

► Project *brief*

Thünen-Institut für Agrartechnologie

2024/22

Einfluss von Urease- und Nitrifikationsinhibitoren auf N-Nutzungseffizienz sowie NH₃- und N₂O-Emissionen bei der Düngung mit Ammoniumsulfat-Harnstoff

Augustin, J.⁴, Döhler, J.³, Eißner, F.³, Filipiak, M.², Flessa, H.², Hoffman, M.⁴, Klein, J.⁵, Klein, J.⁸, Klein, M.⁸, Kramp, K.⁴, Kreuter, T.³, Mallast, J.², Margraf, V.², Monzon Diaz, O.⁴, Pacholski, A.², Pamperin, H.⁶, Rücknagel, J.⁶, Ruser, R.⁵, Schmid, W.⁷, Schuster, C.³, Skodras, D.⁸, Stichnothe, H.¹, Wetzels, S.⁷, Zederer, D.⁷, Ziehe, D.²

- **Einsatz von Urease- und Nitrifikationsinhibitoren trägt substantiell zur Minderung von Ammoniak- und Lachgasemissionen bei.**
- **Ermittelte Emissionsfaktoren für Ammoniak- und Lachgasemissionen lagen meist weit unter den Standardwerten gemäß IPCC bzw. EMEP.**
- **Keine Hinweise auf erhöhtes Nitratauswaschungsrisiko oder ökotoxikologische Auswirkungen im Sickerwasser und Boden.**
- **Nur marginale Effekte auf die N-Nutzungseffizienz und Erträge, aber Ersparnis an Aufwand und Zeit durch eine doppelt-inhibierte Düngervariante.**

Um das Ziel des Pariser Klimaschutzabkommens zu erreichen und bis zum Jahr 2045 klimaneutral zu werden, müssen bis zum Jahr 2023 Treibhausgas- (THG) Emissionen in der Landwirtschaft, im Vergleich zu 1990, um 36 % reduziert werden. Eine mögliche Maßnahme ist hierbei die Minderung von Lachgas (N₂O)- und Ammoniak (NH₃)-Emissionen durch den Einsatz von Urease- und Nitrifikationsinhibitoren, welches im Rahmen von Win-N, inklusive möglicher unerwünschter Nebeneffekte, untersucht wurde.

Hintergrund und Zielsetzung

Seit 1990 sind laut Umweltbundesamt zwar die THG-Emissionen in der Landwirtschaft von 88 auf 66 Mio. t CO₂-Äquivalente im Jahr 2020 zurückgegangen, doch der derzeitige Trend ist nicht ausreichend, um das angestrebte Minderungsziel für 2030 zu erreichen. Das Klimaschutzprogramm 2030 sieht dabei verschiedene Maßnahmen zur Minderung von THG-Emissionen vor. Einer der Schwerpunkte liegt auf N₂O, welches das 265-fache THG-Potenzial von CO₂ hat, sowie NH₃, welches einerseits eine indirekte Quelle für N₂O ist und andererseits maßgeblich zur Bodenversauerung und Eutrophierung von Ökosystemen beiträgt. Im Jahr 2019 stammten ca. 81 % der N₂O-Emissionen aus der Landwirtschaft. Diese machen rund 46 % der landwirtschaftlichen THG-Emissionen aus. Ein Großteil davon hängt direkt oder indirekt mit der Ausbringung mineralischer, Stickstoff (N)-haltiger Düngemittel zusammen. Mit Urease- und Nitrifikationsinhibitoren können bis zu 75 % der NH₃- bzw. 35 % der N₂O-Emissionen vermieden werden. Das übergeordnete

Ziel des Vorhabens ist es daher, N₂O- und NH₃-Emissionen zu reduzieren und eine signifikante Erhöhung der N-Düngeeffizienz durch den Einsatz von Inhibitoren bei der mineralischen Stickstoffdüngung zu erreichen.

