

## Erträge und Ertragsstabilität einer viehlosen Öko-Fruchtfolge

Andreas Hammelehle<sup>1</sup>, Thorsten Haase<sup>2</sup>, Hans-Peter Piepho<sup>3</sup> & Andreas Gättinger<sup>4</sup>

*Keywords:* Viehloser Öko-Landbau, Klee gras Nutzung, Nährstoffrückführung, Humusaufbau

### Abstract «wita-kapitelüberschrift»

*With increasing specialisation in agriculture, stockless cropping gains importance, also in organic agriculture. Although stockless farms have no direct need for fodder, the cropping of clover-grass is essential in organic agriculture due to the input of nitrogen via symbiotic fixation. Additionally, clover-grass has a positive impact, a.o. on soil carbon. Due to the export of nutrients with the harvest, nutrients should be replaced for a sustainable agriculture. With increasing impact from climate change on cropping, yield stability became more and more important in recent years. In a six year crop rotation, we tested four treatments of fodder use in stockless organic farming (fodder-manure corporation, biogas-corporation, mulching, and cut & carry) and additionally four treatments to return nutrients and improve the soil carbon content (based on the biogas-corporation treatment: biogas+commercial fertiliser, biogas+compost, biogas+biochar, and biogas+undersowing). The results of the first crop rotation showed positive effects on yields in treatments with additional fertilisation with commercial fertiliser, cut & carry, as well as biochar and compost amendments. In contrast, undersowing had a yield-reducing effect. Effects from treatments on yield stability were mixed.*

### Einleitung und Zielsetzung «wita-kapitelüberschrift»

In Gunstlagen dominieren im konventionellen wie im ökologischen Anbau viehlose und vieharme Betriebe. Eine große Herausforderung im viehlosen Öko-Acker- und Feldgemüsebau stellt die Rückführung der mit der Ernte exportierten Nährstoffe dar. Durch den Leguminosen-Anbau kann ein Teil des exportierten Stickstoffs (N) via symbiotischer N<sub>2</sub> Fixierung ersetzt werden. Da Futterleguminosen im Vergleich zu Körnerleguminosen üblicherweise eine höhere N-Fixierungsleistung aufweisen und zusätzlich einen wichtigen Beitrag zum Humusaufbau und zur Beikrautregulierung leisten, insbesondere von Wurzelbeikräutern, sind sie ein wichtiger Bestandteil von Öko-Fruchtfolgen. Ackerfutterbau generiert jedoch keinen Deckungsbeitrag und eine innerbetriebliche Nutzung als Futter fehlt im viehlosen Ackerbau. Mit einem intensiven Winterzwischenfruchtanbau könnte der üblicherweise zwei bis dreijährige Ackerfutterbau verkürzt und damit der Deckungsbeitrag der Gesamtfuchtfolge verbessert werden. Hackfrüchte generieren meist höhere Deckungsbeiträge als Halmfrüchte und erhöhen dadurch mit zunehmendem Anteil den Gesamtdeckungsbeitrag der Fruchtfolge. Ihr Anbau ist jedoch humuszehrend, weshalb

---

<sup>1</sup> Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen, Homburger Str. 17, 61169 Friedberg, Deutschland, [andreas.hammelehle@lh.hessen.de](mailto:andreas.hammelehle@lh.hessen.de)

<sup>2</sup> Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Am Staudengarten 1, 85354 Freising, Deutschland

<sup>3</sup> Universität Hohenheim, Fruwirthstr. 23, 70599 Stuttgart, Deutschland

<sup>4</sup> Justus-Liebig-Universität Gießen, Karl-Glöckner-Str. 21 C, 35394 Gießen, Deutschland

für eine nachhaltige viehlose Wirtschaftsweise neben der Nährstoff-Rückführung auch der Humuserhalt beachtet werden sollte.

