

Wirkung von reduzierter Bodenbearbeitung und Gründüngung im Ökologischen Landbau auf den Beikrautbesatz

Influence of Reduced Tillage and Green Manures on Weeds in Organic Farming

Meike Grosse^{1*}, Thorsten Haase² & Jürgen Heß¹

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

²Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen, Beratungsteam Ökologischer Landbau, Kölnische Str. 48-50, 34117 Kassel

*Korrespondierender Autor, meike.grosse@uni-kassel.de

Zusammenfassung

Reduzierte Bodenbearbeitung und Gründüngung haben das Potenzial, Anbausysteme im Ökologischen Landbau weiter zu verbessern, wenn sie an die spezifischen Bedingungen des Ökologischen Landbaus angepasst werden. Ein Ziel des europäischen Forschungsprojektes „TILMAN ORG“ (www.tilman-org.net) ist es, eine wirksamere Beikrautregulierung bei gleichzeitig erhöhter Biodiversität durch den verbesserten Einsatz von Gründüngung innerhalb verschiedener Szenarien reduzierter Bodenbearbeitung zu entwickeln.

Die Ergebnisse eines wiederholten einjährigen Feldversuches auf der Domäne Frankenhausen, dem Versuchsgut der Universität Kassel, hinsichtlich der Wirkung unterschiedlicher legumer und nicht-legumer Gründüngungsarten in vier verschiedenen Bodenbearbeitungssystemen auf den Beikrautbesatz stehen dabei im Vordergrund dieses Beitrages. Auf die Zwischenfrüchte *Sinapis alba*, *Trifolium resupinatum* und *Vicia sativa* sowie einer Schwarzbrache als Kontrolle folgte die Hauptfrucht Hafer in vier verschiedenen Bodenbearbeitungssystemen: Pflug, Grubber (2012) bzw. Scheibenegge (2013), sowie Mulch- und Direktsaat.

Der Deckungsgrad der Beikräuter war 2012 in den Pflugvarianten grundsätzlich niedrig verglichen mit den anderen Bodenbearbeitungsvarianten. 2012 mussten in den Mulch- und Direktsaatvarianten die Haferparzellen nach den Zwischenfrüchten *S. alba* und *T. resupinatum* sowie nach der Schwarzbrache wegen zu hohen Beikrautdruckes aufgegeben werden. Im Vergleich dazu konnte *V. sativa* 2012 die Beikräuter wesentlich besser unterdrücken und führte zu mit Pflug- und Grubbervarianten vergleichbaren Erträgen der Hauptfrucht Hafer auf einem Niveau von 55,3 dt ha⁻¹ bis 59,1 dt ha⁻¹. 2013 mussten alle Mulch- und Direktsaatvarianten aufgrund zu hohen Beikrautdruckes aufgegeben werden. Der Beikrautdruck auf den Scheibenegge - Varianten unterschied sich nicht signifikant von dem Beikrautdruck auf den Pflug – Varianten, es führte aber nur die Zwischenfrucht *V. sativa* zu ähnlich hohen Erträgen in der Hauptfrucht Hafer wie in den Pflug - Varianten (*V. sativa* x Scheibenegge 56,2 dt ha⁻¹, *V. sativa* x Pflug 53,9 dt ha⁻¹). Auf den Pflug – Varianten herrschte insgesamt ein geringer Beikrautdruck. Beim Ertrag gab es keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Gründüngung.

Stichwörter: *Avena sativa*, Direktsaat, Grubber, Mulchsaat, Scheibenegge, *Vicia sativa*

Abstract

Reduced tillage and green manures may be capable to further improve organic crop production systems, if they are adapted to the specific needs of organic farming. One goal of the European research project TILMAN ORG (www.tilman-org.net) is to develop a more efficient weed management with at the same time increased biodiversity through improved use of green manures in different systems of reduced tillage.

The results of a repeated one year trial on "Domaene Frankenhausen", the research farm of University of Kassel, regarding the effect of both leguminous and non-leguminous green manures on weeds in four different tillage systems is the main topic of this paper. After the green manure species *Sinapis alba*, *Trifolium resupinatum* and *Vicia sativa* and a bare fallow as a control the main crop oat was sown in four different tillage systems: plough, chisel (2012) respectively disc harrow (2013), mulching + drilling and direct drilling.

