

Tagungsbeitrag zu: Jahrestagung der
DBG - Kommission IV
Titel der Tagung: Böden verstehen, Böden
nutzen, Böden fit machen
Veranstalter: DBG, September 2011,
Berlin
Berichte der DBG
<http://www.dbges.de>

Einfluss einer platzierten N-Düngung und eines Nitrifikationshemmstoffs auf die N₂O-Freisetzung im Gemüsebau

R. Ruser¹, H. Pfab¹, K. Kesenheimer¹, R.
Schulz¹, I. Palmer², F. Buegger³,
S. Fiedler⁴ und T. Müller¹

Schlüsselworte: N-Depotdüngung, N₂O,
Nitrifikationshemmstoff, DMPP

Zusammenfassung

Es wurden ganzjährige Untersuchungen zum Einfluss eines Nitrifikationshemmstoffs (NI, DMPP) bzw. einer N-Depotdüngung auf die N₂O-Freisetzung aus einer gemüsebaulich genutzten Parabraunerde nahe Hohenheim durchgeführt. Als Kontrolle diente eine breitwürfige N-Düngung gleicher Düngerrhöhe. In beiden Versuchsjahren konnte die annuelle N₂O-Emission gegenüber der Kontrollvariante

mittels NI um 40% reduziert werden. Dabei zeigte sich auch ein emissionsmindernder Effekt im Winterhalbjahr. Der Grund dafür ist bisher unklar. Im Gegensatz zum NI-Einsatz konnte die annuelle Emission mit platzierter N-Düngung nicht vermindert werden, obwohl eine Hemmung der Nitrifikation im Düngerdepot aufgrund der hohen NH₄⁺-Konzentration nachgewiesen wurde.

Hintergrund

Lachgas (N₂O) trägt zu 8% zum anthropogenen Treibhauseffekt bei und ist am stratosphärischen Ozonabbau beteiligt (IPCC, 2007). Mehr als die Hälfte der anthropogenen N₂O-Emissionen stammen aus landwirtschaftlich genutzten Böden. Als Ergebnis einer Meta-Analyse konnten Akiyama et al. (2010) zeigen, dass die N₂O-Freisetzung mittels Einsatz von Nitrifikationsinhibitoren (NI) sehr effektiv um ca. 35% reduziert werden kann. Von den insgesamt 85 ausgewerteten Studien basierten dabei aber lediglich 12 auf annuellen Datensätzen. 11 Jahresdatensätze wurden in Schottland auf Standorten ohne Frost/Tau-Wechsel im Winterhalbjahr gemessen. Intensive Frost/Tau-Wechsel sind der Grund dafür, dass etwa 50% der Jahresemissionen außerhalb der Vegetationsperiode auftreten (Flessa et al., 1995). Hohe Winteremissionen können mitunter Emissionsersparungen von einzelnen Maßnahmen während der Vegetationsperiode kompensieren (Ruser, 2010). Deshalb sind ganzjährige Untersuchungen für eine zuverlässige Bewertung von Maßnahmen hinsichtlich deren Atmosphärenbelastung notwendig.

Neben synthetischen NIs kann die Nitrifikation in Böden auch mit Hilfe hoher NH₄⁺-Konzentrationen gehemmt werden (Wetselaar et al., 1972). Dieser Effekt wird bei Depotdüngungsverfahren mit hohen NH₄⁺-Anteilen des eingesetzten N-Düngers

¹ Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, FG. Düngung mit Bodenchemie, Universität Hohenheim (340i), Fruwirthstraße 20, 70599 Stuttgart, Email: reiner.ruser@uni-hohenheim.de

² Institut für Bodenkunde und Standortslehre, Universität Hohenheim (310), Emil-Wolf-Straße 27, 70599 Stuttgart

³ Helmholtz Zentrum München, Institut für Bodenökologie, Ingolstädter Landstr. 1, 85764 Neuherberg

⁴ Forschungszentrum Jülich, Institut für Bio- und Geowissenschaft, Agrosphäre (IGB-3), 52425 Jülich

wie beispielsweise dem CULTAN-Verfahren genutzt (Sommer, 2005).

Ziel der Studie war es, die N_2O -Emission einer gemüsebaulich genutzten Fläche ganzjährig zu quantifizieren und das Minderungspotential eines NIs sowie einer Depotdüngung gegenüber einer praxisüblich breitwürfig gedüngten Variante zu testen.

