

Stickstoffmineralisation von Pferdemist/Vinasse-Pellets im Brutversuch

Die Ergebnisse – kurzgefasst

In einem knapp achtwöchigen Brutversuch wurde bei 15°C die N-Freisetzung aus zwei auf Pferdemist und Vinasse basierenden Testdüngern erfasst und mit der von Haarmehlpellets und Vinasse verglichen. Der zeitliche Verlauf der Netto-N-Mineralisation ließ sich mittels monomolekularer (Testdünger, Vinasse) oder logistischer Funktion (Haarmehlpellets) beschreiben. Je nachdem, ob die zu Versuchsende nach 53 Inkubationstagen bestimmte Netto-N-Mineralisation oder die regressionsanalytisch quantifizierte maximale Netto-N-Mineralisation zugrunde gelegt wird, betrug die N-Freisetzung aus den beiden Testdüngern im Mittel 64 % beziehungsweise 44 % der N-Freisetzung aus Haarmehlpellets. Unterschiede in der Netto-N-Mineralisation zwischen den Düngern – auch zwischen den beiden Testdüngern – ließen sich gut durch Unterschiede im C:N-Verhältnis der Dünger erklären, welches zwischen 3,5 und 10,4 variierte.

Versuchsfrage und Versuchshintergrund

Ziel des Versuches war die Bewertung der Stickstoff (N)-Düngewirkung von zwei auf Pferdemist und Vinasse basierenden Testdüngern (PfmV) der Fa. M4 Bio GmbH & Co. KG, Oberkrämer. Die beiden in Pelletform vorliegenden Düngerprodukte unterschieden sich in ihrem Vinasseanteil, welcher im Produktionsprozess in begrenztem Ausmaß variiert werden kann. Aufgrund unterschiedlicher Gesamtstickstoffgehalte (N_t) lässt das Verhältnis der eingesetzten Ausgangsmaterialien einen Einfluss auf das C:N-Verhältnis des Endproduktes und damit auf dessen Netto-N-Mineralisation erwarten.

Material und Methoden

Der für den Versuch genutzte Boden wurde dem Ap-Horizont einer Braunerde aus diluvialen Geschiebesand und Geschiebelehm entnommen. Bodenart war lehmiger Sand (SI3) mit Korngrößenanteilen von etwa 8 % Ton, 16 % Schluff und 78 % Sand, einem C_t -Gehalt von ca. 1,15 % sowie einem pH-Wert von 6,9 %. Der feldfrische Boden wurde vor Versuchsbeginn für zwei Wochen zwischengelagert und anschließend zur Homogenisierung und zur Entfernung von Stein- und Streuanteilen (>20 mm) gesiebt.

Die Dünger wurden von den Firmen M4 Bio GmbH & Co. KG, Oberkrämer (Pferdemist/Vinasse-Pellets, Testdünger) und Biofa AG, Münsingen (Vinasse) bereitgestellt sowie von der Fa. Beckmann & Brehm GmbH (Haarmehlpellets) bezogen. Die Inkubation der Dünger erfolgte in offenen Polypropylenbechern (500 ml), in welche jeweils 500 g Boden (444,7 g Bodentrockenmasse) eingefüllt wurden. Angestrebt wurde die Einbringung von 10 mg Dünger-N je 100 g Bodentrockenmasse, was unter Annahme einer Trockenrohdichte (TRD) des Bodens von 1,5 g/cm³ und einer angenommenen Einarbeitungstiefe des Düngers von 10 cm einer Düngermenge von 150 kg N/ha entspricht. Die tatsächlich eingebrachte Düngermenge wurde anhand der bestimmten N_t - und Trockenmassegehalte der einzelnen Dünger (Tab. 1) rückwirkend kalkuliert. Sie variierte zwischen 7,63 und 9,68 mg Dünger-N je 100 g Bodentrockenmasse. Eine ungedüngte Kontrollvariante diente als Referenz. Unmittelbar nach Einbringung der Dünger wurden die Gefäße auf einen gravimetrischen Wassergehalt von 14,0 % (auf Bodentrockenmasse bezogen) aufgewässert. Unter Feldbedingungen entspräche dies einem Bodenwassergehalt in Höhe von 70 % der Feldkapazität (FK), bzw. 53 % der nutzbaren Feldkapazität (nFK) (Annahme: FK 30 Vol.-%, nFK 19 Vol.-%, Trockenrohdichte 1,5 g/cm³; Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden 2005). Um den Bodenwassergehalt weitestgehend konstant zu