2012 weed cover was generally low in the plough system compared to the other tillage systems. In the mulching + drilling- and direct drilling- systems the plots after the green manure species *S. alba* and *T. resupinatum* and the bare fallow had to be given up because weed pressure was too high. Compared to that *V. sativa* was able to suppress weeds considerably better and resulted in similar yields to the plough and chisel treatments 2012 on a level from 55.3 dt ha⁻¹ to 59.1 dt ha⁻¹. 2013 all mulching + drilling- and direct drilling- plots had to be given up because of too high weed pressure. The weed pressure in the disc harrow – system differed not significantly from the plough system, but only green manure species *Vicia sativa* resulted in similar oat yields compared to the plough treatments (*V. sativa* x disc harrow 56.2 dt ha⁻¹, *V. sativa* x plough 53.9 dt ha⁻¹). In the plough – treatments there was an overall low weed pressure. Concerning yield there were no significant differences regarding green manure treatment.

Keywords: *Avena sativa*, chisel, direct drilling, disc harrow, mulching + drilling, *Vicia sativa*

1. Einleitung

Methoden der reduzierten Bodenbearbeitung wie nicht-wendende Verfahren oder eine nur oberflächliche Bearbeitung des Bodens gelten als umweltfreundliche Alternativen zum herkömmlichen Pflügen. Im Ökologischen Landbau werden diese Verfahren bisher wesentlich seltener eingesetzt als in der konventionellen Landwirtschaft. Ein Grund dafür sind Ertragseinbußen, die bei der Anwendung von reduzierter Bodenbearbeitung durch eine in der Regel verringerte N-Mineralisation und/oder einen häufig höheren Beikrautdruck auftreten können (MÄDER und BERNER, 2012). Ohne den Pflug als Hilfsmittel können zur vorbeugenden Beikrautkontrolle im Ökologischen Landbau hauptsächlich eine fachgemäße Fruchtfolgegestaltung sowie der Anbau von Gründüngung eingesetzt werden. Letztere kann aufgrund ihrer Konkurrenzkraft Beikraut unterdrückende Wirkung zeigen (SHRESTA et al., 2001; BARBERI, 2002; PEIGNÉ et al., 2007).

Ein Ziel dieses Forschungsprojektes (Laufzeit: 9/2011 - 8/2014; www.tilman-org.net) im Kontext des europäischen ERA-Net Core Organic II ist es, ein verbessertes Beikrautmanagement durch den effizienten Anbau von Gründüngung in Systemen mit reduzierter Bodenbearbeitung zu entwickeln.

2. Material und Methoden

Ein wiederholter einjähriger Versuch (2011/12 sowie 2012/13) wurde auf dem Lehr- und Versuchsbetrieb der Universität Kassel, der Hessische Staatsdomäne Frankenhausen (51.5 N; 9.4 E; 689 mm; 8.5°C), angelegt. Beim Boden handelt es sich um eine Parabraunerde aus Löss (stark toniger Schluff). Der Versuch wurde als zweifaktorielle Spaltanlage mit den Faktoren Gründüngung und Bodenbearbeitung konzipiert. 2011/12 erfolgte die Aussaat der Zwischenfrüchte auf Großparzellen. Die Bodenbearbeitung vor der Hauptfrucht Hafer wurde streifenförmig mit acht Wiederholungen über die Gründüngungsparzellen angelegt. 2012/13 wurden die Gründüngungsvarianten in komplett randomisierten Kleinparzellen ausgesät. Die vier Wiederholungen wurden bei der Differenzierung nach Bodenbearbeitung beibehalten.

