

Der Stickstoffhaushalt von Winter- und Sommerleguminosen

Binacchi, F.¹, Niether, W.,¹ & Gattinger, A.¹

Keywords: grain legumes, N budget, BNF, leaching, nitrous oxide

Abstract

Grain legumes are believed to be beneficial to cropping systems but no studies have holistically assessed major input-output N pathways at the soil-atmosphere interface. We therefore established a field trial and measured %N derived from the atmosphere (%Ndfa), crop residues N returns, nitrate (NO₃) leaching and nitrous oxide (N₂O) emissions between 2 winter and 4 summer grain legumes. Our results highlight major pathways of N cycling in legume cropping systems and demystify some commonly assumed benefits of grain legumes for soil fertility. Selecting for leguminous crops that can favour retention of atmospheric N₂ into the soil can be an important parameter in designing organic crop rotations.

Einleitung und Zielsetzung

Die Diversifizierung von Fruchtfolgen durch verstärkten Einsatz von (Körner-) Leguminosen ist ein zentraler Bestandteil des ökologischen Landbaus, insbesondere wegen der Bereitstellung von Stickstoff (N) durch biologische N₂-Fixierung (BNF), das der Verbesserung von Stoffkreisläufen dient und Begleit- oder Folgekulturen zur Verfügung gestellt werden kann. Zusätzlich schon BNF die mineralischen N-Reserven (N_{min}) im Boden, wodurch die Abhängigkeit von Düngemitteln reduziert wird. Da Körnerleguminosen mehr als 200 kg N ha⁻¹ ansammeln und in den Boden zurückführen können (Buechi et al., 2015), kann die Erhöhung des N_{min}-Pools zu mikrobieller Nitrifikation oder Denitrifikation führen (Carter und Ambus, 2006). Die Lachgasemissionen von Leguminosen liegen bei 1,29 kg N₂O-N ha⁻¹, vergleichbar mit den 1,20 kg N₂O-N ha⁻¹ von brachliegenden Flächen oder ungedüngten Nichtleguminosen, aber deutlich niedriger als die Emissionen von gedüngten Nutzpflanzen (Jensen et al., 2012). Mineraldünger werden leichter zersetzt als Ernterückstände, und eine Düngung zwischen Frühling und Sommer mit ausreichender Bodenfeuchtigkeit fördert eine schnellere Denitrifikation. Winterkörnerleguminosen wurden eingeführt, um Bodenerosion und Nitrat-Auswaschung zu verringern, welches stattdessen in Pflanzenbestandteile aufgenommen wird. Leguminosen, die im Spätherbst gesät werden, erfordern robuste Sorten, die den kalten Extremen des Winters standhalten und bieten den Vorteil einer früheren Ernte. Ebenso bleibt mehr Zeit für das Etablieren von Rhizobiengemeinschaften in den Wurzeln der Leguminosen (Primieri et al., 2022). Während der allgemeine Winteranbau die Nitratauswaschung verringern kann, besteht weniger Konsens zum Beitrag von Winterleguminosen, da BNF zu einer geringeren NO₃-Aufnahme führen kann. Ziel dieser Studie war es, die Quelle der N-Aufnahme und Produktivität von 6 Körnerleguminosen zu bestimmen, sowie die Nitratauswaschung und der Stickoxidemissionen während der Anbausaison zu messen, um eine N-Bilanz von legumen Winter- und Sommerkulturen zu erhalten.

¹ Justus-Liebig-Universität Gießen, Ökologischer Landbau, Karl-Glückner-Straße 21C, D-35394 Gießen, ferdinando.binacchi@gmail.com

