

► Project brief

Thünen-Institut für Agrarklimaschutz

2024/31

Der Einfluss flüssig-organischer Düngung auf Lachgas- und Di-Stickstoff-Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden

Reinhard Well & Balázs Grosz

- Die Einarbeitung von flüssigem organischem Dünger in den Boden wird zwar empfohlen, um die Ammoniakemission zu senken, unsere Ergebnisse zeigten aber, dass sich dadurch die Di-Stickstoff (N_2)- und Lachgas (N_2O)-Emissionen um 170 bis 800% erhöhten.
- Es ist nicht klar, wie die Anwendungsweise von flüssigen organischen Düngemitteln optimiert werden kann, da Daten zu N_2 -Emissionen fehlen und aktuelle Modelle nicht geeignet sind, die räumliche Verteilung von Gülle im Boden zu berücksichtigen.
- Die Injektion von Rindergülle im Vergleich zur Oberflächenanwendung wurde in Laborinkubationen mit zwei Böden untersucht. Die Ergebnisse zeigten, dass die Injektion die N_2 - und N_2O -Emissionen um 170 bis 800 % erhöhte.
- Wir haben ein Modell entwickelt und kalibriert, das räumliche Hot-Spot-Effekte bei der Ausbringung von Gülle berücksichtigt, und das zur Entwicklung standortspezifischer Managementempfehlungen verwendet werden kann.

Hintergrund und Zielsetzung

Die Düngung landwirtschaftlicher Böden mit Flüssigmist beeinflusst gasförmige Stickstoffverluste wie Lachgas (N_2O), Di-Stickstoff (N_2), Ammoniak (NH_3) und Stickstoffmonoxid (NO) sowie die Nitratauswaschung. Diese Emissionen verringern die Stickstoffnutzungseffizienz und tragen zum Treibhauseffekt, zur Ozonzerstörung und zur Gewässerbelastung bei. Während die Auswirkungen der Gölledüngung auf Stickstofftransformationen grundsätzlich bekannt sind, ist ihre Vorhersage schwierig, da viele Studien den N_2 -Fluss nicht quantifizieren und Modelle die räumliche Verteilung der Güllekomponenten nicht berücksichtigen. Vorherige Studien haben gezeigt, dass die Injektion von Gülle die NH_3 -Emissionen reduziert, aber die Auswirkungen dieser NH_3 -Reduktionsmaßnahme auf die N_2 - und N_2O -Flüsse waren unklar.

Unsere Forschungsfragen im MOFANE-Projekt lauteten:

- Werden anaerobe Prozesse sowie N_2 - und N_2O -Emissionen durch Injektion von Gülle in den Boden im Vergleich zu einer homogenen Einarbeitung verstärkt?
- Werden N_2 - und N_2O -Emissionen durch verstärkte Aufnahme der mobilen Phase der Gülle in die Bodenmatrix vermindert?
- Unterschätzen gegenwärtige biogeochemische Modelle die durch Gölledüngung induzierten N_2 - und N_2O -Emissionen wegen des Fehlens von Modellroutinen für die Berücksichtigung der inhomogenen Gülleverteilung im Boden?
- Ist dieses Problem durch die Implementierung zusätzlicher Kompartimente für Güllefractionen in den Modellen lösbar?

Vorgehensweise

Unser Projekt untersuchte, wie Gülleausbringung und Ausbringungstechnik die N_2O - und N_2 -Flüsse beeinflussen und wie Modelle verbessert werden können.

Unsere spezifischen Ziele waren wie folgt:

- Zusammenstellung vorhandener und Erarbeitung neuer Datensätze zum Testen und Kalibrieren vorhandener und besserter Modelle.
- Untersuchung der Effekte durch Gölledüngung unter Variation des pH-Werts im Boden und unter Anwendung verschiedener Applikationstechniken auf N-Transformationen, N_2 - und N_2O -Emissionen sowie auf die jeweiligen Regelfaktoren.
- Verwendung der Projektdatensätze zur Evaluierung und Kalibrierung ausgewählter biogeochemischer Modelle im Hinblick auf den Einfluss der Applikationstechnik auf N_2 - und N_2O -Emisionen.
- Verbesserung und Kalibrierung der Modellmodule für die Nitrifikation und Denitrifikation unter Berücksichtigen der Effekte der Gölledüngung.
- Anwendung und Validierung der Modelle mit vorhandenen Felddaten aus anderen Projekten.
- Prüfung von Strategien zur Minderung von Treibhausgasemissionen durch optimierte Düngung mit flüssigen organischen Düngemitteln anhand der kalibrierten und verbesserten Modelle.

Das Arbeitsprogramm begann mit Laborversuchen, um einerseits die Auswirkungen verschiedener Gülleausbringungstechniken auf N₂O- und N₂-Emissionen zu vergleichen und andererseits um empirische und prozessbasierte Modelle zu entwickeln und zu erproben. Im nächsten Schritt wurden bestehende Modelle verbessert und kalibriert, um die dynamischen Effekte der Gülleausbringung, die räumliche Verteilung von Güllekomponenten und die Wechselwirkungen zwischen Boden, Gülle und Atmosphäre zu simulieren. Abschließend wurden unter realistischen Bedingungen die Auswirkungen von Gülle im Ackerbau sowie Möglichkeiten zur Reduktion von Treibhausgasemissionen mit verbesserten Modellen bewertet.