Stickstoffmineralisation von Pferdemist/Vinasse-Pellets im Brutversuch

halten, wurden die Becher in einem Abstand von 7 Tagen gewogen und entsprechend ihres Gesamtgewichts individuell auf den Ausgangswassergehalt (70 % FK) aufgewässert. Im Durchschnitt aller Wägetermine und Einzelbecher betrug der Wasserverlust $1,7 \text{ g Becher}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$. Der Bodenwassergehalt sank zwischen den einzelnen Wägeterminen dadurch im Mittel bis auf 57 % FK ab. Die Inkubation im Klimaschrank erfolgte bei einer Sollwerteinstellung von 15°C . Die per Thermologger (Tinytag Plus 2, Gemini Data Loggers Ltd., Chichester, UK) gemessene tatsächliche Temperatur betrug im Mittel der Inkubationsdauer $15,2^\circ\text{C}$ (Spannweite der Tagesmitteltemperatur: $15,0$ bis $15,7^\circ\text{C}$).

Tabelle 1: Nährstoffkonzentrationen, Trockensubstanz (TS)-Gehalt sowie Nährstoff- und C:N-Verhältnisse der untersuchten organischen Handelsdünger (OHD)

OHD	N _t	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	TS	N _t	C _t	N:P*	N:K*	C:N
	(% FM)					(% TS)				
Testdünger PfmV 1	4,02	0,61	4,90	0,25	84,9	4,73	38,9	15,1	1,0	8,2
Testdünger PfmV 2	3,05	0,51	3,54	0,31	82,4	3,70	38,6	13,7	1,0	10,4
Haarmehlpellets	13,42	1,49	0,26	0,12	92,6	14,49	51,4	20,6	62,2	3,5
Vinasse	4,84	0,49	5,28	0,16	79,9	6,06	35,4	22,6	1,1	5,8

*bezogen auf die jeweilige Elementform (Phosphor, Kalium)

Zur Bestimmung des N_{min}-Gehalts wurden 0, 6, 18, 34 und 53 Tage nach Versuchsbeginn je Variante vier Becher entnommen. Der Boden von jeweils zwei Bechern wurde gemischt, jeweils eine Teilprobe entnommen und diese bis zur N_{min}-Analyse bei -18°C eingefroren. Die N_{min}-Analyse (NO₃-N und NH₄-N) erfolgte nach VDLUFA-Methode A 6.1.4.1 (Methodenbuch Band I; N_{min}-Extraktion mit 0,0125 M CaCl₂). Die Bestimmung des Gesamtkohlenstoff- (C_t) und Gesamtstickstoffgehaltes (N_t) der Dünger fand mittels Verbrennungsverfahren nach Dumas (VDLUFA II 3.5.2.7) statt. Mithilfe der optischen Emissionsspektrometrie wurden Phosphat (P₂O₅) (VDLUFA II 4.2.4), Kaliumoxid (K₂O) (VDLUFA II 5.2.3) und Magnesiumoxid (MgO) (VDLUFA II 7.2.4) analysiert. Sämtliche Analysen wurden an der LUFA Rostock durchgeführt.

Die Netto-N-Mineralisation der Dünger wurde mithilfe der ungedüngten Kontrollvariante ermittelt und entspricht dem Unterschied im N_{min}-Gehalt zwischen gedüngtem und ungedüngtem Boden zum jeweiligen Zeitpunkt. Der zeitliche Verlauf der Netto-N-Mineralisation wurde per monomolekularen oder logistischen Funktionen beschrieben. Kurvenanpassung und Parameterermittlung erfolgten mittels SigmaPlot 12.3.