Die Vorfrucht in beiden Jahren war Winterweizen. Vor der Aussaat der Gründüngung wurde die gesamte Fläche bis zu einer Tiefe von 10 cm gegrubbert. Nach der Bearbeitung mit der Kreiselegge erfolgte die Aussaat folgender Gründüngungsarten am 26. August 2011 bzw. am 22. August 2012: *Sinapis alba*, *Trifolium resupinatum* und *Vicia sativa*. Als Kontrolle diente eine Schwarzbrache. Für *S. alba* betrug die Saatstärke 270 keimfähige Körner m⁻², für *T. resupinatum* betrug sie 1400 keimfähige Körner m⁻² (beides entspricht 20 kg ha⁻¹) und für *V. sativa* betrug sie 170 keimfähige Körner m⁻² (entspricht 105 kg ha⁻¹).

Die Hauptfrucht Hafer (*Avena sativa* L., cv. Scorpion) wurde am 10. April 2012 bzw. am 22. April 2013 nach differenzierter Bodenbearbeitung gesät. Die Saatstärke betrug 400 keimfähige Körner m⁻² im Jahr 2012 bzw. 450 keimfähige Körner m⁻² im Jahr 2013. Die Bodenbearbeitungsvarianten waren in beiden Jahren Pflug (Tiefe ca. 23 cm) und Kreiselegge, Mulchsaat und Direktsaat („no-till“). 2012 gab es eine weitere Variante, die mit Grubber (Tiefe ca. 11 cm) und Kreiselegge bearbeitet wurde. Diese Variante wurde 2013 durch eine Bearbeitung mit der Scheibenegge (Tiefe ca. 7 cm) ersetzt, da 2012 in den Grubber x *S. alba* – Parzellen das kaum zerkleinerte organische Material die Drillmaschine verstopft und so die Aussaat behindert hatte.

2013 beeinträchtigte das massive Auftreten von Ausfallgetreide der Vorfrucht Winterweizen den Versuchsablauf der Mulch- und Direktsaatvarianten. Um deren Fortbestehen zu gewährleisten wurde jeweils eine Parzellenhälfte abgeflammt. In diesem Beitrag werden bezüglich der Mulch- und Direktsaat nur die Ergebnisse dieser abgeflammteten Parzellenhälften dargestellt.

Bezüglich der Beikräuter wurde der Deckungsgrad nach Art in einem späten Stadium der Gründüngung (29. März 2012 / 08. April 2013) und einem späten Stadium der Hauptfrucht Hafer auf einem Quadrat von einem m² pro Parzelle bestimmt (11. Juli 2012 / 16. Juli 2013). Die Dichte nach Art wurde in einem frühen Stadium der Hauptfrucht Hafer ermittelt (23. Mai 2012 / 21. Mai 2013). Die Boniturfläche betrug 0,1 m² und wurde viermal randomisiert über die Parzelle verteilt. Die oberirdische Gesamtbioasse wurde in einem späten Stadium des Hafers (zeitgleich mit Deckungsgrad nach Art und auf derselben Fläche) quantifiziert. Die Gründüngung wurde am 17. November 2011 bzw. am 14. November 2012 beprobt. Dafür wurde ein Quadrat mit 1,5 m Seitenlänge (=2,25 m²) pro Parzelle von Hand geerntet. Der Hafer wurde am 09.08.2012 bzw. am 12.08.2013 geerntet. Dafür wurde 2012 zweimal 0,5 m² Fläche pro Parzelle von Hand geschnitten, 2013 vier Mal 0,5 m² Fläche pro Parzelle (Abb.1).

