

Stickstoffdüngewirkung und Stickstofftransfereffizienz von Düngemitteln auf Basis von Klee grasbiomasse im Gefäßversuch mit Weidelgras (*Lolium perenne*)

Benke A¹, Rieps A¹, Zikeli S² & Möller K¹

Keywords: clover-grass, nitrogen use efficiency, silage, compost, biogas digestate.

Abstract

*The aim of our research was to compare the N fertilizer value of different clover-grass (CG) based fertilizers. A pot trial was set up with 8 treatments with *Lolium perenne*: fresh CG, ensiled CG, compost from CG, solid manure and liquid manure from dairy cows fed with CG, biogas digestate, an unfertilized and a mineral fertilizer control. Our hypothesis was that compared to composting, and to other treatments (e.g. silage) biogas digestates allow for a more efficient N fertilization due to a lower C/N ratio and a higher share of NH_4^+ . Dry matter yield, C/N ratio, N concentration, N release and Nitrogen use efficiency (NUE) were examined. The results show the highest overall NUE, N release and yield in the treatment with biogas digestate and the lowest in the compost treatment. The overall efficiency of a treatment approach was also influenced by the N transfer rates during the entire treatment chain. The short-term N fertilizer efficiency was mainly influenced by the characteristics of the amendments used, while the long-term N fertilizer efficiency is mainly influenced by the transfer factors during the chain harvesting – treatment – fertilization. In conclusion, any approach for a more efficient N use from the clover grass biomass-N should focus on reduction of N-losses while the chemical characteristics of the obtained fertilizer product is less relevant.*

Einleitung und Zielsetzung

Eine zunehmende Anzahl der Biobetriebe wirtschaftet viehlos. Da „mobile“ Wirtschaftsdünger i.d.R. nicht zur Verfügung stehen, haben viehlose Betriebe kaum Möglichkeiten zur innerbetrieblichen Nährstoffumverteilung (Stinner et al. 2008). Viehlose Betriebe haben keine direkte Verwendung für den Aufwuchs, sodass das Klee gras in der Praxis häufig mehrfach gemulcht wird. Zu den Nutzungsalternativen gehören die Erzeugung von Gärresten, die Zwischenlagerung und Ausbringung als Klee grasssilage und die Nutzung von frischem Klee gras als mobiler Dünger („cut-and-carry“). Ziel dieser Studie ist es, die N-Düngewirkung verschiedener organischer Düngemittel auf Basis von Klee grasbiomasse im Gefäßversuch zu untersuchen (Tab. 1) und folgende Hypothesen zu überprüfen:

- 1) Je niedriger das C/N Verhältnis des Dünge substrats, desto höher ist der kurzfristige N-Düngeeffekt.
- 2) Je höher die NH_4^+ -Konzentration im Dünge substrat, desto höher ist der kurzfristige N-Düngeeffekt.

¹ Universität Hohenheim, Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, Fachgebiet Düngung und Bodenstoffhaushalt, Fruwirthstr. 20, 70593 Stuttgart.

² Universität Hohenheim, Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, Koordination für ökologischen Landbau und Verbraucherschutz, Fruwirthstr. 14-16, 70593 Stuttgart.

- 3) Die N-Transfereffizienz wird maßgeblich durch die N-Verluste während der Behandlung bestimmt.

Der Gefäßversuch wurde durch Berechnung der N-Transferraten der einzelnen Prozessschritte in der jeweiligen Behandlungskaskade und Kalkulationen der kurz- und langfristigen Transfereffizienz ergänzt, um die Gesamteffizienz der verschiedenen Behandlungsoptionen bezogen auf eine definierte Ausgangsmenge an Biomasse (hier 100 kg N) zu quantifizieren.

Material und Methoden

Die Düngemittel wurden auf ihre Gehalte an C_{org} , Gesamt-N und NH_4^+ -N untersucht (Tab. 1). Im Gefäßversuch mit *Lolium perenne* wurden insgesamt vier Klee grasdünger und als Kontrollen zwei tierische Dünger plus einer unbehandelten Kontroll- sowie einer N-Mineraldünger-Variante mit vier Wiederholungen untersucht. Die applizierte N-Menge betrug $376 \text{ mg Gefäß}^{-1}$. Eine ausreichende Versorgung mit den übrigen Nährstoffen wurde durch Zusatz von Nährlösungen sichergestellt. Der Versuchsaufbau entsprach einer komplett randomisierten Blockanlage, die statistische Auswertung mittels Varianzanalyse erfolgte mit SAS. Mittelwertsvergleiche wurden mit dem Tukey-Test ($\alpha \leq 0.05$) durchgeführt. Das Gras wurde drei Mal geerntet und auf ihre C- und N-Konzentrationen untersucht. Zur Charakterisierung der N-Freisetzungskinetik wurden in Anlehnung an Chadwick et al. (2000) folgende Parameter berechnet:

- (1) Netto-N-Freisetzung [g N Gefäß^{-1}] = N-Gehalt Sprossmasse – N-Gehalt der Nullkontrolle
- (2) N-Verwertungseffizienz (NUE) [%] = $100 \cdot \text{Netto-N-Freisetzung} / \text{applizierte N-Düngemenge abzüglich der Sprossmasse-N-Gehalte in den vorangegangenen Schnitten}$

Die Auswertungen fanden für jede einzelne Ernte sowie über den gesamten Versuchszeitraum statt. Die Berechnungen der N-Transferraten Feld – Zwischenbehandlung/Nutzung – Feld (= N-Transferrate Behandlung) sowie die langfristige N-Transfereffizienz wurden auf Basis von Literaturdaten vorgenommen (Tab. 2), die Verrechnung der kurzfristigen N-Transfereffizienz dagegen mit den Daten aus dem vorliegenden Versuch.

Ergebnisse

Die NUE zeigt nach der ersten Ernte die größten Unterschiede zwischen den erzeugten Düngemitteln, bei den nachfolgenden Schnitten fand eine weitgehende Angleichung statt (Tab. 1). Unter den Klee grasdüngemitteln ist der Gärrest am effizientesten. Betrachtet man den gesamten Versuchszeitraum, lassen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen Silage, Klee gras und den beiden tierischen Düngern feststellen. Das Weidelgras konnte insgesamt nur 12 % des N aus dem Kompost umsetzen und im Gegensatz dazu 64 % des N des Gärrestes (Tab. 1). Über den Verlauf der 11 Wochen erfolgte die N-Freisetzung bei frischem sowie beim silierten Klee gras am konstantesten. Eine positive Korrelation zeigt sich zwischen dem Anteil an NH_4^+ und der NUE nach der ersten Ernte ($r = 0,94$). Außerdem wurde eine negative Korrelation zwischen dem Corg/N-Verhältnis der Substrate und der NUE über den gesamten Versuchszeitraum festgestellt, wobei dies nicht für den Kompost gilt (Ergebnisse nicht dargestellt).

Tabelle 8: Trockenmassegehalt (TM, in %), N gesamt (Nt) und Ammonium-N (% Frischmasse (FM)), C_{org}/N-Verhältnis der applizierten Substrate sowie Verlauf der relativen N-Freisetzung durch Berechnung der N-Verwertungseffizienz. Die Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede (Tukey; p ≤ 0.05).

Varianten	Charakterisierung Dünger				Verlauf der relativen N-Freisetzung			
	TM	Nt	NH ₄ -N	C _{org} /N	NUE 1. Schnitt	NUE 2. Schnitt	NUE 3. Schnitt	NUE Gesamt
Kleegras ¹⁾	40,7	1,09	0,02	15,4	9,2 d	6,2 bc	14,5 a	27,2 c
Silage	54,8	1,26	0,08	18,3	11,8 d	9,0 bc	12,5 ab	29,8 c
Kompost ²⁾	45,9	0,61	0,01	10,0	9,7 d	2,4 c	0,4 d	12,3 d
Festmist	19,8	0,30	0,05	27,7	27,2 c	8,0 bc	6,1 c	37,1 c
Gülle	6,6	0,29	0,15	14,8	33,2 c	6,2 bc	2,7 c	39,0 c
Gärrest	8,9	0,72	0,44	12,5	53,7 b	18,6 b	5,0 c	64,2 b
Mineraldünger	-	27	-	-	89,5 a	114 a	-193 d	104 a

¹⁾ Kleegrasmischung mit 85 % Leguminosenanteil; ²⁾ Bestandteile: Kleegras (80% Klee, 20% Weidelgras) und zusätzlich Boden, Bentonit und Holzhäcksel; kompostiert seit Mai 2014.

Die Ergebnisse in Tab. 2 weisen für die Gärreste die höchste sowohl kurz- als auch langfristige N-Transfereffizienz auf, und für Komposte die niedrigste. Durch die deutlich höhere N-Verwertungseffizienz von tierischen Düngemitteln ist deren Transfereffizienz sogar höher als die von Kompost, trotz der teilweisen N-Resorption bei der Verdauung durch das Tier.

Tabelle 2: Abschätzung der N-Transferraten sowie der kurz- und langfristigen N-Transfereffizienz [jeweils in % der N-Ausgangsmenge der erntbaren Biomasse]

Variante	N-Transferrate Behandlung ¹⁾	Kurzfristige N-Transfereffizienz	Langfristige N-Transfereffizienz ²⁾
Kleegras	100	27	60
Silage	93	28	56
Kompost	50	6	15
Festmist	35	12	22
Gülle	63	23	48
Gärrest	92	56	70

¹⁾ N-Transferraten für Festmist und Gülle schließen die N-Verluste bei der Silagelagerung und durch Resorption (Verdauungstrakt des Tieres) und Lagerung (Wirtschaftsdünger) ein; ²⁾ Annahmen gemäß Literaturwerte: langfristige N-Nutzungseffizienz in % der ausgebrachten N-Menge: Kleegras und Silage: 60 %, Festmist: 65 %; Kompost: 30 %; Gülle und Gärreste: 80 % (Benke et al., eingereicht).