Ergebnisse und Diskussion

Nährstoffgehalte der Dünger

Die auf die Frischmasse bezogenen N_t-Gehalte (% FM) der Dünger stimmten bei Vinasse, Haarmehlpellets und Testdünger PfmV 1 gut mit den Herstellerangaben bzw. Voranalysen überein. Die größte Abweichung um etwa einen Prozentpunkt (-24 %) fand sich bei Testdünger PfmV 2 (im Vgl. zu Testdünger 1 geringerer Vinasseanteil). Die Spannweite des N_t-Gehalts (% FM) reichte von 3,05 bis 13,42 % (Tabelle 1). Dementsprechend variierte das C:N-Verhältnis zwischen 3,5 und 10,4. Die beiden Testdünger wiesen hierbei die höheren C:N-Verhältnisse auf.

Stickstoffmineralisation von Pferdemist/Vinasse-Pellets im Brutversuch

Der Phosphatgehalt (% FM) in den organischen Düngern schwankte zwischen 0,5 und 1,5 %. Während die beiden Testdünger und Vinasse im Bereich von 0,5 % auf einem ähnlichen Niveau lagen, war der P_2O_5 -Gehalt in Haarmehlpellets mit 1,49 % vergleichsweise hoch. Möller und Schultheiß (2014) geben für den P-Gehalt von Haarmehlpellets eine Spannweite von 0,26 bis 0,48 % (% TM) an, was einem maximalen Gehalt von etwa 1,0 % P_2O_5 (% FM) entspricht.

Der K_2O -Gehalt (% FM) war in der Vinasse mit 5,28 % am höchsten. Die Testdünger PfmV 1 und 2 lagen mit 4,90 und 3,54 % nur wenig darunter. Die Haarmehlpellets enthielten mit 0,26 % deutlich weniger Kaliumoxid. Der Testdünger 2 hatte mit 0,31 % den höchsten Magnesiumoxidgehalt (% FM) gefolgt von Testdünger PfmV 1 (0,25 %). Im Vergleich dazu waren die MgO-Gehalte in der Vinasse und den Haarmehlpellets mit 0,16 % beziehungsweise 0,12 % geringer.

Versuchsbedingungen (Kontrollvariante)

In der ungedüngten Kontrollvariante nahm der N_{min} -Gehalt des Bodens im zeitlichen Verlauf stetig zu (Abb. 1a). Wird ein linearer Zusammenhang unterstellt, so ergibt sich eine tägliche N-Nachlieferung aus der organischen Bodensubstanz in Höhe von 0,0126 mg N/100 g Bodentrockenmasse. Unter Annahme einer Trockenrohdichte des Bodens von 1,5 g/cm³ und einer Bodenschichtdicke von 30 cm entspricht dies 0,57 kg N/ha/Tag (= 4,0 kg N/ha/Woche), was innerhalb der Größenordnung der für Freilandbedingungen gültigen Faustzahl von 5 kg N/ha/Woche (Feller 2013) liegt.

Netto-N-Mineralisation der Dünger

Sowohl die Referenz- als auch die beiden Testdünger zeigten bereits beim ersten Beprobungstermin, sechs Tage nach Einarbeitung der Dünger, eine positive Netto-N-Mineralisation (Abb. 1b). Bei Haarmehlpellets war diese zu diesem Zeitpunkt mit 4 % noch geringer als die von Vinasse (16 %) und der beiden Testdünger (13 und 15 %). Zu Versuchsende, nach 53 Tagen, war die Netto-N-Mineralisation von Testdünger 1 und Testdünger 2 mit 34 % und 27 % deutlich geringer als die von Vinasse (48 %) und Haarmehlpellets (49 %).

