

**Stickstoffaufnahme und Biomasseertrag von Zwischenfrüchten und deren Auswirkungen auf Bodennitratgehalte und die Folgekultur unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus im pannonischen Klimagebiet**

**Nitrogen uptake and yield of catch crops and their impact on nitrate content in soil under the conditions of organic farming in the pannonic climate region**

T. Rinnofner<sup>1</sup>, R. Farthofer<sup>1</sup>, J.K. Friedel<sup>1</sup>, G. Pietsch<sup>1</sup>, W. Loiskandl<sup>2</sup>, B. Freyer<sup>1</sup>

**Key words:** soil fertility, crop production, nitrate balance

**Schlüsselwörter:** Bodenfruchtbarkeit, Pflanzenbau, Stickstoffhaushalt

**Abstract:**

*Data on the potential of catch crops to reduce soil nitrate contents, on their N accumulation and biological nitrogen fixation (BNF) are lacking for organic farming in the dry, pannonic region of Eastern Austria. The effect of legume, non-legume, and legume + non-legume crops used as catch crops on inorganic soil nitrogen, crop biomass and crop N, and BNF were tested in comparison to bare fallow. Non-legumes and legumes + non-legumes were more efficient than legumes in reducing inorganic soil N contents in autumn and nitrate contents in soil solution from the subsoil in winter. This reduction in inorganic soil N did not last until March of the following year due to N mineralisation from the mulch. The legume + non-legume mixture contained a larger amount of crop N than both legumes and non-legumes. This was due to the combined effect of soil-N uptake by the non-legumes and BNF by the legumes in the mixture.*

**Einleitung:**

Neben zahlreichen anderen Funktionen sollen Zwischenfrüchte im ökologischen Landbau den mineralisierten Stickstoff ( $N_{\min}$ ) aus dem Boden aufnehmen und für die folgende Kultur bereitstellen und damit einer Auswaschung entgegenwirken. In der Literatur finden sich Studien zu Stickstoffakkumulation in der Biomasse von Zwischenfrüchten (Sorensen, 1992), deren Stickstofffixierungsleistung, Auswirkungen auf den  $N_{\min}$ -Gehalt im Boden (REENTS et al., 1997, REENTS and MÖLLER, 2000) und die nachfolgende Hauptfrucht. Diese Untersuchungen wurden in Regionen mit höherem Niederschlag oder unter konventioneller Bewirtschaftung durchgeführt. Für den ökologischen Landbau unter den trockenen pannonischen Klimabedingungen (550 mm Jahresniederschlag) im Osten von Österreich sind keine Untersuchungen zu dieser Thematik bekannt. Die Ergebnisse dieser Arbeit sollten dazu beitragen, diese Lücke zu schließen und eine Entscheidungshilfe für die Auswahl der Zwischenfrüchte in Anbaugebieten mit trockenen Klimaten bereitzustellen.

**Versuchsanlage und Methoden:**

Die Versuchsfläche befindet sich auf der Versuchswirtschaft der Universität für Bodenkultur, Wien, die seit 1998 ökologisch bewirtschaftet wird. Die Böden sind Schwarzerden aus Löss (2,2 % org. C, pH 7,6). Der Jahresniederschlag beträgt im langjährigen Durchschnitt 550 mm, das Temperaturmittel 9,8°C.

Der Versuch wurde als randomisierter Blockversuch mit vier Wiederholungen angelegt. Die Fruchtfolge ist Winterweizen / Zwischenfrucht (2002) – Kartoffel (2003) – Wintergerste / Zwischenfrucht (2004) – Sommergerste (2005). Die Varianten unterscheiden sich in der Zusammensetzung der Zwischenfruchtgemenge:

---

<sup>1</sup> Institut für Ökologischen Landbau (IfÖL), Department für Nachhaltige Agrarsysteme  
Universität für Bodenkultur Wien (BOKU), Gregor Mendel Strasse 33, A-1180 Wien

<sup>2</sup> Institut für Hydraulik und landeskultureller Wasserwirtschaft, Department Wasser – Atmosphäre – Umwelt,  
Universität für Bodenkultur Wien (BOKU), Muthgasse 15, A-1190 Wien