Vorgehensweise

Im Rahmen von Fruchtfolgeversuchen wurden an vier Standorten mit einer dreijährigen Fruchtfolge aus Silomais (SM), Winterweizen (WW) und Wintergerste (WG) die N₂O- und NH₃-Emissionsreduktionen und die Auswirkungen auf die Erträge beim Einsatz von Inhibitoren quantifiziert. Auf die Fruchtfolge erfolgten Versuche in vier Düngervarianten: 1) Ungedüngte Kontrolle (CON), 2) Ammoniumsulfat-Harnstoff (AS-HS), 3) AS-HS mit Ureaseinhibitor (UI), 4) AS-HS mit UI und Nitrifikationsinhibitor (NI). Ergänzend erfolgten Lysimeterversuche, um mögliche unerwünschte Begleiteffekte des Einsatzes der Inhibitoren zu untersuchen. Hierbei handelt es sich einerseits um ein erhöhtes Auswaschungsrisiko von Nitrat (NO₃⁻) und andererseits um eine toxikologische Belastung des Sickerwassers und Bodens durch die Inhibitoren. Letzterer Aspekt wurde durch Modellierungen der Mobilität und des Abbaus der Inhibitoren im Boden durch das Modell PELMO (Pesticide Leaching Model) ergänzt, um das ökotoxikologische Belastungsrisiko unter einer Mehrzahl an Szenarien beleuchten zu können. Ergänzende Simulationen mit dem Modell CANDY (Carbon and Nitrogen Dynamics) am Thünen-Institut beleuchteten das N-Auswaschungsrisiko unter einer Vielzahl an Witterungsszenarien. Ferner fanden Laborinkubations-

experimente statt, um tatsächliche Emissionen atmosphärischen Stickstoffs (N₂) zu bestimmen. Letzteres ist essenziell für die Ableitung von N-Düngemengen. Schlussendlich erfolgte eine Bewertung der Maßnahme über die Berechnung flächenbezogener N-Verlustraten und dreijähriger N-Bilanzen sowie mittels Ökoeffizienzanalysen.

Ergebnisse

Die Ergebnisse wurden in enger Zusammenarbeit mit den Projektpartnern erarbeitet. Die zugrunde gelegte Datenbasis wurde harmonisiert und in einer Microsoft Access basierten Datenbank zusammengeführt. Die harmonisierten und zusammengestellten Daten können so für die Ableitung von nationalen Emissionsfaktoren (EF) für NH₃ und N₂O verwendet werden.

An allen Versuchsstandorten konnten im Zuge des Einsatzes der Inhibitoren keine Unterschiede bei der N-Nutzungseffizienz den N-Entzügen oder den Erträgen zwischen den gedüngten Varianten festgestellt werden. Durch den Einsatz der doppelt-inhibierten Variante (AS-HS+UI+NI) ergibt sich hierbei eine Ersparnis an Zeit und Aufwand im Rahmen der Düngung, da im Gegensatz zum nicht- und einfach inhibierten Dünger (AS-HS+UI) ein Düngetermin entfällt.

Die N₂O-Emissionen fielen im Schnitt über alle Versuchsstandorte und Versuchsjahre in der nicht-inhibierten Variante am höchsten aus. Die doppelt-inhibierte Variante wies das höchste N₂O-Einsparungspotenzial auf, wobei die ermittelten EF zum Teil weit unter (< 0,25 %) dem IPCC-Standardwert von 1 % des applizierten Dünger-N lagen. Durch den Einsatz der Inhibitoren konnten insgesamt im Vergleich zur nicht-inhibierten Variante bis zu 58 % der Emissionen eingespart werden.

Die NH₃-Verluste nach der Düngung waren in der nicht-inhibierten Variante teilweise bereits sehr gering (z. T. nicht quantifizierbar oder < 1 % des applizierten N). Damit lagen die ermittelten EF ebenfalls weit unter den EMEP-Faktoren für AS (ca. 13 %) und HS (ca. 7,5 %). Trotz dieser geringen Grundverluste konnten weitere Minderungen um bis zu 57 % erzielt werden.

An den Standorten, an denen N₂O und NH₃ gemessen wurden, führte der UI über die Fruchtfolge betrachtet stets zu einer niedrigeren gesamten Umweltwirkung. Auch UI+NI führt zu einer Verbesserung, wenn auch nicht so stark wie UI. Bezüglich der ökonomisch-ökologischen Betrachtung erreicht UI+NI in Cunnersdorf, Dedelow und Ihinger Hof immer Ökoeffizienz. UI+NI ist auf Fruchtfolgebasis hingegen nicht für Cunnersdorf oder Dedelow geeignet, in Ihinger Hof ist eine eindeutige Aussage auf Grund der Standardabweichung nicht möglich. Am Niedrigemissionsstandort Merbitz hingegen lohnen sich weder UI noch UI+NI.