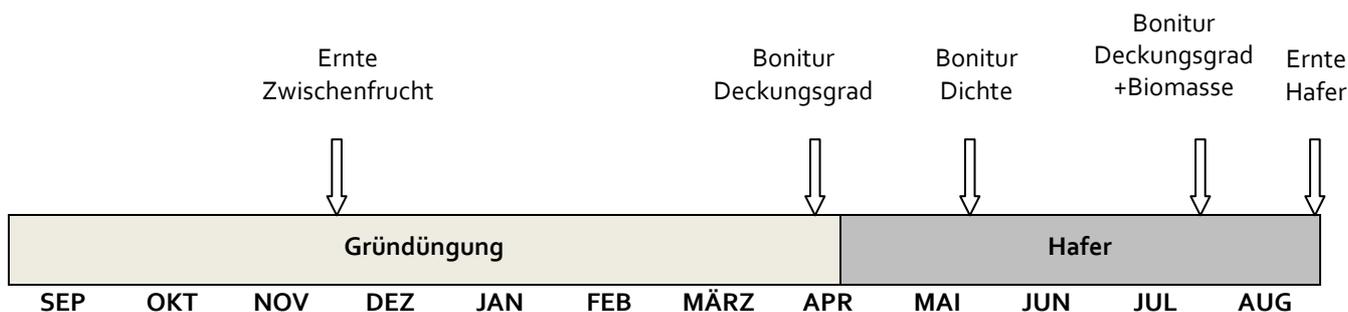


Abb.1 Übersicht über den zeitlichen Ablauf der Bonituren und Probenahmen

Fig. 1 Time scale of assessments and sample taking

Um die Verteilung von Gesamtdeckungsgrad, -dichte und -biomasse des Beikrautes sowie des Ertrages der Hauptfrucht Hafer zu beschreiben, wurden Mittelwert und Standardfehler berechnet. Mit einer ANOVA und dem Tukey-B - Test wurde jeder Parameter auf Signifikanz überprüft (Alpha = 0,05). Diese Analysen wurden mit SPSS-21 durchgeführt.

3. Ergebnisse

Der Aufwuchs der Zwischenfrüchte betrug 2011/12 im Mittel über alle Wiederholungen für *S. alba* 20,9 dt Trockenmasse (TM) ha⁻¹ (SE 2,46) und für *V. sativa* 29,9 dt TM ha⁻¹ (SE 1,92). *T. resupinatum* war so schlecht aufgelaufen, dass er nicht beprobt werden konnte. Im Versuchsjahr 2011/12 gab es keine signifikanten Unterschiede für den Beikraut-Gesamtdeckungsgrad in der Gründung. In der Hauptfrucht Hafer gab es signifikante Unterschiede für den Gesamtdeckungsgrad für den Faktor Bodenbearbeitung. Das Pflugsystem hatte den signifikant niedrigsten Beikraut-Gesamtdeckungsgrad und die Direktsaat den höchsten Beikraut-Gesamtdeckungsgrad.

Bezüglich der Gesamtdichte hatten die Mulch- und die Direktsaat 2011/12 signifikant weniger, aber wesentlich größere Beikräuter als die Grubber- und Pflugvarianten. Das Pflugsystem hatte die höchste Dichte. Jedoch waren die Beikräuter in der Mulch- und Direktsaat so groß, dass in diesen Bodenbearbeitungsvarianten alle Parzellen außer denen mit der Zwischenfrucht *V. sativa* aufgegeben werden mussten. *V. sativa* war die einzige Gründung, die die Beikräuter bis zu einem gewissen Grad unterdrücken konnte.

2011/12 wurde die signifikant höchste Beikraut-Gesamtbiomasse in der Direktsaat gemessen (Probenahme nur in der Gründungsvariante *V. sativa* möglich). Das Pflügen führte zur niedrigsten Beikraut-Gesamtbiomasse über alle Gründungsarten hinweg, während in den Grubber-Varianten ebenfalls niedrige Werte in den *S. alba*- und *V. sativa*- Parzellen gemessen wurden.

V. sativa als Gründung führte 2011/12 zu den höchsten Hafererträgen. Die Erträge waren jedoch in allen Parzellen akzeptabel. Grubber x *V. sativa* resultierte in den signifikant höchsten Erträgen (Mittelwert 59,1 dt ha⁻¹, 86 % TS; SE 2,85), Pflug x *S. alba* und Grubber x *S. alba* in den niedrigsten (Mittelwert 40,5 dt ha⁻¹; SE 1,43 bzw. 41,0 dt ha⁻¹, 86 % TS; SE 3,66). In der Mulchsaat x *V. sativa* wurde ein Ertrag von 56,4 dt ha⁻¹ (86 % TS; SE 2,66) erzielt und in der Direktsaat x *V. sativa* 55,3 dt ha⁻¹ (86 % TS; SE 2,65).