Var. 1: Leguminosen + Nicht-Leguminosen: alle in Var. 2 und 3 angeführten Arten

Var. 2: Leguminosen: Platterbse, Futtererbse, Saatwicke

Var. 3: Nicht-Leguminosen: Ölrettich, Stoppelrübe, Phacelia

Var. 4: Schwarzbrache

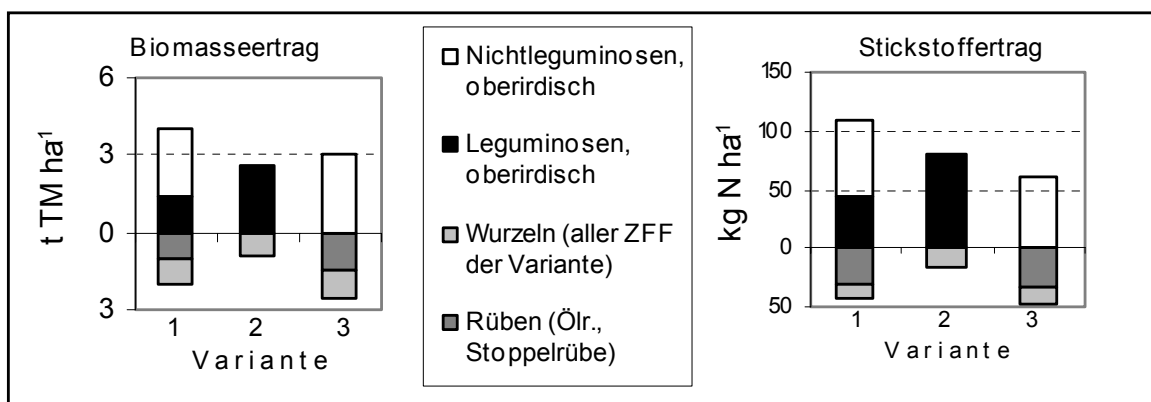
Anfang August 2002 wurden nach Winterweizen erstmals die Zwischenfrucht-Varianten ausgesät. Diese wurden im späten Oktober gemulcht und mit einem Grubber eingearbeitet. Mitte April 2003 wurden die Kartoffeln gelegt. Aufgrund der kurzen Zeitspanne zwischen der Kartoffelernte Anfang August und der Aussaat des Winterroggens Anfang Oktober wurden im Herbst 2003 keine Zwischenfrüchte angebaut. Nach dem Winterroggen wurden Anfang August 2004 neuerlich die Zwischenfruchtvarianten wie im Herbst 2002 eingesät.

Der Gehalt an mineralisiertem Stickstoff ( $N_{\min}$ ) wurde zum Anbau- bzw. Erntetermin jeder Kultur bestimmt. Mittels Saugkerzen wurde Bodenlösung aus 140 cm Tiefe gewonnen und deren  $NO_3$ -Gehalt photometrisch bestimmt. Die Wasserbewegung und die N-Frachten werden aus Klimadaten, Wassergehalt (FDR-Sonden) und Saugspannung (Tensiometer, Watermarks) im Boden errechnet, die in 10-minütigen Intervallen in 10 cm, 40 cm, 80 cm und 140 cm Tiefe erfasst werden. Ein Modell wird zur Zeit entwickelt.

Vor dem Mulchen wurde der oberirdische und unterirdische Biomasseertrag der Zwischenfrüchte erhoben. Um die unterirdische Biomasse zu bestimmen, wurden nach der Ernte der oberirdischen Pflanzenteile mit einer Wurzelsonde ( $\varnothing 10$  cm) Bodenkerne von 0 – 60 cm entnommen. Aus diesen wurden die Wurzeln ausgewaschen, gewogen und analysiert. Die Ergebnisse wurden über das Probenvolumen auf die Fläche umgerechnet. Der Stickstoffgehalt im Pflanzenmaterial wurde mit einem LECO CN – Analysator bestimmt. Die BNF wurde nach der erweiterten Differenzmethode (STÜLPNAGEL, 1982) ermittelt.

### Ergebnisse:

**Biomasse-Ertrag und N-Ertrag der Zwischenfrüchte 2002:** Zum Zeitpunkt der Einarbeitung der Zwischenfrüchte war die oberirdische Biomasse der Leguminosen + Nicht-Leguminosen (Var. 1) am größten, gefolgt von den Nicht-Leguminosen (Var. 3) und den Leguminosen (Var. 2). Die unterirdische Biomasse (Wurzeln und Rüben) nahm in der Reihenfolge Nicht-Leguminosen (Var. 3), Leguminosen + Nicht-Leguminosen (Var. 1) und Leguminosen (Var.2) ab. Die gesamte Biomasse war bei den Leguminosen + Nichtleguminosen (Var. 1) bzw. den Nichtleguminosen (Var. 3)



Var. 1: Leguminosen + Nicht-Leguminosen; Var. 2: Leguminosen; Var. 3: Nicht-Leguminosen  
Mittelwerte mit den gleichen Buchstaben sind nicht signifikant verschieden (Tukey,  $P < 0.05$ ).