Der zeitliche Verlauf der Netto-N-Mineralisation von organischen, N-haltigen Materialien lässt sich oftmals gut durch sogenannte „monomolekulare“ Funktionen (Reaktion erster Ordnung):

$$NNM(t) = NNM_{max} (1 - e^{-kt})$$

beschreiben. Hierbei stellt $NNM(t)$ die Netto-N-Mineralisation (%) zum Zeitpunkt t (Tage) dar, NNM_{max} gibt die maximale Netto-N-Mineralisation an, an welche die Kurve sich asymptotisch annähert und k (Tage⁻¹) stellt die Ratenkonstante dar. Wesentliche Voraussetzung hierfür ist, dass die Netto-N-Mineralisation erstens unmittelbar einsetzt und keine anfängliche Verzögerung („lag-Phase“) stattfindet sowie zweitens im Versuchsverlauf nicht systematisch wieder abnimmt. Sowohl die Netto-N-Mineralisation der beiden Testdünger als die von Vinasse ließ sich gut mittels Funktion erster Ordnung beschreiben (Tab. 2). Die so berechnete maximale Netto-N-Mineralisation (NNM_{max}) entsprach sowohl bei Vinasse (48 %) als auch bei Testdünger 1 (34 %) und Testdünger 2 (27 %) exakt der zu Versuchsende tatsächlich gefundenen N-Freisetzung. Bei diesen drei Düngern ist somit davon auszugehen, dass zu Versuchsende die (mittelfristige) Netto-N-Mineralisation abgeschlossen war und auch bei längerer Versuchsdauer keine weitere Zunahme stattgefunden hätte.

Stickstoffmineralisation von Pferdemist/Vinasse-Pellets im Brutversuch

Im Gegensatz dazu folgte in diesem Versuch der zeitliche Verlauf der Netto-N-Mineralisation von Haarmehlpellets nicht einer Funktion erster Ordnung. Aufgrund der im Vergleich zu Vinasse und den beiden Testdüngern anfänglich „trägeren“ N-Freisetzung und des damit verbundenen S-förmigen Mineralisationsverlaufs wurde folgende logistische Funktion angewendet:

$$\text{NNM}(t) = \text{NNM}_{\max} / (1 + (t/a)^b)$$

Die so quantifizierte maximale Netto-N-Mineralisation ($\text{NNM}_{\max}$) von Haarmehlpellets lag mit 69 % deutlich über der zu Versuchsende gefundenen N-Freisetzung (49 %). Die bei der Bemessung von Düngegaben klassischerweise angenommene N-Freisetzung von 60 % (innerhalb von 8 Wochen) (Laber 2002) wäre entsprechend des extrapolierten Mineralisationsverlaufs etwa 15 Wochen nach Versuchsbeginn erreicht worden. Andere Autoren gehen von N-Freisetzungsraten im Jahr der Ausbringung zwischen 70 % und 80 % aus (Möller und Schultheiß 2014), welche in Versuchen jedoch vergleichsweise selten erreicht wurden. In anderen Inkubationsversuchen war die regressionsanalytisch ermittelte maximale Netto-N-Mineralisation von Haarmehlpellets mit 61,2 % (Katroschan et al. 2011), 50,4 % (Laber 2013) und 54,5 % (Laber 2014) zum Teil deutlich geringer. Bei Laber (2014) war die anfängliche N-Freisetzung ähnlich wie im vorliegende Versuch anfänglich leicht verzögert.

Je nachdem, ob die zu Versuchsende nach 53 Inkubationstagen bestimmte Netto-N-Mineralisation oder die regressionsanalytisch quantifizierte maximale Netto-N-Mineralisation ($\text{NNM}_{\max}$) zugrunde gelegt wird, betrug die N-Freisetzung aus den beiden Testdüngern im Mittel 64 % beziehungsweise 44 % der N-Freisetzung aus Haarmehlpellets. Unterschiede in der Netto-N-Mineralisation zwischen den Düngern – auch zwischen den beiden Testdüngern – ließen gut durch Unterschiede im C:N-Verhältnis der Dünger erklären (Abb. 2).

