

Die Wirkung von Düngerart und Düngermenge auf die Partitionierung von Kohlenstoff und Stickstoff in Pools mit unterschiedlichem Umsatz

Ludwig, B.¹, Raupp, J.² und Heitkamp, F.¹

Keywords: mineralization, pools, long-term experiment, fertilization, manure

Abstract

Type and rate of fertilizer influence the level of organic carbon and total nitrogen in the soil markedly, but the effect on different pools is open to question. Soil samples were taken from a sandy Cambisol at Darmstadt, Germany, after 27 years of different fertilization treatments. The six treatments were: straw incorporation plus application of mineral fertilizer (MSI) and application of farmyard manure (FYM) each at high (140 – 150 kg N ha⁻¹ year⁻¹), medium (100 kg N ha⁻¹ year⁻¹) and low (50 – 60 kg N ha⁻¹ year⁻¹) rates. After 266 days of incubation (10°C, 50% water-filled pore space) mineralization of C (1130 – 1820 kg ha⁻¹) and N (90 – 125 kg ha⁻¹) depended on the rate and not on the type of fertilizer. Very labile and labile pools were obtained by fitting a two-pool model on the mineralization data. The very labile pool (turnover: 17 days, C/N ratio: 23) was unaffected by treatments. Storage of C (1.8 – 3.2 t ha⁻¹) in the labile pool (turnover 462 days, C/N ratio: 22) increased significantly with the rate of fertilizer. The size of the intermediate pool was significantly higher in FYM (15 -18 t ha⁻¹) than in MSI treatments (12- 14 t ha⁻¹). A passive pool, obtained by oxidation with Na₂S₂O₈, was independent of treatments. Our study shows that labile and intermediate pools were affected differently by fertilization.

Einleitung und Zielsetzung

Art und Menge von Düngern beeinflussen die Höhe der Vorräte an organischem Kohlenstoff (C_{org}) und Stickstoff (N_i) wesentlich. Der Effekt auf labile C- und N-Pools ist aber noch nicht vollständig geklärt (Loveland & Webb, 2003). Zudem wurden intermediäre und passive Pools nur selten berücksichtigt.

Die Zielsetzung dieser Arbeit war es, den Effekt von Art und Menge der Düngung auf die Kohlenstoff- und Stickstoffpartitionierung in Pools mit unterschiedlichen Umsatzzeiten für eine sandige Braunerde eines Langzeit-Düngungsversuchs zu quantifizieren.

Methoden

Im Langzeit-Düngungsversuch Darmstadt, Deutschland, werden seit 1980 die Wirkungen organischer Mistdüngung und mineralischer Düngung inklusive Stroheinarbeitung in drei N-normierten Stufen verglichen. Der Boden ist eine Braunerde (Cambisol) mit hohem Sandanteil (86% Sand, 9% Schluff, 5% Ton). Seit 1985 besteht die viergliedrige Fruchtfolge aus Sommerweizen, Hackfrüchten, Winterroggen und Leguminosen. Die sechs untersuchten Behandlungen (bei vier Feldwiederholungen) sind: Strohinkorporation plus Mineraldüngerapplikation (MSI) in den Stufen „hoch“ (MSI_{hoch}, 140-150 kg N ha⁻¹), „mittel“ (MSI_{medium}, 100 kg N ha⁻¹) und

¹ Universität Kassel, Fachgebiet Umweltchemie, Nordbahnhofstrasse 1a, 37213, Witzenhausen, Deutschland, bludwig@uni-kassel.de, <http://www.uni-kassel.de/fb11/dec/index.html>

²Institut für Biologisch-Dynamische Forschung, Brandschneise 5, 64295 Darmstadt, Deutschland

„niedrig“ (MSI_{niedrig} , 50-60 kg N ha⁻¹) sowie Applikation von Rottemist (RM), ebenfalls in den Stufen „hoch“ (RM_{hoch}), „mittel“ (RM_{medium}) und „niedrig“ (RM_{niedrig}). Weitere Details des Versuches sind bei Heitkamp et al. (2008) beschrieben.

Probenahme war im Februar 2007 nach Anbau von Perserklee (*Trifolium alexandrinum* L.). Es wurde ein Inkubationsexperiment mit feldfrischen Proben (< 2 mm) durchgeführt um die CO₂-C- und netto-N-Freisetzung zu bestimmen (10°C, 50% wassergefüllter Porenraum, 266 Tage). Durch Anpassung eines exponentiellen Zwei-Pool-Modells (Gleichung 1) an die Mineralisierungsdaten wurden sehr labile und labile C- und N-Pools und deren Umsatzzeiten bestimmt.

$$Y_m(t) = \sum_{i=1}^2 Y_i \times (1 - \exp(-k_i \times t)) \quad (1)$$

Passive Pools wurden durch oxidative Behandlung der Bodenproben mit Di-Natriumperoxodisulfat (Na₂S₂O₈) erhalten. Intermediäre Pools wurden für die unterschiedlichen Varianten jeweils durch Differenzbildung zwischen dem gesamten Corg-Vorrat (bzw. N_t-Vorrat) und den Corg-Vorräten (bzw. N_t-Vorräten) der übrigen Pools (labile Pools und passiver Pool) errechnet.

Die Signifikanz ($P < 0.05$) der Effekte Düngerart und Düngermenge wurde mit einem zwei-faktoriellen gemischten Modell überprüft und die Mittelwertunterschiede wurden durch LSD-Tests (geringste signifikante Differenz) ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Die kumulative CO₂-C Freisetzung nach 266 Tagen reichte von 1130 – 1820 kg ha⁻¹ und stieg signifikant mit der Düngerrate an. Unterschiede zwischen RM- und MSI-Behandlungen waren aber nicht signifikant (Abbildung 1). Dies galt auch für die netto-N-Mineralisierung (90 – 125 kg ha⁻¹), wobei sich hier bei der höchsten Düngungsstufe eine Tendenz zu höherer Mineralisierung in RM-gedüngten Böden zeigte. Ansteigende Mineralisierung bei höheren Gaben von Mineraldünger wurden auch von Vanotti et al. (1997) beschrieben. Im Gegensatz zu unserer Studie fanden Habteselassie et al. (2006) bei einem Vergleich zwischen mineralisch und organisch gedüngten Lehm Böden hinsichtlich der C- und N-Mineralisierung keine Unterschiede zwischen den Raten, sondern nur zwischen den Düngerarten. Dies zeigt die unterschiedliche Partitionierung von C und N in stabile und mineralisierbare Formen in verschiedenen Böden.

Die Größe des sehr labilen Pools (Umsatzzeit: 17 Tage) lag bei 0.4 t C ha⁻¹ (C/N-Verhältnis: 23) und war unabhängig von der Behandlung (Abbildung 2). Wahrscheinlich war der Einfluss der vorherigen Feldfrucht (Alexandrinerklee) auf diesen sehr schnell umsetzbaren Pool grösser als die Düngerart oder -menge.

Die Vorräte an C im labilen Pool (Umsatzzeit 462 Tage) betragen 1.8 – 3.2 t ha⁻¹ (C/N-Verhältnis: 22) und stiegen signifikant mit der Düngermenge an, waren aber nicht beeinflusst von der Düngerart.

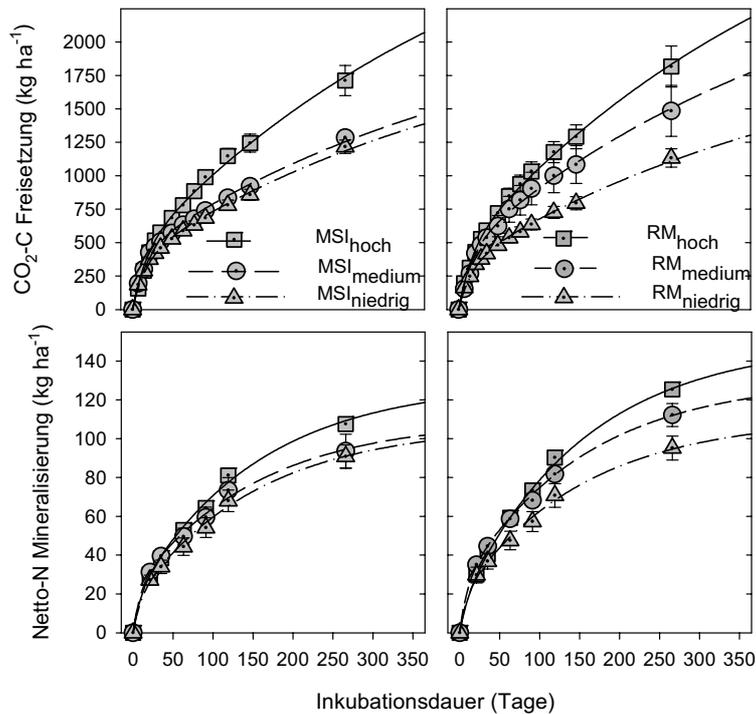


Abbildung 1: Kohlenstoff- und netto-N-Mineralisierung des Bodens der Düngbehandlungen des Darmstädter Langzeitversuches. Mittelwerte mit Standardfehlern (n = 4). Abkürzungen siehe Text.

