

Stickstoffausnutzungseffizienz von ¹⁵N-markierter Schafsgülle und ¹⁵N-markiertem Mineraldünger in biologisch und konventionell bewirtschafteten Anbausystemen

Bosshard, C.^{1,2}, Sørensen, P.³, Frossard, E.², Mayer, J.¹, Mäder, P.⁴, Nanzer, S.² und Oberson, A.²

Keywords: ¹⁵N, DOK trial, microplots, Nitrogen use efficiency

Abstract

Nitrogen (N) utilisation by crops has to be improved to minimize losses to the environment. We investigated N use efficiency of animal manure and mineral fertiliser and fate of fertiliser N not taken up by crops in a bio-organic (BIOORG) and a conventional (CONMIN) cropping system of a long-term experiment over three vegetation periods (wheat-soybean-maize). Microplots received a single application of ¹⁵N-labelled slurries or mineral fertiliser. At the end of each vegetation period we tested whether higher microbial activity and biomass in BIOORG than CONMIN soils and lower long-term N input level in BIOORG affected use efficiency and fate of fertiliser N not taken up by crops. In total 41%, 15% and 50% of ¹⁵N applied as urine, faeces and mineral fertiliser was recovered by the three crops. ¹⁵N recovered from originally applied urine, faeces and mineral fertiliser in the topsoil at the end of the third vegetation period was 19%, 25% and 20%, respectively. Of urine-, faeces- and mineral fertiliser-¹⁵N 40%, 61% and 29% was not recovered by the three crops and in topsoil suggesting significant transport of ¹⁵N-labelled components to deeper soil layers. BIOORG and CONMIN differed neither in fertiliser N use efficiency by crops nor in ¹⁵N recovery in soil indicating insignificant differences in turnover and utilization of applied manure N in the bio-organic and conventional cropping system.

Einleitung und Zielsetzung

Organische Dünger (z. B. Hofdünger, Pflanzenrückstände) sind nebst der organischen Bodensubstanz (OBS) und der symbiotischen N₂-Fixierung die wichtigsten N-Quellen im biologischen Landbau. Die Pflanzenverfügbarkeit von in organischen Düngern und in der OBS enthaltenen N-Verbindungen wird durch den mikrobiellen Mineralisierungs-Immobilisierungprozess gesteuert (Rasmussen et al. 1998). Oft weisen biologisch bewirtschaftete Böden eine höhere mikrobielle Aktivität auf als konventionell bewirtschaftete (Mäder et al. 2002) und die N-Einträge in biologische Anbausysteme sind in der Regel tiefer als in konventionelle (Kirchmann und Bergström 2001). Langzeitbeobachtungen zeigten zudem, dass biologisch gegenüber konventionell bewirtschaftete Böden eine höhere N-Rückhaltekapazität aufweisen (Kramer et al. 2002). Untersuchungen zur N-Ausnutzungseffizienz (NAE) von frisch applizierten ¹⁵N-markierten organischen und Mineraldüngern und zum Verbleib von nicht durch die Feldfrüchte aufgenommenen Dünger-N in biologisch und

¹ Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Reckenholzstrasse 191, 8046, Zürich, Schweiz, christine.bosshard@art.admin.ch, www.art.admin.ch

² Institut für Pflanzenwissenschaften, ETH Zürich, Eschikon 33, 8315, Lindau, Schweiz, emmanuel.frossard@ipw.agr.ethz.ch, www.pe.ipw.agr.ethz.ch

³ University of Aarhus, Faculty of Agricultural Sciences, Department of Agroecology and Environment, 8830, Tjele, Dänemark, peter.sorensen@agrsci.dk, www.agrsci.org

⁴ Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL, Ackerstrasse, 5070, Frick, Schweiz, paul.maeder@fibl.org, www.fibl.org

konventionellen Anbausystemen unter Bedingungen eines Feldversuches, bei identischen klimatischen und pedologischen Bedingungen, sind jedoch kaum zu finden. Darum wurde eine Mikroparzellenstudie mit ^{15}N -markierter Schafsgülle und Mineraldünger in Anbausystemen, welche seit dreissig Jahren entweder biologisch oder konventionell bewirtschaftet werden, durchgeführt. Aufgrund der höheren mikrobiellen Aktivität und Biomasse im biologischen als im konventionellen Anbausystem wurde angenommen, dass sich die NAE durch die Feldfrüchte sowie die Wiederfindung von Dünger-N im Boden zwischen den beiden Anbausystemen unterscheidet.