Tabelle 2: Zur Beschreibung der Mineralisationskinetik gewählte Funktionen und Funktionsparameter der untersuchten organischen Handelsdünger (OHD): $\text{NNM}_{\max}$ = Maximale Netto-N-Mineralisation (in Prozent der ausgebrachten Dünger-N-Menge); k, a, b = Konstanten; $\text{NNM}(t)$ = Netto-N-Mineralisation zum Zeitpunkt t (Tage)

OHD	$\text{NNM}_{\max}$ (%)	k	a	b	R ²	Funktion
Testdünger PfmV 1	33,58	0,0648			0,99	$\text{NNM}(t) = \text{NNM}_{\max} (1 - e^{-kt})$
Testdünger PfmV 2	26,90	0,1351			>0,99	$\text{NNM}(t) = \text{NNM}_{\max} (1 - e^{-kt})$
Haarmehlpellets	68,50		30,53	-1,584	>0,99	$\text{NNM}(t) = \text{NNM}_{\max} / (1 + (t/a)^b)$
Vinasse	48,18	0,0591			0,98	$\text{NNM}(t) = \text{NNM}_{\max} (1 - e^{-kt})$

Fazit

Entsprechend des höheren C:N-Verhältnisses der beiden getesteten Pferdemist/Vinasse-Dünger liegt deren auch unter Praxisbedingungen zu erwartende Netto-N-Mineralisation von im Mittel etwa 30 % deutlich unter der von Haarmehlpellets. Der Vinasseanteil besitzt hierbei wesentlichen Einfluss auf das C:N-Verhältnis und hat einen relevanten Effekt auf die Netto-N-Mineralisation.

Stickstoffmineralisation von Pferdemist/Vinasse-Pellets im Brutversuch

Die Versuchsergebnisse deuten auf eine im Vergleich zu Haarmehlpellets schnellere Netto-N-Mineralisation von Vinasse und der beiden Pferdemist/Vinasse-Dünger hin. Ursächlich hierfür können sowohl deren biochemische Eigenschaften als auch bedeutende $\text{NH}_4\text{-N}$ -Anteile am Gesamtstickstoff der Dünger sowie deren geringere Trockensubstanzgehalte sein. Eine besondere Eignung von Pferdemist/Vinasse-Dünger bei geringen Bodentemperaturen im Frühjahr lässt hieraus jedoch noch nicht ableiten. Im Gegensatz zu Haarmehlpellets sind Pferdemist/Vinasse-Dünger auch für Kulturen mit hohem Kaliumbedarf geeignet.