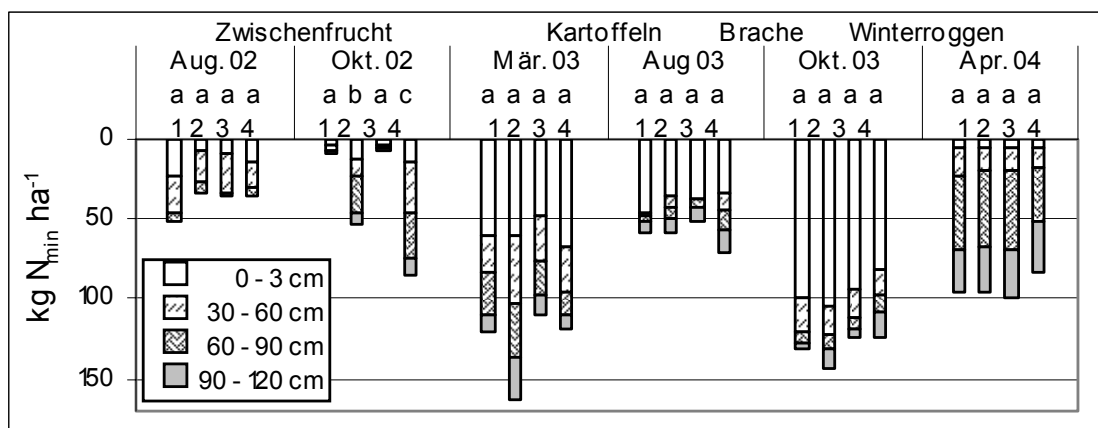
**Abb. 1: Biomasse- und N-Ertrag der Zwischenfrüchte Ende Oktober 2002**

signifikant höher als in den Leguminosen. Der gesamte, von den Zwischenfrüchten aufgenommene Stickstoff, war bei den Leguminosen + Nicht-Leguminosen (Var. 1) signifikant höher als in den beiden anderen Varianten (Abb. 1).

**Mineralisierter Stickstoff in Boden und Bodenlösung:** Der  $N_{\min}$ -Gehalt im Boden (Abb. 2) war Ende Oktober 2002 vor dem Mulchen der Zwischenfrüchte im Vergleich zur Schwarzbrache in allen Zwischenfruchtvarianten reduziert. Am wirkungsvollsten zeigten sich die Leguminosen + Nicht-Leguminosen (Var. 1) und die Nicht-Leguminosen (Var. 3). Ihr  $N_{\min}$ -Gehalt war im untersuchten Bereich (0 – 120 cm) bis zu  $80 \text{ kg N ha}^{-1}$  niedriger als im Boden unter der Schwarzbrache, unter den Leguminosen (Var. 2) betrug die Differenz nur  $40 \text{ kg N ha}^{-1}$ . In allen Varianten war die Reduktion von  $N_{\min}$  um etwa 20 bis 25 kg geringer als es der N-Aufnahme aus dem Boden entsprochen hätte. Da die Biomasse auf der Schwarzbrache vernachlässigbar war, kam es in dieser Variante wahrscheinlich zu einer Nitratverlagerung.

Von Oktober 2002 bis März 2003 stieg der  $N_{\min}$ -Gehalt in den Varianten mit Zwischenfrüchten etwa um  $105 \text{ kg N ha}^{-1}$ , unter der Brache aber nur um  $35 \text{ kg N ha}^{-1}$ . Aufgrund der feuchten Bedingungen im Winterhalbjahr 2002 / 2003 kann eine hohe Mineralisierungsrate bei entsprechenden Temperaturen angenommen werden. Das höhere Angebot organischen Materials in den Zwischenfruchtvarianten und eine Nitratverlagerung in der Brache sind mögliche Ursachen für die Angleichung der  $N_{\min}$ -Gehalte. Der in allen Varianten hohe  $N_{\min}$ -Gehalt im Horizont von 0 – 30 cm liegt in erhöhten Temperaturen vor der Probenahme Ende März 2003 begründet.

Die in den Monaten Jänner bis April 2003 in 140 cm Tiefe gesammelte Bodenlösung wies auf eine erhöhte Gefahr für Nitrataustrag in der Schwarzbrache (Var. 4) hin. Der Nitratgehalt der Bodenlösung unter den Leguminosen (Var. 2) war im Vergleich zu den beiden anderen Varianten ebenfalls tendenziell höher (Daten nicht dargestellt).



Var. 1: Leguminosen + Nicht-Leguminosen; Var. 2: Leguminosen; Var. 3: Nicht-Leguminosen; Var. 4: Schwarzbrache. Mittelwerte des gleichen Termins mit den gleichen Buchstaben sind nicht signifikant verschieden (Tukey,  $P < 0.05$ ).