Diskussion

Die Hypothesen können weitgehend bestätigt werden. Je höher die NH₄⁺-Anteile und je enger das C_{org}/N-Verhältnis, desto höher die kurzfristige Netto-N-Verwertungseffizienz. Eine Ausnahme bildet der Kompost, der vermutlich aufgrund des Zusatzes von Boden ein relativ enges C_{org}/N-Verhältnis mit einer niedrigen NUE kombiniert. Die langfristige N-Transfereffizienz wird maßgeblich durch die kurzfristige N-Transfereffizienz beeinflusst. Allerdings wird die N-Transfereffizienz nicht nur durch die direkte NUE der Düngemittel, sondern auch durch die N-Verluste während der Behandlung und die daraus abgeleiteten N-Transferraten bestimmt. Die kurzfristige N-

Transfereffizienz wird besonders durch die Zusammensetzung der erzeugten Düngemittel bestimmt, während die N-Transferraten und damit eine Minimierung der N-Verluste während der Behandlung maßgeblich für die langfristige N-Transfereffizienz sind. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die wichtigste Maßnahme zur Erhöhung der N-Transfereffizienz die Vermeidung jeglicher gasförmiger N-Verluste (z. B. bei der Lagerung) darstellt; die Eigenschaften der ausgebrachten Düngemittel stehen dabei erst an zweiter Stelle. Die in der Praxis häufig bevorzugte Kompoststrategie ist nicht nur mit dem hohen Aufwand zur Kompostierung, sondern auch mit hohen N-Transferverlusten und einer sehr niedrigen NUE verbunden. Durch Kompostierung werden sowohl die unmittelbare N-Düngewirkung als auch die N-Nachwirkung und damit insgesamt die N-Verwertungseffizienz (=langfristige N-Düngewirkung) reduziert. Selbst die Zwischenverwertung des CG als Futter lässt trotz der N-Verluste durch Resorption eine höhere N-Transfereffizienz erwarten als eine Kompostierung. Die effizienteste Maßnahme aus Sicht des N-Kreislaufs ist die Vergärung der Biomasse und Rückführung der Gärreste, da diese Maßnahme hohe N-Transferraten mit der Produktion eines Düngemittels mit einer raschen N-Freisetzung verbindet.

Schlussfolgerungen

Die wichtigste Maßnahme zur Sicherung einer hohen N-Transfereffizienz beim Management von Kleeergrasbiomasse als Basis für „mobile“ N-Düngemittel ist die Vermeidung von gasförmigen N-Verlusten, erst an zweiter Stelle stehen spezifische Eigenschaften der erzeugten Düngemittel. Denn gasförmige N-Verluste bedeuten nicht nur eine Verringerung der N-Transferraten, sie verringern zugleich auch die NUE der ausgebrachten N-Düngemittel und wirken sich dadurch gleich zweifach auf die N-Transfereffizienz aus. Kompostierung ist keine geeignete Methode zur Erzielung hoher NUES aus der Kleeergrasbiomasse. Die direkte Verwertung des frischen Kleeergrasschnittguts oder ggf. dessen Zwischenlagerung als Silage ermöglichen deutlich höhere N-Transferraten und eine deutlich höhere N-Düngewirkung. Die direkte Verbringung des frischen Kleeergrasschnittguts ist häufig nicht möglich, weil der Anfall der Biomasse und die Möglichkeiten zu deren Verbringung zeitlich nicht übereinstimmen. Eine Silierung zum Zwecke der Zwischenlagerung erscheint daher als geeignetes Mittel für einfache Systeme zur Erzeugung von mobilen Düngemitteln aus Kleeergras. Außerdem ist bei der Silierung aufgrund der geringen Gehalte an NH_4^+ und dem tiefen pH-Wert des Düngemittels zum Zeitpunkt der Ausbringung die Gefahr von gasförmigen N-Verlusten zunächst niedrig. Die höchste N-Effizienz kann zwar mit dem Biogaspfad erreicht werden, allerdings ist dies nur mit hohem technischem Aufwand und nur unter der Voraussetzung niedriger gasförmiger N-Verluste während und nach der Ausbringung möglich.

Literatur

- Benke AP, Rieps A-M, Wollmann I, Petrova I, Zikeli S. & Möller K (2017) The use of clover grass ley biomass as mobile organic manures: the effect of different treatment approaches on the nitrogen and phosphorus fertilizer value and on the nitrogen transfer efficiencies. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* (eingereicht).
- Chadwick DR, John F, Pain BF, Chambers BJ & Williams J (2000) Plant uptake of nitrogen from the organic nitrogen fraction of animal manures: a laboratory experiment. *The Journal of Agricultural Science* (134): 159-168.
- Stinner W, Möller K & Leithold G (2008) Effects of biogas digestion of clover/grass-leys, cover crops and crop residues on nitrogen cycle and crop yield in organic stockless farming systems. *European Journal of Agronomy* (29): 125–134.