In den Sickerwasserproben des Lysimeterversuchs konnten keine erhöhten Nitrat-Frachten und keiner der Inhibitoren nachgewiesen werden. In lediglich zwei von 45 Proben wurde

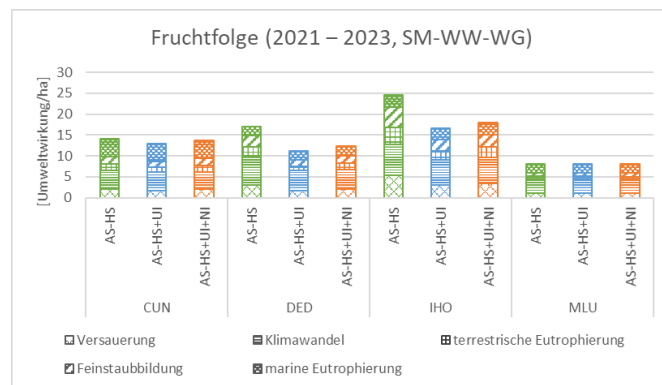


Abbildung: Darstellung der aggregierten Umweltwirkung pro Hektar für die gesamte Fruchtfolge der Jahre 2021 bis 2023 an den Standorten Cunnersdorf, Dedelow, Ihinger Hof und Merbitz (Quelle: Projekt-Abschlussbericht).

ein Abbauprodukt der Inhibitoren (2-Nitroanilin) qualitativ nachgewiesen, allerdings unterhalb der Quantifizierungsgrenze. Diese Ergebnisse spiegeln sich auch in den Simulationen durch PELMO wider, wonach aufgrund geringer Halbwertszeiten und eines raschen Abbaus der Inhibitoren zu keinem Zeitpunkt und an keinem der Versuchsstandorte nachweisbare Konzentrationen auf Grundwasserniveau vorliegen. Die Simulationen mit CANDY bestätigten ein weitgehend vernachlässigbares Auswaschungsrisiko aufgrund hoher Sommertrockenheit während der Versuchsjahre, insbesondere auf feinkörnigen Standorten.

Schlussendlich konnten weder im Sickerwasser noch im Boden mit den verwendeten Biotests (Algenwachstumshemmtest, Daphnientest, Bakterienkontakttest, Test der Nematodenlebensgemeinschaften) toxische Effekte der Inhibitoren statistisch signifikant nachgewiesen werden.

Fazit

- Die Inhibitoren wirken sich marginal auf die Erträge aus.
- Durch den Einsatz der Inhibitoren konnten substantielle Minderungen der NH₃- und der N₂O-Emissionen erreicht werden.
- An allen Standorten waren die NH₃-Emissionen deutlich geringer als die in der Nationalen Emissionsberichterstattung berechneten.
- Im Mittel ließen sich ca. 50 % der N₂O-Emissionen reduzieren.
- Die Konzentrationen der Inhibitoren im Sickerwasser der Lysimeter lagen immer unterhalb der Nachweisgrenze.
- Es konnte kein Trade Off in Form eines erhöhten NO₃-Auswaschungsrisikos oder ökotoxikologischer Effekte hinreichend nachgewiesen werden.

Weitere Informationen

Kontakt

¹ Thünen-Institut für Agrartechnologie
Heinz.stichnothe@thuenen.de
www.thuenen.de/at

Laufzeit

3.2021-2.2024

DOI: 10.3220/PB1721208804000

Partner

² Thünen-Institut
³ Stickstoffwerke Piesteritz GmbH
⁴ ZALF
⁵ Universität Hohenheim
⁶ Universität Halle-Wittenberg
⁷ LfULG Nossen
⁸ Fraunhofer IME

Projekt-ID:

2373

Publikationen

N-Nutzungseffizienz und N-Emissionen beim Einsatz von inhibiertem Ammoniumsulfat-Harnstoff. Präsentation des Win-N-Projekts anlässlich der Jahrestagung THeKLa (Treibhausgasbilanzierung und Klimaschutz in der Landwirtschaft) vom 10.11.2023.

Gefördert durch

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages