

Aus der Professur für Landschaftsökologie und
Standortkunde der Agrar- und
Umweltwissenschaftlichen Fakultät

Thesen der kumulativen Dissertation

Kurzfristige biogeochemische Effekte von landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsmaßnahmen in gärrestgedüngten Böden

zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor der Agrarwissenschaften (doctor agriculturae)
an der Agrar- und Umweltwissenschaftlichen Fakultät
der Universität Rostock

vorgelegt von
M.Sc. Sebastian Rainer Fiedler

Verteidigung am 15. Juni 2018

I. Motivation und Forschungsziele

I.a Biogasgärreste (GR) haben im Vergleich zu unvergärem Substrat veränderte Eigenschaften, die bei Verwendung als Dünger die Emissionen von Distickstoffmonoxid („Lachgas“ bzw. N_2O , ein potentes Treibhausgas) aus landwirtschaftlich genutzten Böden erhöhen sowie die Bildung organischer Bodensubstanz (OBS) verringern könnte.

- erhöhter Anteil an Ammoniumstickstoff (NH_4^+) bzw. erhöhtes $\text{NH}_4^+/\text{N}_{\text{gesamt}}$ -Verhältnis
- erhöhter pH-Wert
- verringerter Gehalt an organischen Kohlenstoff (C)

I.b Bodenbearbeitungsmaßnahmen wie etwa Pflügen, Grubbern und Eggen befördern durch die Zerkleinerung schützender Makroaggregate unmittelbar die mikrobielle Zersetzung der OBS.

- Erhöhung der heterotrophen Bodenatmung (R_h) und somit OBS-Verlusten
- gleichzeitig Störung der temperaturabhängigen Modellierung der R_h , dadurch Unsicherheit in Bilanzierungsmethoden (direkte Messung vs. Modellierung)
- GR könnten die molekulare Zusammensetzung und somit die Zersetzung der OBS verändern

I.c GR sind wegen ihres hohen NH_4^+ -Gehalts besonders anfällig für N-Verluste in Form von Ammoniak (NH_3).

- „gute fachliche Praxis“ empfiehlt Injektion des GR in den Boden
- Mögliche Förderung von N_2O -Emission durch Injektion könnte NH_3 -Vermeidung in N- und Umweltbilanz nivellieren

I.d Implizierte Fragestellungen mit besonderem Fokus auf GR:

- Wie stark ist die Störung der temperaturabhängigen Modellierung der R_h infolge von Bodenbearbeitung?
- Welche umgehenden molekularen Veränderungen der OBS verursacht Bodenbearbeitung?
- Wie werden die N_2O - und N_2 -Emissionen nach der Applikation hoher GR-Konzentrationen (wie etwa nach der Injektion in Böden) durch Bodentyp und -Wassergehalt beeinflusst?

II. Methoden

II.a Kohlenstoffdioxid (CO₂)-Emissionen des Bodens

- Online-Konzentrationsmessungen mit dynamischen Hauben (0.341 m²) und Infrarot-Gasanalysegeräten
- Gasflussratenberechnung über lineare Regression $\left(\frac{\Delta \text{Konzentration}}{\Delta \text{Zeit}}\right)$
- temperaturabhängige Modellierung nach Lloyd und Taylor (1994)

II.b Pyrolyse-Feldionisationsmassenspektrometrie (Py-FIMS) des Bodens

- schrittweise Erhöhung der Temperatur von 50 bis 700 °C über 15 min
- Integration der sich daraus ergebenden 65 Einzelmessungen im m/z-Bereich von 15 bis 900
- Zuordnung der Signalmarker zu Substanzklassen nach Leinweber et al. (2013)

II.c Helium-Sauerstoff (He–O₂)-Inkubation hoher GR-Konzentrationen in Böden

- Klimakammer: Inkubation von jeweils 250 cm² Boden in einer fast Stickstoff (N)-freien He–O₂-Atmosphäre zur Bestimmung des N₂O- und N₂-Emissionspotentials
- kontinuierlicher Durchfluss (15 mL min^{–1}) dieser künstlichen Gasmischung
- Konzentrationsmessung mittels Gaschromatographie, Gasflussratenberechnung über Volumenstrom (Konzentration_{Zustrom} – Konzentration_{Abstrom})