Methoden

Das Experiment wurde zwischen 2019/20 und 2020/21 als randomisierter Blockversuch mit vier Wiederholungen für die 8 Behandlungen (7 Kulturen und 1 Kontrolle mit „ohne Bewuchs“) konzipiert, und das Layout wurde über Jahre hinweg identisch gehalten. Der Versuchsstandort ist der Lehr- und Versuchsbetrieb Gladbacherhof der Justus-Liebig-Universität Gießen. Die durchschnittlichen Niederschlagsmenge beträgt 654 mm und die mittlere Jahrestemperatur 9,5 °C. und Winterackerbohnen und Wintererbsen wurden im Oktober ausgesät, während Ackerbohnen, Erbsen, Lupinen, Soja und Weizen im darauffolgenden April ausgesät wurden. Pflanzen wurden im 50%-Blütstadium beprobt, um die Biomasseproduktion und den N-Gehalt zu messen, und die BNF durch die ¹⁵N-Methode der natürlichen Häufigkeit (Buechi et al., 2015) abzuschätzen. Nitratakkumulatoren wurden kurz vor der Aussaat der Winterleguminosen in 1 m Tiefe installiert und im folgenden August nach der Ernte herausgenommen, um die Nitrat-Auswaschung zu quantifizieren. Die N₂O-Emissionen wurden von November 2020 bis Oktober 2021 wöchentlich (39 Messtage) durch Cavity-Ring-Down-Spektroskopie in Verbindung mit manuellen, gasdichten Kammern gemessen.

Ergebnisse und Diskussion

Die Körnerleguminosen konnten dem Boden durch ihre ober- und unterirdischen Reststoffe wichtige Mengen an N zurückgeben (110.3-334.4 kg N ha⁻¹). Die BNF schwankte stark (4.4-84.3%), wobei Soja die niedrigsten Durchschnittsergebnisse über die zwei Jahre (23.0%) und Wintererbsen die höchsten meldete (80.1%). Da auf dem Gladbacherhof Erbsen und Ackerbohnen seit langem angebaut werden, haben möglicherweise verstärkt Rhizobien diese Böden besiedelt, die mit Bohnen und Erbsen assoziieren, als Bakterien, die mit Soja oder Lupine vergesellschaftet sind. Auch die längere Nodulationsperiode der Winterleguminosen (hier Erbse und Ackerbohne) lässt eine höhere Fixierungsleistung vermuten (Primieri et al. 2022) und weitere Faktoren müssen in Betracht gezogen werden. Die Nitratauswaschung war hauptsächlich das Ergebnis der Bodenmineralisierung, da sie bei allen Behandlungen ähnlich war (0.8-6.7 kg N ha⁻¹). Die N₂O-Flüsse während der Anbauperiode zeigten zwei Hotspots für Emissionen: Frostwechsellage waren für 30% der Gesamtemissionen verantwortlich, während bei Niederschlägen nach der Ernte Emissionen von 1.6 bis 2.5 kg N₂O-N ha⁻¹ gemessen wurde. - In der Europäischen Union bietet die Nachfrage nach lokal erzeugten Proteinen und die verringerte Verwendung synthetischer Bodenverbesserungsmittel ein neues Potenzial für die Gestaltung landwirtschaftlicher Produktionssysteme mit steigenden Anteilen an verschiedenen Leguminosen, die den klimatischen Schwankungen standhalten und gleichzeitig zusätzliche N-Vorteile bieten.

Literatur

Buechi, L., Gebhard, C.-A., Liebisch, F., Sinaj, S., Ramseier, H., Charles, R., 2015. Accumulation of biologically fixed nitrogen by legumes cultivated as cover crops in Switzerland. *Plant Soil* 393
Carter, M.S., Ambus, P., 2006. Biologically Fixed N₂ as a Source for N₂O Production in a Grass-clover Mixture, Measured by ¹⁵N₂. *Nutr. Cycl. Agroecosystems* 74, 13–26.
Jensen, E.S., Peoples, M.B., Boddey, R.M., Gresshoff, P.M., Hauggaard-Nielsen, H., Alves, B.J.R., Morrison, M.J., 2012. Legumes for mitigation of climate change and the provision of feedstock for biofuels and biorefineries. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 32, 329–364.
Primieri, S., Magnoli, S.M., Koffel, T., Stürmer, S.L., Bever, J.D., 2022. Perennial, but not annual legumes synergistically benefit from infection with arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobia: a meta-analysis.