Zunehmende Wetterextreme wie Trockenheit, Hitze, Stark- und Dauerregen führen bei reduzierter Evaporation, besserer Wasserspeicherkapazität und -infiltration zu geringeren Ertragseinbußen bzw. zu einer höheren Ertragsstabilität. Eine geringere Evaporation und bessere Infiltration kann durch eine ganzjährige Bedeckung des Bodens mit Mulch oder Pflanzen und eine höhere Wasserspeicherfähigkeit durch die Steigerung des Humusgehalts erzielt werden. Tiefwurzeln Arten wie Luzerne sowie anözische Regenwürmer erhöhen die Makroporen-Dichte, über welche bei Starkregen der Niederschlag besser infiltrieren und in den Unterboden abgeleitet wird.

Um zu untersuchen, wie viehlose Öko Acker- und Feldgemüsefruchtfolgen auch unter zunehmendem Einfluss des anthropogenen Klimawandels nachhaltig bewirtschaftet werden können, wurde ein Langzeitversuch mit einer deckungsbeitragsstarken hackfruchtreichen Modell-Fruchtfolge angelegt und Verfahren zur sinnvollen Kleegrasnutzung wie zur Nährstoffrückführung und zum Humusaufbau etabliert.

### **Methoden «wita-kapitelüberschrift»**

Die Modell-Fruchtfolge wurde 2015 auf dem Öko-Versuchsfeld des Landesbetriebs Landwirtschaft Hessen in Bad Homburg v.d.H. (50.2370 N, 8.6771 O, 173 m NHN) angelegt. Der Bodentyp der Versuchsfläche ist eine Parabraunerde auf mächtigen Lössablagerungen mit der Bodenart stark lehmiger Sand bis sandiger/schluffiger Lehm. Die mittlere Jahresdurchschnittstemperatur und der durchschnittliche Jahresniederschlag der Jahre 2016 bis 2022 lagen bei 11,1°C bzw. 606 mm. Die sechsfeldrige Modell-Fruchtfolge beginnt mit einem überjährigen Klee-Luzernegras, gefolgt von Industrieweißkohl, Soja, Winterweizen, Ölkürbis und endet mit Frühkartoffeln. Zwischenfrüchte werden nach Weißkohl (ohne Leguminosen) und nach Winterweizen sowie als Untersaat in Ölkürbis (beide mit Leguminosen) etabliert. Alle Fruchtfolgefelder werden jährlich in vier Wiederholungen angebaut. Jeweils vier Verfahren zur Klee-Luzernegras Nutzung (Futter-Mist, Biogas, Mulch und Cut & Carry) und vier Verfahren zur Nährstoffrückführung bzw. zum Humusaufbau (basierend auf dem Verfahren Biogas: Biogas+Aufdüngung, Biogas+Kompost, Biogas+Biochar und Biogas+Untersaat) werden seit 2018 durchgeführt (Details zur Fruchtfolge und den Verfahren: Hammelehle & Haase 2021).

Aus den Ertragsdaten der einzelnen Kulturen und Jahre wurde das durchschnittliche Ertragsverhältnis der Kultur berechnet, in dem pro Verfahren und Wiederholung der Mittelwert der Erträge aus den fünf Anbaujahren durch den Mittelwert aller Verfahren und Wiederholungen und Anbaujahre geteilt wurde. Die relative Ertragsstabilität der einzelnen Kulturen wurde aus dem Kehrwert des Variationskoeffizienten der Erträge pro Kultur und Verfahren und Wiederholung der fünf Anbaujahren (Standardabweichung der Jahreserträge pro Verfahren und Wiederholung geteilt durch den Mittelwert der Jahreserträge pro Verfahren und Wiederholung) geteilt durch den Variationskoeffizienten der Erträge aller Verfahren und Wiederholungen und Anbaujahre (Standardabweichung der Jahreserträge aller Verfahren und Wiederholung geteilt durch Mittelwert der Jahreserträge aller Verfahren und Wiederholungen) gebildet.

