URL: http://www.tll.de/ainfo/pdf/ge_schl.pdf ; Aufruf am 23.01.2012

Zitiervorschlag: Schneider R, Heiles E, Salzeder G, Wiesinger K, Schmidt M & Urbatzka P (2012): Auswirkungen unterschiedlicher Fruchtfolgen im ökologischen Landbau auf den Ertrag und die Produktivität. In: Wiesinger K & Cais K (Hrsg.): Angewandte Forschung und Beratung für den ökologischen Landbau in Bayern. Ökolandbautag 2012, Tagungsband. –Schriftenreihe der LfL 4/2012, 87-93