III. Ergebnisse

III.a Bodenbearbeitung induzierte niedrigere Mineralisationsraten in der GR-Variante – wesentlich niedriger Anstieg der R_h als in mineralisch gedüngter Variante (MIN) und ungedüngter Kontrolle (KON)

- geringere Verfügbarkeit von leicht zersetzbaren C-Verbindungen in Boden aus GR-Rückständen
- schwächer und kürzer ausgeprägten Störung der temperaturabhängigen Rh-Modellgüte
- mögliche Hemmung der Mineralisation durch Sterole aus GR

III.b Veränderte OBS-Zusammensetzung nach nur einem Jahr GR-Düngung

- Düngung mit GR führte im Vergleich zu MIN zu Abnahme des Anteils leicht zersetzbarer Bestandteile wie Kohlenhydrate
- Anteil schwer zersetzbarer Bestandteile wie Lignin erhöhte sich

III.c Hinweise auf relativ kurzfristige Zersetzung ligninhaltiger Stoffe nach Bodenbearbeitung

- durch Bodenbearbeitung aktiviertes, mikrobielles Bodenleben greift wegen Mangels an leicht verfügbaren C-Verbindungen möglicherweise auf ligninhaltige Stoffe zurück
- hingegen verstärkter Abbau von Kohlenhydraten in MIN-Variante

III.d Emissionen von N_2O und N_2 nach hohen GR-Gaben hängen insbesondere vom Gasdiffusionsvermögen des Bodens ab – Kapazitätsgrenze bei hohen NH_4^+ -Konzentrationen

- feinkörniger, toniger Schluff emittierte aufgrund seines schlechteren Diffusionsvermögens höhere Flussraten und zeigte eine stärkere Interaktion mit dem Wassergehalt als der grobkörnige, lehmige Sand
- verdoppelte GR-Konzentration im Boden verursachte keine signifikante Änderung der N_2O - und N_2 -Flussraten – wahrscheinlich hemmende Wirkung hoher NH_3 - bzw. NH_4^+ -Konzentrationen auf Nitritoxidierer.

IV. Schlussfolgerung und Ausblick

IV.a Geringere Affinität für C-Verluste GR gedüngter Boden nach Bodenbearbeitung

- Stützung der Annahme, GR-Einsatz übe keine negativen Effekte auf die OBS-Reproduktion aus
- C-Fractionen, welche während des Gärprozesses mikrobiell umgesetzt werden, entsprechen vermutlich denselben, die infolge von Bodenbearbeitungsmaßnahmen mineralisieren würden
- OBS-Bildung muss langfristig (Jahrzehnte) beobachtet werden

IV.b N_2O - und N_2 -Flussraten stellen in Verbindung mit den vermuteten NO -Emissionen infolge hoher GR-Konzentrationen positiven Umwelteffekt der Injektionsmethode in Frage

- „gute fachliche Praxis“ der Injektion flüssiger, organischer Dünger muss in Bezug auf GR möglicherweise an dessen besonderen Eigenschaften angepasst werden
- weitere Untersuchungen notwendig – insbesondere in situ –, um gasförmige N-Verluste mit negativen Umweltwirkungen nach der Düngung mit GR zu minimieren

V. Literatur

Leinweber, P., Kruse, J., Baum, C., Arcand, M., Knight, J. D., Farrell, R., Eckhardt, K.-U., Kiersch, K., and Jandl, G.: Chapter Two – Advances in Understanding Organic Nitrogen Chemistry in Soils Using State-of-the-art Analytical Techniques, in: Advances in Agronomy, edited by: Sparks, D. L., Academic Press, San Diego, USA, 83–151, 2013.

Lloyd, J., Taylor, J.A.: On the temperature-dependence of soil respiration. *Funct. Ecol.* 8 (3), 315–323, 1994