Material und Methoden

Die Messungen wurden auf einem Versuchsgut der Universität Hohenheim nahe Stuttgart durchgeführt. Auf einer Parabraunerde aus Löß wurde ein Parzellenversuch (randomisierte Blockanlage in vierfacher Wiederholung) angelegt. In beiden Versuchsjahren wurde jeweils ein Satz Kopfsalat und ein Satz Blumenkohl angebaut. Die N-Düngung erfolgte entsprechend dem Sollwert aus dem kulturbegleitenden N_{min} -Sollwertsystem (Feller et al., 2007). Dieser betrug 150 kg N ha^{-1} bei Kopfsalat und 286 kg N ha^{-1} bei Blumenkohl. Die N-Düngermengen waren bei allen drei folgenden Versuchsvarianten gleich:

1: breitwürfige Düngung mit Ammonsulfat-salpeter (ASS), keine nitrifikationshemmende Wirkung („ASS –NI“). Bei Blumenkohl zweigeteilte N-Gabe

2: breitwürfige ASS-Düngung mit NI (3,4-Dimethylpyrazolosphat, DMPP), Handelsname (ENTECC26[®]), („ASS +NI“)

3. ASS als Bandapplikation in 10 cm Tiefe („Depot“)

Im dritten Versuchsjahr wurde noch ein Satz Mangold angebaut, hier wurden die folgenden Behandlungen (jeweils eine N-Gabe) über die Vegetationsperiode getestet:

- 1: ASS, breitwürfig
- 2: ASS, Depot(Band, 10 cm Tiefe)
- 3: Ammonsulfat (AS), breitwürfig
- 4: AS Depot (Band, 10 cm Tiefe)

Die Spurengasmessungen wurden in wöchentlichem Rhythmus mit geschlossenen Kammern durchgeführt und durch ereignisbezogene Zusatzmessungen ergänzt. Das Kammerdesign ist bei Flessa et al. (1995) näher beschrieben. Je Parzelle wurde eine Gassammelhaube eingesetzt. Die Gasprobenahme erfolgte mit Hilfe evakuierter Glasvials, die Konzentrationsmessungen an einem GC (^{63}NI -ECD).

Ergebnisse und Diskussion

Die getesteten Düngungsvarianten wirkten sich lediglich im ersten Versuchsjahr beim Anbau von Kopfsalat ertragsdifferenzierend aus. Hier war der Frischmasseertrag der „ASS +NI“-Variante signifikant höher als in den Varianten „ASS –NI“ bzw. „Depot“.

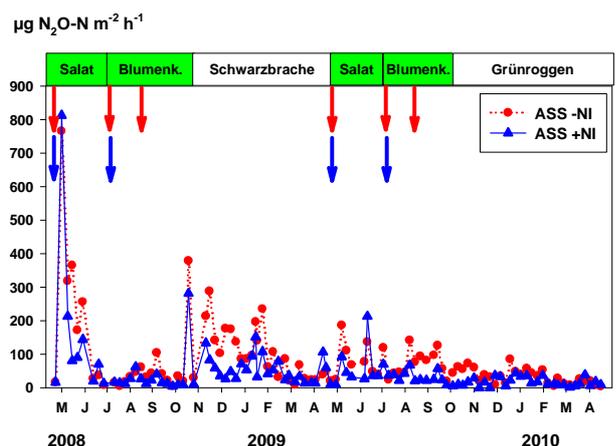


Abb. 1: Mittlere N_2O -Flussraten ($n = 4$) der Behandlung ohne („ASS –NI“) bzw. mit („ASS +NI“) Nitrifikationshemmstoff während der beiden ersten Versuchsjahre. Die Pfeile kennzeichnen Termine der N-Düngergaben.

Hohe N_2O -Flüsse traten nach Düngungsmaßnahmen in Verbindung mit hohem Wassergehalten, nach dem Einbringen frischer organischer Substanz wie beispielsweise dem Umbruch der Winterzwischenfrucht zu Beginn des ersten Versuchsjahrs, sowie während Tauens im Winterhalbjahr auf (Abb. 1).

Die annuelle N_2O -Emission aus der NI-Behandlung war in beiden Versuchsjahren um ca. 40% geringer als in der breitwürfi-

gen Kontrolle (Abb. 2). Diese Beobachtung steht in Einklang mit den Ergebnissen von Weiske et al. (2001), die von verminderten Emissionen während der Vegetationsperiode nach DMPP-Anwendung berichten. Akiyama et al. (2010) begründen diese reduzierende Wirkung mit geringeren N_2O -Anteilen aus der Nitrifikation sowie mit dem geringeren Substratangebot an Nitrat für denitrifizierende Mikroorganismen.