Im Gegensatz zu dem labilen Pool war die Höhe der C-Speicherung im intermediären Pool (C/N Verhältnis: 7) nur von der Düngerart abhängig und höher in den Böden der RM-Behandlungen ($15 - 18 \text{ t ha}^{-1}$) als in denen der MSI-Behandlungen ($12 - 14 \text{ t ha}^{-1}$). Dies zeigt, dass bei Mistdüngung mehr C und N in stabiler Form gespeichert ist. Insgesamt sind die Unterschiede der Vorräte an C_{org} und N_t bei den verschiedenen Varianten also durch die Unterschiede im intermediären Pool bestimmt.

Die C-Vorräte im passiven Pool betragen unabhängig von den Düngerbehandlungen 8 t ha^{-1} . Das sehr weite C/N Verhältnis von 82 deutet darauf hin, dass in der sandigen Braunerde neben der Stabilisierung von C und N in organo-mineralischen Komplexen die Speicherung von C als Kohle („Black C“) von hoher Bedeutung sein könnte.

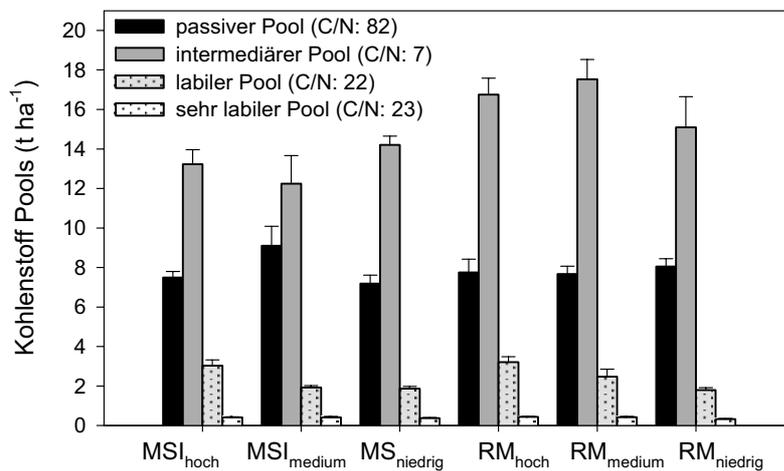


Abbildung 2: Vorräte an Kohlenstoff und C/N-Verhältnisse in verschiedenen Pools. Mittel mit Standardfehlern (n = 4). Abkürzungen siehe Text.

Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse zeigen, dass beide Düngungsarten annähernd die gleiche potentielle C- und N-Versorgung für Mikroorganismen und Pflanzen aus der organischen Bodensubstanz ermöglichen. In der von uns untersuchten sandigen Braunerde steuert die Düngungsrate ausschließlich die Größe des labilen Pools. Die Stabilisierung von C und N im intermediären Pool ist unter Mistdüngung grösser. Das Fehlen eines Effektes der Düngermenge auf den intermediären Pool weist auf eine abnehmende Stabilisierungseffizienz mit steigender Rate hin, da sich trotz zunehmendem Eintrag die C- und N-Speicherung im intermediären Pool nicht erhöht.

Danksagung

Wir danken der DFG für die Finanzierung des Projektes (Graduiertenkolleg 1397).

Literatur

- Habteselassie M. Y., Stark J. M., Miller B. E., Thacker S. G., Norton J. M. (2006): Gross nitrogen transformations in an agricultural soil after repeated dairy-waste application. *Soil Sci Soc Am J* 70:1338-1348.
- Heitkamp, F., Raupp, J., Ludwig B. (2008): Impact of fertilizer type and rate on carbon and nitrogen pools in a sandy Cambisol. *Plant Soil* (submitted).
- Loveland P., Webb J. (2003): Is there a critical level of organic matter in the agricultural soils of temperate regions: a review. *Soil Till Res* 70:1-18.
- Vanotti M. B., Bundy L. G., Peterson A. E. (1997): Nitrogen fertilizer and legume-cereal rotation effects on soil productivity and organic matter dynamics in Wisconsin. In: Paul E A, Elliott E T, Paustian K, Cole C V (Hrsg.): *Soil organic matter in temperate agroecosystems: long-term experiments in North America*. CRC Press, Boca Raton, S. 105-119.