

Die vielen Facetten von Zwischenfrüchten

Wittwer R¹, Jossi W¹ & van der Heijden MGA¹

Keywords: ecosystem services, cover crops, reduced tillage, soil biota, weed.

Abstract

Several studies indicate that cover crops can be used to enhance agricultural sustainability as they provide numerous ecological services in agro-ecosystems. They protect soil against erosion and nutrient losses and compete weeds. Moreover, legume species fix nitrogen (N) from the atmosphere and contribute to next crop nutrition. Hence, cover crops complement the ecological aims of organic agriculture. We investigated the impact of cover crops in different cropping systems (organic and conventional) and soil tillage intensities (plough, reduced and no-tillage) in various field experiments. Moreover, results from an experimental network, which has investigated the behavior of more than 11 cover crops, is included. Results show that the effects of cover crops were highest under conservation agriculture or organic farming, and decreased with increasing management intensity. The additional N input by legume cover crops increased the N uptake by the succeeding main crops and cover crops enhanced yield in most of the investigated systems. Cover crops also decreased weed abundance during the fallow period and, predominantly under organic reduced tillage, could reduce weed pressure in the succeeding main crop. Innovative cropping systems (e.g. organic or conservation agriculture) combined with ecological management tools, such as cover crops, have great potential to reduce environmental impact and maintain productivity.

Einleitung

Zwischenfrüchte (ZF) tragen im Ackerbau maßgebend zur Verbesserung und Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit bei. Sie schützen den Boden vor Erosion und Nährstoff-Auswaschung und stimulieren die Bodenfauna (Dabney et al. 2001). Mit der Verwendung von Leguminosen kann zudem Stickstoff aus der Luft fixiert und für die Folgefrucht verfügbar gemacht werden (Thorup-Kristensen et al. 2003). Zwischenfrüchte ergänzen somit die bodenschonenden Ziele des ökologischen Anbaus. Doch trotz klarer Vorteile aus ökologischer Sicht, ist deren Anbau mit zusätzlichen Kosten verknüpft und häufig wird den Zwischenfrüchten weniger Aufmerksamkeit als den Hauptfrüchten geschenkt. Es ist bekannt, dass Zwischenfrüchte eine entscheidende Rolle in Bodenkonservierenden Systemen, wie der Direktsaat, spielen (Pittelkow et al. 2015). Sowohl konservierende, als auch biologische Anbausysteme stehen für eine schonende Nutzung unserer Ackerböden, woraus ein wachsendes Interesse entsteht, diese beiden Ansätze zu kombinieren (Cooper et al. 2016). Doch ein erhöhter Unkrautdruck und eine spätere Stickstoff-Mineralisierung im Frühjahr führen zu einer Verminderung des Pflanzenwachstums in kritischen Phasen. Genau hier können Zwischenfrüchte eine Schlüsselrolle spielen. In diesem Beitrag werden Versuchsergebnisse aus verschiedenen Projekten zusammengefasst, um die Bandbreite von Zwischenfrucht-Effekten und deren Wichtigkeit für den ökologischen Ackerbau aufzuzeigen.

¹ Agroscope, Reckenholzstrasse 191, 8046, Zürich, Schweiz,
raphael.wittwer@agroscope.admin.ch, www.agroscope.ch

Methoden

Farming System and Tillage experiment Agroscope (FAST)

Agroscope hat 2009 in Zürich einen Langzeitversuch angelegt, bei dem die Effekte einer konservierenden Bodenbearbeitung und die Wirkung verschiedener Zwischenfrüchte unter konventionellem Anbau mit Ökologischem Leistungsnachweis (ÖLN) und dem Biolandbau (BIO) untersucht werden (Wittwer et al. in revision). Der Versuch ist auf sandigem Lehm (1.4% Corg, pH von 7.3), als Split-Plot mit vier Wiederholungen angelegt und wird komplett ein Jahr versetzt wiederholt. Während der sechsfeldrigen Fruchtfolge (Weizen-Mais-Ackerbohnen-Weizen-Klee/Gras) wurden zweimal Zwischenfrüchte, vor dem ersten Weizen und vor dem Mais, angebaut (Kontrolle (ohne ZF), Kreuzblütler (Gelbsenf), Leguminosen (Sommer- und Zottelwicken) und Mischungen (Klee + Phacelia vor Weizen und eine Mischung aus Zottelwicke, Buchweizen, Phacelia und Leindotter vor Mais)).

OSCAR

Als Teil des europäischen Forschungsprojektes OSCAR (Optimizing Subsidiary Crop Applications in Rotation) wurden die agronomischen und ökologischen Auswirkungen von verschiedenen Zwischenfrüchten (Kontrolle, Ölrettich, Erdklee und Zottelwicke) in Kombination mit drei verschiedenen Bodenbearbeitungssystemen (Pflug, Direktsaat und Mulchsaat ohne Herbizide) auf den Ertrag von Körnermais untersucht (Wittwer et al. 2016). Die Versuche fanden zwischen 2012 und 2014 bei Agroscope in Tänikon unter konventionellen (ÖLN) Anbau statt. Zusätzlich wurden die Auswirkungen von Bodenbearbeitung und Zwischenfrüchten auf nützliche Bodenmikroorganismen, sowie Phytopathologische Risiken evaluiert.