Überraschenderweise waren die N_2O -Emissionen in der Behandlung mit NI nach der Ernte des Blumenkohls 2008 abermals geringer als in der Variante „ASS –NI“ (Abb. 1). Dadurch waren auch die kumulativen N_2O -Winteremissionen aus der „ASS +NI“ Behandlung statistisch signifikant geringer als in der Behandlung „ASS –NI“ (Abb. 2). Zu diesem Zeitpunkt sollte der NI-Wirkstoff bereits abgebaut sein. Zerulla et al. (2001) berichten für DMPP eine Wirksamkeit von ca. sechs Wochen bei 20°C. In unseren Untersuchungen erfolgte die DMPP-Applikation am 15. Juli und somit mehr als 3,5 Monate vor der erneuten Ausdifferenzierung der Emissionen im Winter. Der Grund für die geringeren Winteremissionen bei „ASS +NI“ ist derzeit noch unklar. Geringere CO_2 -Flüsse weisen auf eine verringerte heterotrophe Aktivität bzw. auf eine Reduktion der denitrifizierenden Biomasse hin. Mit weiterführenden Untersuchungen zu dieser Problematik wurde begonnen.

Im Gegensatz zum NI konnte die N_2O -Emission mit Hilfe einer N-Depotdüngung nicht reduziert werden (Abb. 1). Es wird vermutet, dass das im ASS enthaltene Nitrat (1/4 des Gesamt-N im ASS) aus den Depots ausgewaschen wurde. Dies könnte in der mikrobiell intakten Umgebung der Depots zu lokal hohen Nitratkonzentrationen mit der Folge einer erhöhten N_2O -Bildung über die Denitrifikation führen.

N_2O -N [kg ha⁻¹ a⁻¹]

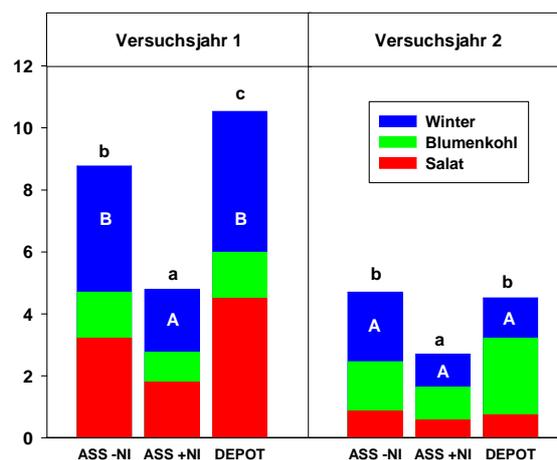


Abb. 2: Kumulative N_2O -Freisetzung in den beiden Versuchsjahren in Abhängigkeit der N-Düngung. Statistisch signifikante Unterschiede (Student-Newman-Keuls-Test, $p < 0,05$) zwischen den Behandlungen innerhalb eines Jahres sind mit schwarzen Kleinbuchstaben, Unterschiede zwischen den Winteremissionen durch weiße Großbuchstaben gekennzeichnet.

Um diese Annahme zu prüfen, wurde im dritten Versuchsjahr eine Untersuchung zur Wirkung von ASS bzw. AS sowie einer platzierten N-Düngung auf die N_2O -Freisetzung aus einem Mangoldbestand durchgeführt (Abb. 3). Dabei wurden keine Unterschiede zwischen den Emissionen der vier getesteten Behandlungen festgestellt. Somit konnte die oben genannte Hypothese nicht durch die Applikation eines Düngers mit Ammonium als einziger N-Komponente bestätigt werden.

Die Aufteilung der Emissionen in einem frühen und in einem späten Zeitraum während des Mangoldanbaus zeigte, dass in den beiden breitwürfig gedüngten Behandlungen ein Großteil der Emissionen direkt nach der N-Düngung im ersten Zeitraum auftrat. Im Gegensatz dazu zeigten sich im zweiten Zeitraum die höchsten Emissionen in den beiden Depot-Behandlungen. Dies kann als Beleg für eine Hemmung der Nitrifikation aufgrund hoher NH_4^+ -Konzentrationen, wie sie von Wetselaar et al. (1972) beschrieben wurde, gesehen werden. Allerdings wirkte sich diese Hemmung nicht auf die N_2O -Freisetzung aus. Dies

steht im Einklang mit Untersuchungen von Engel et al. (2009), die bei Platzierung von Harnstoff als Band- oder Punktdepot keine Minderung der N₂O-Emissionen erzielen konnten. In diesem Fall waren die Emissionen bei Platzierung sogar noch höher als bei breitflächiger Harnstoffapplikation.