Im Versuchsjahr 2012/13 betrug im Mittel über alle Wiederholungen der Aufwuchs der Zwischenfrüchte für *S. alba* 17,1 dt TM ha⁻¹ (SE 0,88), für *V. sativa* 15,4 dt TM ha⁻¹ (SE 1,21) und für *T. resupinatum* 6 dt TM ha⁻¹ (SE 0,75). Es unterschieden sich alle vier Gründungsvarianten hinsichtlich des Beikraut-Gesamtdeckungsgrads bei der ersten Bonitur am 08.04.2013 signifikant voneinander. In den *V. sativa* - Parzellen war der Gesamtdeckungsgrad signifikant am niedrigsten, gefolgt von den *S. alba*, *T. resupinatum* und schließlich den Schwarzbrache - Parzellen.

In der Hauptfrucht Hafer gab es signifikante Unterschiede für den Gesamtdeckungsgrad für den Faktor Bodenbearbeitung. Das Pflugsystem hatte den signifikant niedrigsten Beikraut-Gesamtdeckungsgrad und die Direktsaat den höchsten, die Scheibenegge - Parzellen hatten einen mittleren Gesamtdeckungsgrad.

Wie 2011/12 hatten auch 2012/13 die Direktsaat signifikant weniger, aber wesentlich größere Beikräuter als die Pflugvarianten. Die signifikant höchste Dichte hatten die Scheibenegge - Parzellen.

2012/13 war die Beikraut-Gesamtbiomasse sowohl in der Mulch- als auch in der Direktsaat nach allen Zwischenfrüchten so hoch, dass in keiner dieser Parzellen die Hauptfrucht Hafer geerntet werden konnte. Das Pflügen führte zu niedriger Beikraut-Gesamtbiomasse über alle Gründungsarten hinweg (signifikant am niedrigsten Pflug x *T. resupinatum*), während in den Scheibenegge - Varianten niedrigere Werte in den *V. sativa*-, Schwarzbrache- und *S. alba*- Parzellen als in den *T. resupinatum*- Parzellen zu finden waren.

In den Hafererträgen 2012/13 gab es eine signifikante Wechselwirkung für Gründüngung x Bodenbearbeitung. Für *V. sativa* x Scheibenegge gab es im Gegensatz zu den anderen Gründüngungsvarianten x Scheibenegge keine Ertragsminderung sondern ein vergleichbares (sogar leicht höheres) Ertragsniveau wie in den verschiedenen Pflugvarianten. Der Ertrag für *V. sativa* x Scheibenegge lag bei 56,2 dt ha⁻¹ (86 % TS; SE 3,09). Ähnlich hoch waren die Erträge in den *T. resupinatum* x Pflug – Parzellen (56,1 dt ha⁻¹, 86 % TS; SE 4,01) bzw. *V. sativa* x Pflug – Parzellen (53,9 dt ha⁻¹, 86 % TS; SE 2,56). Der Haferertrag in den *S. alba* x Pflug – Parzellen betrug 47,7 dt ha⁻¹ (86 % TS; SE 2,11) und in den Schwarzbrache x Pflug - Parzellen 48,9 dt ha⁻¹ (86 % TS; SE 3,86). *T. resupinatum* x Scheibenegge erzielte einen Haferertrag von 35,7 dt ha⁻¹ (SE 4,42), *S. alba* x Scheibenegge einen Ertrag von 33,2 dt ha⁻¹ (SE 4,35) und Schwarzbrache x Scheibenegge einen Ertrag von 29,0 dt ha⁻¹ (SE 1,05) jeweils bei 86 % TS).

4. Diskussion

Die Ergebnisse des ersten Versuchsjahres 2011/12 zeigen, dass im Ökologischen Landbau mit Verfahren der reduzierten Bodenbearbeitung sowie Direktsaat in Kombination mit einer passenden Zwischenfrucht, in diesem Fall *V. sativa*, vergleichbare Erträge wie nach einer Bearbeitung mit dem Pflug realisiert werden können.

Insofern werden die positiven Ergebnisse von WITTEW et al. (2013) bestätigt, die mit *V. sativa* als Zwischenfrucht in einem System mit reduzierter Bodenbearbeitung vergleichbare Erträge wie in einem Pflug-Verfahren erzielt hatten.