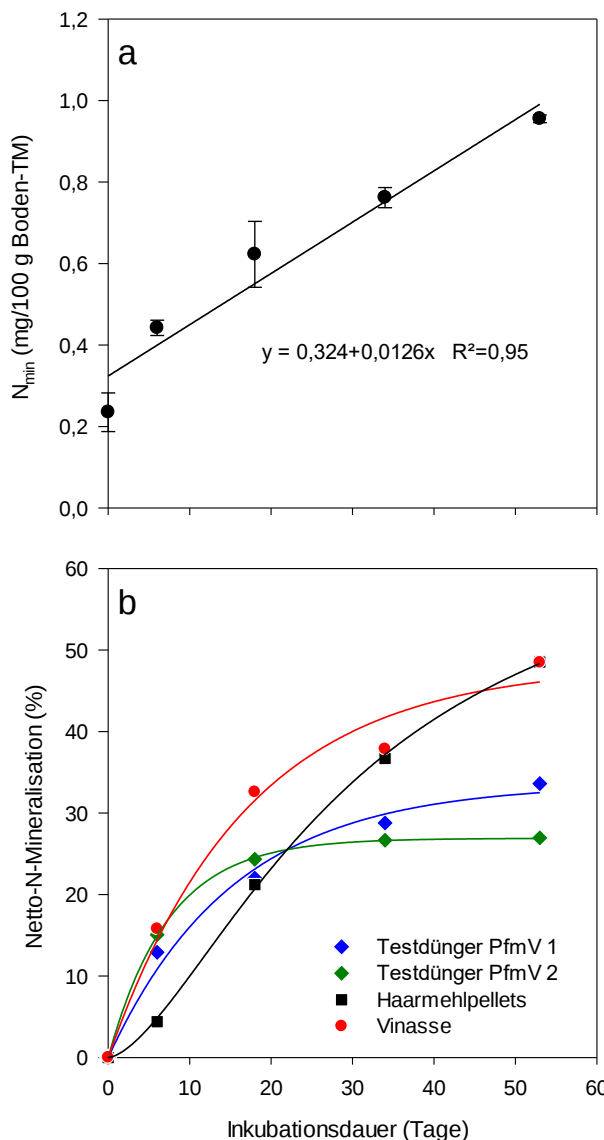


Abb. 1: Zeitlicher Verlauf der $N_{\min}$ -Konzentration im ungedüngten Boden der Kontrollvariante (a) sowie der Netto-N-Mineralisation der organischen Dünger (b)

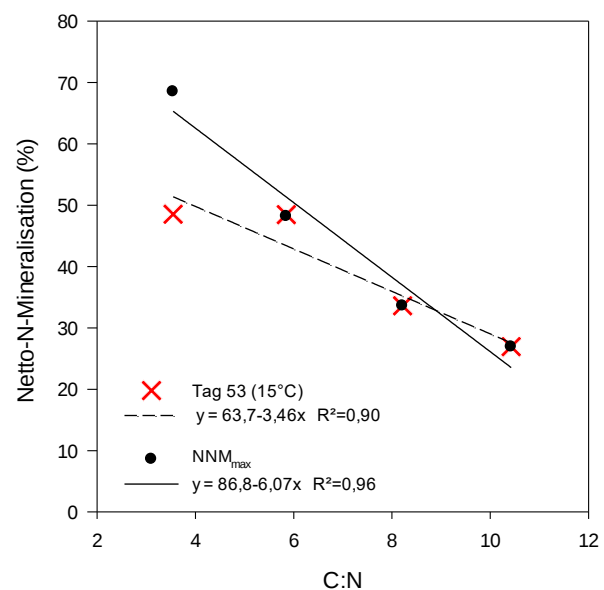


Abb. 2: Zusammenhang zwischen der maximalen Netto-N-Mineralisation ($NNM_{\max}$) sowie der nach 53 Tagen bestimmten Netto-N-Mineralisation der organischen Dünger und deren C:N-Verhältnis

Stickstoffmineralisation von Pferdemist/Vinasse-Pellets im Brutversuch

Literatur

- Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden (2005) Bodenkundliche Kartieranleitung. 5. Auflage. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in Zusammenarbeit mit den Staatlichen Geologischen Diensten (Hrsg.), Hannover
- Feller C. (2013) Stickstoffdüngung nach dem N_{min} -System – N_{min} -Sollwerte für Freilandgemüse. http://www.igzev.de/publikationen/IGZ_N-Sollwerte_Gemuese.pdf (20.03.2017)
- Katroschan K.-U., Elwert A. und Jakobs M. (2011) N-Verfügbarkeit von Gärrückständen aus der Biogasproduktion und Ertragswirkung bei Blumenkohl. http://www.lfamv.de/cms2/LFA_prod/LFA/content/de/Fachinformationen/?artikel=4180 (20.03.2017)
- Laber H. (2002) Kalkulation der N-Düngung im ökologischen Gemüsebau, Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Heft 6, Dresden
- Laber H. (2013) Zügiger Umsatz bei vielen der im Brutversuch getesteten organischen Handelsdünger. Versuche im deutschen Gartenbau 2013 (Gemüsebau). <https://www.hortigate.de/bericht?nr=56815> (20.03.2017)
- Laber H. (2014) N-Mineralisation beim Brutversuch korrelierte eng mit dem C/N-Verhältnis. Versuche im deutschen Gartenbau 2014 (Gemüsebau). <http://orgprints.org/27731/1/lab-2014-LfULG-brutversuch.pdf> (20.03.2017)
- Möller K. und Schultheiß U. (2014) Organische Handelsdüngemittel im ökologischen Landbau. KTBL-Schrift 499. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (Hrsg.), Darmstadt