Methoden

Im DOK-Langzeitversuch werden seit 1978 verschiedene Anbausysteme (bio-dynamisch, bio-organisch, konventionell) miteinander verglichen (Mäder et al. 2002). Der Einfluss der Langzeit biologisch bzw. konventionellen Bewirtschaftung auf die NAE wurde jeweils in den vier Feldreplikaten des bio-organisch (BIOORG; ausschliesslich organische Düngung) und des konventionell (CONMIN; ausschliesslich mineralische Düngung) bewirtschafteten Anbausystems untersucht. Die NAE von Gülle und Mineraldünger wurde zwischen 2003 und 2005 über drei Vegetationsperioden (Winterweizen – Soja – Mais) durch die Ermittlung der Aufnahme des Dünger- ^{15}N in die oberirdische Biomasse bestimmt. Dazu wurde ^{15}N -markierte Gülle (Mischung aus Urin und Kot mit entweder Urin oder Kot markiert) und ^{15}N -markierter Mineraldünger ($^{15}\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$) als einmalige Gabe zum Winterweizen in Mikroparzellen (= PVC-Rahmen 33 cm x 14 cm x 23 cm; oben und unten offen), welche in BIOORG und CONMIN angelegt wurden, ausgebracht. Die applizierte N-Menge über die markierte Komponente betrug 12.7 g m^{-2} (Urin), 4.8 g m^{-2} (Kot) und 5.0 g m^{-2} (Mineraldünger). Um die Auswirkung der Langzeit biologischen bzw. konventionellen Bewirtschaftung miteinander vergleichen zu können, wurde markierte Gülle wie auch Mineraldünger sowohl in die in BIOORG wie auch in CONMIN angelegten Mikroparzellen appliziert. Der ^{15}N -markierte Urin und Kot stammen von einem mit ^{15}N -markiertem Heu gefütterten Schaf. Um den Verbleib des von den Feldfrüchten nicht aufgenommenen N zu ermitteln, wurde die Wiederfindung des Dünger- ^{15}N im Oberboden (0-18 cm) sowie dessen Einbau in verschiedene organische Bodenfraktionen bestimmt. Der Einfluss des Anbausystems auf die NUE und die ^{15}N -Wiederfindung im Boden wurde mit einer Einweg-ANOVA überprüft.

Ergebnisse

Zwischen den beiden Anbausystemen konnten keine signifikanten Unterschiede in der Wiederfindung von ^{15}N ermittelt werden. Gesamthaft wurde 41% des ursprünglich ausgebrachten Urin- ^{15}N , 15% des Kot- ^{15}N und 50% des Mineraldünger- ^{15}N durch den Weizen, die Soja und den Mais aufgenommen, davon der weitaus grösste Anteil (10-47%) im Ausbringungsjahr (Tab. 1). Die Dünger-N-Nachwirkung war mit unter 3.5% sowohl im ersten wie auch im zweiten Nachfolgejahre gering (Tab. 1). Zwischen 20-25% des Dünger- ^{15}N befand sich nach den drei Jahren im Oberboden (0-18 cm). Am Ende der dritten Vegetationsperiode wurde 29 % des Mineraldünger- ^{15}N , 40 % des Urin- ^{15}N und 61% des Kot- ^{15}N weder in den Feldfrüchten noch im Oberboden wieder gefunden.

Tabelle 1: Dünger-¹⁵N Wiederfindung in Winterweizen, Soja und Mais sowie dem Boden im Ausbringungsjahr und den zwei Nachfolgejahren. Standardabweichung in Klammern. (n = 4).

Düngerverfahren ^a	G _{Urin}		G _{Kot}		MineralN	
	BIOORG	CONMIN	BIOORG	CONMIN	BIOORG	CONMIN
 ¹⁵ N-Wiederfindung (% des ursprünglich ausgebrachten ¹⁵ N).....					
<i>Ausbringungsjahr</i>						
Winterweizen	36.2 (4.0)	36.9 (4.5)	9.3 (1.4)	10.6 (2.8)	48.1 (6.2)	46.2 (2.9)
Boden: 0-18 cm	30.6 (8.4)	19.6 (11.3)	19.1 (2.4)	21.2 (9.2)	21.6 (3.3)	22.0 (9.3)
18-28 cm	1.3 (0.7)	2.6 (2.0)	1.5 (1.7)	3.0 (3.3)	1.2 (0.4)	3.9 (2.3)
<i>1. Nachfolgejahr</i>						
Soja	2.2 (0.5)	3.1 (0.6)	3.4 (0.5)	3.1 (0.5)	2.1 (0.4)	2.1 (0.4)
Boden: 0-18 cm	24.1 (4.1)	26.2 (3.8)	59.4 (20.9)	34.9 (7.8)	24.5 (1.9)	20.4 (4.7)
18-28 cm	7.0 (0.6)	7.2 (1.5)	7.6 (1.9)	9.5 (5.6)	6.6 (4.0)	7.8 (1.3)
<i>2. Nachfolgejahr</i>						
Mais	1.4 (0.2)	1.2 (0.4)	1.6 (0.1)	1.3 (0.3)	1.2 (0.2)	1.0 (0.3)
Boden: 0-18 cm	19.1 (3.1)	19.9 (4.0)	26.0 (7.3)	23.1 (4.9)	19.6 (11.1)	19.4 (13.1)
18-28 cm	nb	nb	nb	nb	nb	nb

Bei allen Düngerverfahren keine signifikanten Unterschiede in der ¹⁵N-Wiederfindung zwischen BIOORG und CONMIN (Tukey's HSD Test; $P \leq 0.05$) ausser beim Boden (18-28 cm) im Ausbringungsjahr.

nb = nicht bestimmt.