2012/13 vermochte es allerdings im Gegensatz zu 2011/12 keine der Gründüngungsvarianten, die Beikräuter so weit zu unterdrücken, dass eine Mulch- oder Direktsaat zu befriedigenden Ertragsergebnissen der Hauptfrucht Hafer geführt hätte. Dies kann daran gelegen haben, dass die Zwischenfrüchte, vor allem *V. sativa*, wesentlich weniger Grünmasse produziert hatten als 2011/12. Auch hatte das Abflammen keinen ausreichend Beikraut unterdrückenden Effekt gezeigt, so dass Mulch- und Direktsaat 2012/13 schließlich aufgegeben werden mussten.

Die Kombination von *V. sativa* mit der Scheibenegge brachte 2012/13 gute Erträge in der Hauptfrucht Hafer. So scheint auch nach den Ergebnissen des zweiten Versuchsjahres *V. sativa* besonders geeignet, um im Ökologischen Landbau mit reduzierter Bodenbearbeitung kombiniert zu werden, da sie als Zwischenfrucht vor Grubber und Scheibenegge zu den höchsten Erträgen in der Hauptfrucht Hafer führte.

Für möglichst wiederholbare Erfolge von *V. sativa* in Kombination mit Mulch- oder Direktsaat wäre eine schnelle Jugendentwicklung von *V. sativa* wichtig, damit, unabhängig von eventuell ungünstigen klimatischen Bedingungen, ein schneller Bestandsschluss erreicht werden kann. In dieser Hinsicht muss eine Sorte gewählt werden, die rasch aufläuft und viel Biomasse bildet. Ferner können weitere Überlegungen zur Optimierung von Saatzeitpunkt (möglichst früh) und Drilltechnik (hinsichtlich Bodenschluss und Wasserversorgung) angestellt werden.

Der Einsatz von geeigneten Zwischenfrüchten kann reduzierten Bodenbearbeitungssystemen im Ökologischen Landbau größere Attraktivität verleihen. Die Vorteile für die Bodengesundheit, die eine reduzierte Bodenbearbeitung mit sich bringen kann (EMMERLING und HAMPL, 2002), lassen einen Pflugverzicht so oft wie möglich auch bei ökologisch arbeitenden Landwirten sinnvoll erscheinen.

Danksagung

Das Projekt 'Reduced tillage and green manures for sustainable organic cropping systems – TILMAN ORG' wird im Rahmen von FP7 ERA-Net (CORE Organic II) gefördert.

Literatur

- BÄRBERI, P., 2002: Weed management in organic agriculture: are we addressing the right issues? *Weed Research* **42**, 177-193.
- EMMERLING, C. und U. HAMPL, 2002: Wie sich reduzierte Bodenbearbeitung auswirkt. *Ökologie & Landbau* **124** (4), 19-23.
- MÄDER, P. und A. BERNER, 2012: Development of reduced tillage systems in organic farming in Europe. *Renew. Agr. Food Syst.* **27**(1), 7-11.
- PEIGNÉ J., B. C. BALL, J. ROGER-ESTRADE und C. DAVID, 2007: Is conservation tillage suitable for organic farming? A review. *Soil Use Manage.* **23** (2), 129-144.
- SHRESTA, A., S. Z. KNEZEVIC, R. C. ROY, B. R. BALL-COELHO und C. J. SWANTON, 2001: Effect of tillage, cover crop and crop rotation on the composition of weed flora in sandy soil. *Weed Research* **42**, 76-87.
- WITTEW, R., B. DORN, W. JOSSI, U. ZIHLMANN und M. VAN DER HEJDEN, 2013: Zwischenfrüchte als wichtiges Puzzleteil für den pfluglosen ökologischen Landbau. In: *Ideal und Wirklichkeit – Perspektiven Ökologischer Landwirtschaft. Beiträge zur 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Bonn, 5. - 8. März 2013*. Hrsg.: NEUHOFF, D., C. STUMM, S. ZIEGLER, G. RAHMANN, U. HAMM und U. KÖPKE. Berlin, *Dr. Köster*, 46-49.