Schweizer Zwischenfrucht Netzwerk

Ziel des Netzwerkes war die Charakterisierung von Reinsaaten und Mischungen, die an die verschiedenen schweizerischen Verhältnisse angepasst sind (sowohl für konventionelle wie ökologische Betriebe). Die Versuche wurden in den Jahren 2011 bis 2014 an elf Standorten, entlang der Achse Genf-Zürich und im Jura, bei verschiedenen pedoklimatischen Bedingungen durchgeführt. Die Bodenbedeckung wurde im Hinblick auf eine Zwischenfrucht, nach einem Halmgetreide und vor einer Sommerfrucht ausgesät. Insgesamt wurden 11 verschiedene Arten in Reinkultur, sowie eine Zweier-Mischung und eine komplexere Mischung mit 8 verschiedenen Arten auf deren Wachstumsverhalten, Biomasseertrag und Unkraut-Unterdrückung getestet. Mehr Details zum Netzwerk sind im Amossé et al. (2015) zu entnehmen.

Ergebnisse und Diskussion

Die Resultate aus dem FAST Versuch haben gezeigt, dass die Effekte von Zwischenfrüchten auf die Produktivität, Pflanzenernährung und Unkrautdruck systemabhängig sind. Die Effekte waren am stärksten im Verfahren „Biologisch mit reduzierter Bodenbearbeitung“ und nahmen mit zunehmender Intensität ab. Während, im Vergleich zur Kontrolle 31 % mehr Weizen und Mais Ertrag mit Zwischenfrüchten unter reduzierter Bodenbearbeitung (O-RT) erzielt werden konnten, waren es 15 % mit dem Pflug im biologischen Verfahren (O-IT), 8 % bei konventioneller Direktsaat (C-NT) und nur 2 % mit dem Pflug unter konventionellem Anbau (C-IT). Der Mehrertrag konnte zum Teil, vor allem bei reduzierter Bodenbearbeitung, durch eine Verminderung des Unkrautdrucks im Weizen erklärt werden (-28% Unkrautbedeckung im Weizen nach ZF im Vergleich zur Kontrolle), aber vor allem durch eine verbesserte Stickstoffaufnahme nach Leguminosen beim Mais (O-RT: +34 kgN ha⁻¹; O-IT: +41 kgN

ha⁻¹; C-NT: +27 kgN ha⁻¹; C-IT: +16 kgN ha⁻¹ im Vergleich zur Kontrollparzellen). Mit bis zu 100 kg fixiertem Stickstoff pro Hektar war dieser Beitrag bei der Zottelwicke vor Mais am größten (Wittwer et al. in revision).

Dieses Ergebnis wurde im Rahmen des OSCAR-Projekts bestätigt, auch wenn die Experimente unter konventionellem Anbau durchgeführt wurden. Hier konnte sogar bei halber N-Düngung (45 kg N ha⁻¹) gleichviel oder sogar mehr Maisertrag mit legumenen Zwischenfrüchten, als ohne Zwischfrucht und voller Düngung (90 kg N ha⁻¹), erzielt werden. Zudem wurde auch die Wichtigkeit des Zwischenfruchtanbaus für bodenkonservierende Systeme bestätigt. Nur mit geeigneter Kombination von Zwischenfrucht, Bodenbearbeitung und Unkrautkontrolle konnte der Maisertrag unter Direktsaat (mit Herbizide) oder Mulchsaat (ohne Herbizide) auf dem Niveau vom Pflug erhalten bleiben (Abb. 1) (Wittwer et al. 2016).

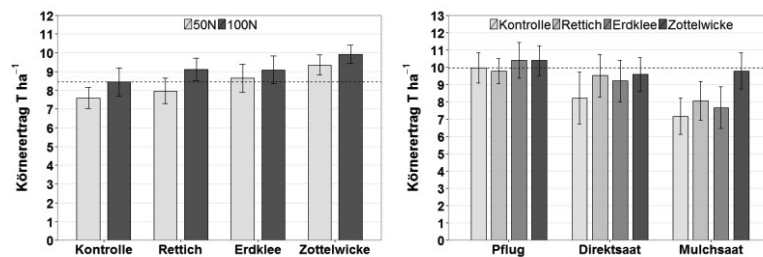


Abbildung 1: Körnermaisertrag in den OSCAR-Versuchen nach (Abb. Links) verschiedenen Zwischenfrucht- und N-Düngungsverfahren (Mittelwerte ± Konfidenzintervalle, n= 24) und nach (Abb. Rechts) Bodenbearbeitungs- und Zwischenfruchtverfahren (100N) (Mittelwerte ± Konfidenzintervalle, n= 8).

Für eine erfolgreiche Unkrautunterdrückung durch Zwischenfrüchte, sind Merkmale wie Bedeckungsgeschwindigkeit, Bodenbedeckungsgrad und Biomasse sehr wichtig. Dies konnte im Rahmen des Versuchsnetzwerkes bestätigt werden.