Abbildung 1: Vorbereitung von Bodenproben für 15N-Gasfluss-Experimente. Die Gülleausbringung durch definierte ober- oder unterirdische Ausbringung erfolgt mit Hilfe der Spezialvorrichtung im Vordergrund (Quelle: Balázs Grosz).

Ergebnisse

In Batch-Experimenten mit verschiedenen Güllekonzentrationen wurden erstmals kinetische Parameter für die Nitritifikation und Denitrifikation bestimmt. In Inkubationsversuchen von Bodensäulen mit Gülleapplikation auf die Oberfläche oder als Injektion wurden N-Gasflüsse und die Tiefenverteilung von Feuchtigkeit, Nitrat (NO₃⁻), Ammonium (NH₄⁺), labilem Kohlenstoff und pH-Wert im Boden bestimmt. Die Ergebnisse zeigten, dass die Gülleinjektion die N₂- und N₂O-Flüsse erhöht (Abb. 2).

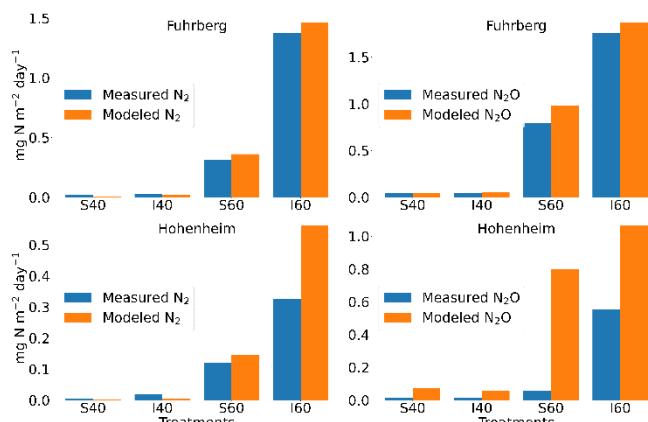


Abbildung 2: Durchschnittliche tägliche Flüsse von gemessenem und modelliertem N₂O und N₂ (in mg N pro m² und Tag) über eine 10-tägige Laborinkubation von sandigen (Fuhrberg) und schluffigen (Hohenheim) Böden mit zwei Bodenfeuchtegehalten (40% und 60% wassergefüllter Porenraum) und zwei Ausbringungstechniken (Oberflächenausbringung, S; Injektion, I) - (Quelle: modifiziert nach Grosz et al., 2022).

Ein spezielles Hotspot-Submodul wurde in das DyMaN-Modell integriert, das die Ausbringung von Gülle, Ammonium (NH₄⁺) und labilem Kohlenstoff berücksichtigt. Damit wurde für die Emissionen im sandigen Boden bereits eine gute Anpassung an die Messdaten erzielt. Weitere Modellversuche sind im Rahmen der zweiten Phase des MOFANE-Projekts geplant.

Fazit

Die Projektergebnisse werden dazu beitragen, optimierte Ausbringungstechniken für organische Düngemittel zu entwickeln und zu bewerten. Unsere Versuchsergebnisse bestätigen frühere Erkenntnisse über erhöhte N₂O-Flüsse durch Gülleinjektion und zeigen dasselbe für N₂-Flüsse. In Folgeprojekten wird das neu entwickelte Modell weiter verfeinert und schließlich zur Untersuchung von Szenarien verwendet, die Klima-, Boden- und Ernteeffekte mit verschiedenen Ausbringungsmodi für organische Düngemittel kombinieren. Daraus sollen spezifische Empfehlungen für die landwirtschaftliche Praxis abgeleitet werden.

Weitere Informationen

Kontakt

¹ Thünen-Institut für Agrarklimaschutz
Reinhard.Well@thuenen.de
www.thuenen.de/ak

Laufzeit

01/2019 – 12/2021

Projekt-ID

2148

Veröffentlichungen

- Grosz B, Burkart S, Well R (2024) Short-term effect of liquid organic fertilisation and application methods on N₂, N₂O and CO₂ fluxes from a silt loam arable soil. Biol Fertil Soils.
<https://doi.org/10.1007/s00374-024-01814-z>
- Grosz B, Matson A, Butterbach-Bahl K, et al (2023) Modeling Denitrification: Can We Report What We Don't Know? AGU Advances 4:e2023AV000990.
<https://doi.org/10.1029/2023AV000990>

DOI: 10.3220/PB173322284000

Grosz B., Dechow, R., & Well, R. (2023). Modeling hot-spot of N₂ and N₂O production in agricultural soils as introduced by liquid organic fertilization. EGU General Assembly 2023.
<https://doi.org/10.5194/egusphere-egu23-13162>

Grosz B, Kemmann B, Burkart S, et al (2022) Understanding the Impact of Liquid Organic Fertilisation and Associated Application Techniques on N₂, N₂O and CO₂ Fluxes from Agricultural Soils. Agriculture 12:692.
<https://doi.org/10.3390/agriculture121050692>

Grosz B, Well R, Dechow R, et al (2021) Evaluation of denitrification and decomposition from three biogeochemical models using laboratory measurements of N₂, N₂O and CO₂. Biogeosciences 18:5681–5697.
<https://doi.org/10.5194/bg-18-5681-2021>

Gefördert durch

Gefördert durch
 Deutsche Forschungsgemeinschaft