**Abb. 2: Mineralisierter Stickstoff im Boden vor und nach den jeweiligen Kulturen**

**Stickstofffixierungsleistung (BNF) und N Aufnahme aus dem Boden:** Die gesamt-pflanzliche BNF wurde mit  $48 \text{ kg N ha}^{-1}$  in Variante 1 (Leguminosen + Nicht-Leguminosen) und  $34 \text{ kg N ha}^{-1}$  in Variante 2 (Leguminosen) errechnet. Der aus dem Boden aufgenommene N betrug in Variante 1 (Leguminosen + Nicht-Leguminosen)  $105 \text{ kg N ha}^{-1}$ ,  $62 \text{ kg N ha}^{-1}$  in Variante 2 (Leguminosen) und  $107 \text{ kg N ha}^{-1}$  in Variante 3 (Nicht-Leguminosen).

**Diskussion:**

Nicht-Leguminosen (Var. 3) und Leguminosen + Nicht-Leguminosen (Var. 1) als Zwischenfrüchte reduzierten den  $N_{\min}$ -Gehalt im Boden sowie den Nitratgehalt in der Bodenlösung im Vergleich zur Schwarzbrache erheblich. Die Leguminosen (Var. 2) waren in dieser Hinsicht weniger erfolgreich. REENTS et. al. (1997) kamen im Vergleich von Weißklee und Senf als Zwischenfrucht (ökologische Bewirtschaftung; 7.8°C, 833 mm, sandige bis lehmige Böden) zu ähnlichen Ergebnissen. Während der Senf den Nitratgehalt deutlich absenkte, war die Reduktion durch Weißklee vernachlässigbar gering.

Die Mineralisierungsbedingungen im Winterhalbjahr 2002/2003 waren aufgrund der feuchten Bedingungen sehr gut. Dadurch wurden die  $N_{\min}$ -Gehalte im Boden der Varianten mit Zwischenfrüchten bis Ende März 2003 wieder auf das Niveau der Schwarzbrache angehoben. Verlagerungsprozesse spielten dabei aufgrund der außergewöhnlich feuchten und milden Witterung allenfalls im Herbst 2002 eine bedeutendere Rolle.

Die von den Zwischenfrüchten gebundene Stickstoffmenge war in dem Gemenge Leguminosen + Nicht-Leguminosen (Var. 1) höher als in den beiden anderen Varianten. Betrachtet man jedoch nur den aus dem Boden aufgenommenen Stickstoff (N in Biomasse – Luftstickstofffixierung), so erwiesen sich Leguminosen + Nicht-Leguminosen (Var. 1) und Nicht-Leguminosen (Var. 3) als gleich effektiv. Die Leguminosen (Var. 2) entzogen dem Boden dagegen signifikant weniger Stickstoff.

In den auf die Zwischenfrüchte folgenden Kartoffeln konnten keine Auswirkungen der unterschiedlichen Varianten auf Ertrag und Qualität festgestellt werden.

**Schlussfolgerungen:**

Das Zwischenfruchtgemenge aus Leguminosen und Nicht – Leguminosen scheint die Vorteile beider zu vereinen. Durch die Leguminosen wird Stickstoff aus der Luft in den Boden eingebracht, der durch die starke Wüchsigkeit der Kruziferen genutzt werden kann. Gleichzeitig wird genügend Stickstoff aus dem Boden aufgenommen und damit die Auswaschungsgefahr reduziert. Die Auswirkung auf die Folgekultur war im konkreten Fall durch den starken Schädlingsbefall überdeckt, dürfte bei einmaligem Zwischenfruchtanbau aber insgesamt schwer nachzuweisen sein.

**Literatur:**

Reents H J, Möller K (2000) Effects of different green manure catch crops grown after peas on nitrate dynamics in soils and on yield and quality of subsequent potatoes and wheat. In: Proceedings 13th International IFOAM Scientific Conference. Alföldi T, Lockeretz W, Niggli U (Eds.), Zürich, 73-75.

Reents H J, Möller K, Maidl F X (1997) Nutzung des Bodennitrats durch differenzierte Anbaustrategien von Getreide als Nachfrucht von Kartoffeln. In: Beiträge zur 4. Wissenschaftstagung für Ökologischen Landbau, Köpke und Eisele J-A (Hrsg.), Bonn, 129-135.

Sorensen N (1992) Effect of catch crops on the content of soil mineral nitrogen before and after winter leaching. Z. Pflanzenern. Bodenk. 155, 61-66.

Stülpnagel R (1982) Schätzung der von Ackerbohnen symbiotisch fixierten Stickstoffmenge im Feldversuch mit der erweiterten Differenzmethode. Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau 150, 446-458.