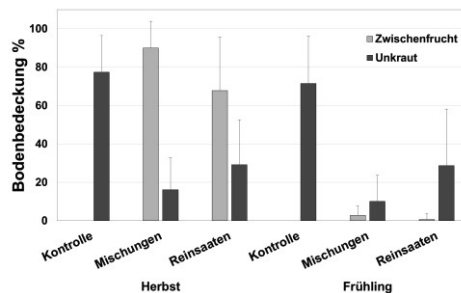


Abbildung 2: Bodenbedeckung (Mittelwerte + Standardabweichungen) von Zwischenfrüchten und Unkraut im Herbst (60 Tagen nach Saat) und im Frühling in Mischungen (n=84) und Reinsaaten (n=140) sowie in Kontrollparzellen (n=16).

Aus den Resultaten konnte beobachtet werden, dass keine Reinsaat bei allen untersuchten Merkmalen (Bedeckung, Biomasse, Bodenbedeckung der Rückstände

Ende Winter sowie Beitrag zur Unkrautbekämpfung) durchgehend vorteilhafte Ergebnisse aufweisen. Über den gesamten Zeitraum betrachtet erreichen Artenmischungen die besten Leistungen (z.B. Bodenbedeckung, Abb. 2). Tatsächlich können Artenmischungen verschiedene Defizite von Reinsaaten, bei sich verändernden Umweltbedingungen, kompensieren (Amossé et al. 2015).

Zwischenfrüchte sind ein wichtiger Baustein im Ackerbau. Neben ökologischen Leistungen wie beim Boden- und Gewässerschutz, tragen sie massgebend zur Erhöhung der Produktivität in extensiven Systemen, wie im ökologischen Landbau, bei. Vor allem Leguminosen können substentielle Mengen an Stickstoff für die nachfolgende Kultur liefern und somit die Produktivität erhöhen. Generell helfen Zwischenfrüchte den Unkrautdruck zu vermindern, wenn sie sich rasch und gut entwickeln können. Zudem ergänzen sie und unterstützen die bodenschonenden Ziele des pfluglosen Anbaus und sind in solchen Systemen unabdingbar. Wichtig ist, dass die Wahl einer geeigneten Zwischenfrucht, die spezifischen Ziele des Systems und der nachfolgenden Kultur angepasst wird. Dabei ist der Einsatz von Mischungen viel versprechend, weil mehrere Ziele verfolgt werden können (z.B. schnelle Entwicklung, Unkrautunterdrückung, N-Fixierung). Seitens der Forschung bleibt es nun, die spezifischen Wirkungen von Zwischenfrüchten auf die Produktivität, noch genauer zu untersuchen. Vor allem auf Seiten der Pflanzenernährung und dem Einfluss auf das Bodenleben. Nur so kann der Einsatz von Zwischenfrüchten optimiert werden und die vielseitigen Leistungen in Rechnung genommen werden.

Danksagung

Das Projekt OSCAR wurde mit Mitteln des EU-7th-Framework finanziert. Die Autoren danken herzlich allen beteiligten Kollegen vom Agroscope und dem Versuchsnetzwerk „Zwischenfrucht“.

Literatur

- Amossé C, Dugon J, Chassot A, Courtois N, Etter J-D, Fietier A, Grünig K, Henggartner W, Ramseier H, Rossier N, Sturny W, Wittwer R, Zimmermann A, Jeangros B & Charles R (2015) Verhalten verschiedener Zwischenkulturen in einem Netzwerk von On-Farm-Versuchen. *Agrarforschung Schweiz*. 6(11-12): 524-533.
- Cooper J, Baranski M, Stewart G, Nobel-de Lange M, Bärberi P, Fließbach A, Peigné J, Berner A, Brock C, Casagrande M, Crowley O, David C, De Vliegheer A, Döring TF, Dupont A, Entz M, Grosse M, Haase T, Halde C, Hammerl V, Huiting H, Leithold G, Messmer M, Schloter M, Sukkel W, van der Heijden MGA, Willekens K, Wittwer R & Mäder P (2016) Shallow non-inversion tillage in organic farming maintains crop yields and increases soil C stocks: a meta-analysis. *Agronomy for Sustainable Development* 36(1): 1-20.
- Dabney SM, Delgado JA & Reeves DW (2001) Using winter cover crops to improve soil and water quality. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 32: 1221-1250.
- Pittelkow CM, Liang X, Linquist BA, van Groenigen KJ, Lee J, Lundy ME, van Gestel N, Six J, Venterea RT & van Kessel C (2015) Productivity limits and potentials of the principles of conservation agriculture. *Nature*. 517(7534): 365-482.
- Thorup-Kristensen K, Magid J & Jensen LS (2003) Catch crops and green manures as biological tools in nitrogen management in temperate zones. *Advances in Agronomy*. 79: 227-302.
- Wittwer R, Köhl L & van der Heijden M (2016) Gründüngungen: Das Ertragspotential ausschöpfen. *UFA-Revue*. 3: 30-32.
- Wittwer R, Dorn B, Jossi W & van der Heijden M (in revision) The use of cover crops for ecological intensification. *Scientific Reports*.