Der Versuch ist als Split-Split-Plot angelegt (6 Kulturen x 8 Verfahren x 4 Wiederholungen = 192 Parzellen). Die statistische Auswertung erfolgt als gemischtes Modell mit den Verfahren als festem Effekt und der Wiederholung und dem Jahr als

zufälligen Effekten. Das durchschnittliche Ertragsverhältnis und die relative Ertragsstabilität wurden Box-Cox transformiert. Die Statistische Auswertung erfolgte mit der Software R.

### **Ergebnisse und Diskussion «wita-kapitelüberschrift»**

Das Verfahren Biogas+Aufdüngung lag bei Weißkohl, Winterweizen, Frühkartoffeln sowie Klee-Luzernegras und Zwischenfrüchten (KG+ZF) über dem Durchschnittsertrag aller Verfahren und Jahre. Höhere Erträge bei KG+ZF konnten wegen eines Schnitts der Zwischenfrucht zwischen Weißkohl und Soja im Jahr 2021 erzielt werden, welcher aufgrund nicht aufgenommenem N durch den Weißkohl im trockenem Sommer 2020 möglich wurde. Die relative Ertragsstabilität war jedoch beim Weißkohl und insbesondere der Frühkartoffel gering. Die starke Abhängigkeit der Ertragsbildung von der Wasserverfügbarkeit wird als Grund hierfür vermutet.

Die durchschnittlichen Erträge von Biogas+Untersaat waren bei Weißkohl, Frühkartoffeln (zusammen mit dem Mulch Verfahren) und Ölkürbis am geringsten. Die geringeren Erträge können auf die Wasser-Konkurrenz der Untersaat zurückgeführt werden.

Während der Ölkürbis beim Mulch Verfahren von dem eingearbeiteten Zwischenfrucht-Schnitt profitieren konnte (jedoch nur signifikant höher gegenüber Biogas+Untersaat), waren die Erträge bei Winterweizen, Frühkartoffeln und KG+ZF am geringsten. Hierfür ist beim Winterweizen und den Frühkartoffeln die fehlende Düngung zur Kultur bzw. ein geringer Aufwuchs beim Umbruch der Zwischenfrucht zu vermuten. Bei KG+ZF hatte der auf der Fläche verbleibende Schnitt einen negativen Einfluss auf den Ertrag, was zur Verdrängung der Leguminosen und bei den folgenden Schnitten zu einer Unterversorgung des Grases mit N (Verminderung des N-Transfers) führte.

Die Verfahren Biogas+Kompost, Biogas+Biochar und Cut & Carry zeigten bei Weißkohl und KG+ZF einen positiven Effekt auf den durchschnittlichen Ertrag, Cut & Carry auch bei den Rohproteingehalte des Winterweizens. Bei Biogas+Kompost und Biogas+Biochar könnte der Effekt auf die Steigerung der Wasserhaltefähigkeit zurückgeführt werden, bei Cut&carry neben der Nährstoffzufuhr auf die Verbesserung des Boden-Wasserhaushalts und der Verringerung der Bodentemperatur im Sommer.

### **Schlussfolgerungen «wita-kapitelüberschrift»**

Wegen der guten Nährstoffversorgung der Versuchspartellen mit Phosphor, Kalium und übrigen Makro- und Mikronährstoffen können verfahrensbedingte Ertragssteigerungen auf eine bessere N Verfügbarkeit oder eine bessere Wasserverfügbarkeit zurückgeführt werden. Mit zunehmender Versuchsdauer erwarten wir noch eine stärkere Differenzierung der Verfahren.

### **Danksagung «wita-kapitelüberschrift»**

Wir danken dem Hessischen Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz für die finanzielle Unterstützung aus Mitteln des Ökoaktionsplans.

### **Literatur**

Hammelehle A & Haase T (2021) Modellfruchtfolge für viehlose Ökobetriebe-Resiliente Anbausysteme. *Lumbrico* 9/2021: 41-45.