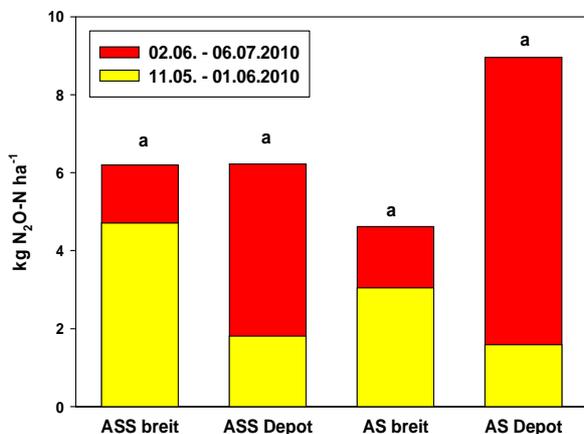


Abb. 3: Kumulative N₂O-Freisetzung aus einem Mangoldbestand in Abhängigkeit des N-Düngers (Ammonsulfatsalpeter (ASS) vs. Ammonsulfat (AS)) und der Applikation (breit vs. Depot).

Schlussfolgerungen

Die N₂O-Emission aus einer gemüsebaulich genutzten Fläche konnte, erstmals auf Basis ganzjähriger Messdaten, mit Hilfe eines NIs um über 40% gegenüber der Emission aus einer breitflächig gedüngten Variante vermindert werden. Dieses Minderungspotential ist verglichen mit anderen Maßnahmen zur Reduktion der N₂O-Freisetzung als sehr hoch zu bewerten. Der „Langzeiteffekt“ des NIs auf die Winteremissionen sollte allerdings noch genauer untersucht werden.

Im Gegensatz zum Einsatz von NI konnte mittels N-Depotdüngung keine N₂O-Minderung erreicht werden. Selbst die Anwendung eines N-Düngers mit NH₄⁺ als einziger N-Komponente erbrachte keine Verminderung der N₂O-Freisetzung gegenüber einer breitwürfigen Kontrollbehandlung.

Literatur

- Akiyama, H., Yan, X., Yagi, K., 2010. Evaluation of effectiveness of enhanced-efficiency fertilizers as mitigation options for N₂O and NO emissions from agricultural soils: Meta-analysis. *Glob. Change Biol.* 16, 1837-1846
- Engel, R., Liang, D., Wallander, R., Bembeck, A., 2010. Influence of urea fertilizer placement on nitrous oxide production from a silty loam soil. *J. Environ. Qual.* 39, 115-125
- Feller, C., Fink, M., Laber, H., Maync, A., Paschold, P.-J., Scharpf, H.C., Schlaghecken, J., Strohmeyer, K., Weier U., Ziegler, J., 2007. Düngung im Gemüsebau – Datenbasis für eine erfolgreiche Düngung im Freilandgemüsebau. In M. Fink (Hsgb.): 2. Auflage, Schriftenreihe des IGZ, Großbeeren und Erfurt
- Flessa H., Dörsch, P., Beese, F., 1995. Seasonal variation of N₂O and CH₄ fluxes in differently managed arable soils in southern Germany. *J. Geophys. Res.* 100: 23115-23124
- IPCC, 2007. Climate Change 2007. Synthesis Report. Contribution of Working Group I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Core Writing Team, Pachauri, R.K & Reisinger, A. (Eds.), Geneva, Switzerland
- Ruser, R., 2010. Möglichkeiten zur Minderung der Lachgasfreisetzung aus landwirtschaftlich genutzten Böden bei mineralischer N-Düngung. In: Emissionen landwirtschaftlich genutzter Böden. KTBL-Schrift 483, 109-120
- Sommer, K., 2005. CULTAN-Düngung: physiologisch, ökologisch, ökonomisch optimiertes Düngungsverfahren für Ackerkulturen, Grünland, Gemüse, Zierpflanzen und Obstgehölze. Mann, Gelsenkirchen
- Weiske, A., Benckiser, G., Ottow, J.C.G., 2001. Effect of the new nitrification inhibitor DMPP in comparison to DCD on nitrous oxide (N₂O) emissions and methane (CH₄) oxidation during 3 years of repeated applications in field experiments. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 60, 57-64
- Wetselaar, R., Passioura, J.B., Sing, B.R., 1972. Consequences of banding nitrogen fertilizers in soil I. Effects on nitrification. *Plant Soil* 36, 159-175
- Zerulla, W., Barth, T., Dressel, J., Erhardt, K., Horchler von Locquenghien, K., Pasda, G., Rädle, M., Wissemeyer, A., 2001. 3,4-Dimethylpyrazole phosphate (DMPP) - A new nitrification inhibitor for agriculture and horticulture. An introduction. *Biol. Fertil. Soils* 34, 79-84

Danksagung

Diese Studie wurde von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU, Förderzeichen AZ 25420) finanziert.