^a G_{Urin} = ¹⁵N-markierter Urin + unmarkierter Kot; G_{Kot} = unmarkierter Urin + ¹⁵N-markierter Kot; MineralN = ¹⁵NH₄⁺¹⁵NO₃⁻.

Diskussion

Bedingt durch schwer abbaubare N-Verbindungen war die Mineralisierung des Kot-N im Ausbringungsjahr gegenüber Urin- oder Mineraldünger-N gering. Dies äusserte sich in der geringeren Aufnahme von Kot-¹⁵N durch den Winterweizen. Der nachwirkende Dünger-N-Effekt war für alle getesteten Düngerverfahren gering. In den beiden Nachfolgejahren waren der Boden sowie für Soja auch die Atmosphäre (N₂-Fixierung) die Haupt-N-Quellen für die Feldfrüchte (keine signifikanten Unterschiede zwischen BIOORG und CONMIN) (Bosshard et al. 2008b). Trotz der geringen Kot-N-Aufnahme durch die Feldfrüchte war die Wiederfindung für Urin-, Kot- und Mineraldünger-¹⁵N im Oberboden ähnlich. Die Verteilung des Dünger-¹⁵N in verschiedenen Aggregats- und Dichtefractionen unterschied sich ebenfalls nicht signifikant zwischen BIOORG und CONMIN (Bosshard et al. 2008a). Da von einer Anreicherung der schwer abbaubaren Kot-N-Verbindungen im Boden ausgegangen werden konnte, fiel die Wiederfindung des Kot-¹⁵N im Boden unerwartet niedrig aus. Dies könnte mit einer Verlagerung von Kot-¹⁵N in tiefere Bodenschichten durch Regenwurmkaktivität und/oder durch Auswaschung von löslichem organischem N erklärt werden.

Schlussfolgerungen

Die Annahme, dass sich wegen der höheren mikrobiellen Aktivität und Biomasse im BIOORG gegenüber dem CONMIN Boden sowie wegen der unterschiedlichen Düngungspraxis der Mineralisierungs-Immobilisierungsprozess und somit auch der Verbleib des Dünger-¹⁵N im Boden-Pflanzen-System zwischen den beiden Anbausystemen unterscheiden, konnte nicht bestätigt werden. Bei Anwendung derselben Dünger-N-Quelle (z. B. Urin, Kot, Mineraldünger) zeigten die beiden Anbausysteme weder einen signifikanten Unterschied in der NAE durch die

Feldfrüchte noch in der Wiederfindung des Dünger-¹⁵N im Oberboden. Dies lässt darauf schliessen, dass die beiden Anbausysteme dasselbe Potenzial aufweisen, N-Verbindungen in die Umwelt abzugeben. Unterschiede in lokalen N-Emissionen aus Anbausystemen scheinen somit eher durch die Form des Düngers und die ausgebrachte Menge als durch eigentliche Unterschiede in dessen Ausnutzung bedingt zu sein.

Danksagung

Wir danken W. Jossi (ART) und R. Frei (FiBL) für ihre Hilfe im Feld sowie L. Gunst und U. Zihlmann (beide ART) für das Bereitstellen der Datensätze des DOK-Feldversuches. Die Autoren danken des Weiteren H.-R. Roth (Seminar für Statistik, ETH) für die Beratung bei statistischen Fragen. Herzlicher Dank auch an M. Stocki (Universität Saskatchewan, Saskatoon, Kanada) für die massenspektrometrischen Analysen sowie R. Ruh, T. Flura, T. Rösch und S. Douchamps (alle Gruppe für Pflanzenernährung, ETH) für ihre technische Unterstützung im Feld und im Labor.

Literatur

- Bosshard C., Frossard E., Dubois D., Mäder P., Manolov I., Oberson A. (2008a): Incorporation of nitrogen-15-labeled amendments into physically separated soil organic matter fractions. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 72: 949-959.
- Bosshard C., Sørensen P., Frossard E., Dubois D., Mäder P., Nanzer S., Oberson A. (2008b). Nitrogen use efficiency of ¹⁵N-labelled sheep manure and mineral fertiliser applied to microplots in organic and conventional cropping systems. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* online.
- Kirchmann H., Bergström L. (2001): Do organic farming practices reduce nitrate leaching? *Comm. Soil Sci. Plant* 32: 997-1028.
- Kramer A.W., Doane T.A., Horwath W.R., van Kessel C. (2002): Short-term nitrogen-15 recovery vs. long-term total soil N gains in conventional and alternative cropping systems. *Soil Biol. Biochem.* 34: 43-50.
- Mäder P., Fliessbach A., Dubois D., Gunst L., Fried P., Niggli U. (2002): Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science* 296: 1694-1697.
- Rasmussen P.E., Douglas C.L. Jr., Collins H. P. Albrecht S.L. (1998): Long-term cropping system effects on mineralizable nitrogen in soil. *Soil Biol. Biochem.* 30: 1829-1837.