



USO DO NABO FORRAGEIRO COMO ESTRATÉGIA PARA MITIGAR AS EMISSÕES DE N₂O EM PASTAGENS DE AVEIA PRETA NO SUBTRÓPICO BRASILEIRO¹

Felipe Bratti², Ricardo Henrique Ribeiro³, Josiléia Acordi Zanatta⁴, Jonatas Thiago Piva⁵, Cimélio Bayer⁶, Jeferson Dieckow⁷

¹Parte da dissertação de mestrado do primeiro autor, financiada pelo CNPq.

²Mestrando do Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Paraná, felipe.brattislo@gmail.com.

³Doutorando do Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Paraná, kico_ribeiro@hotmail.com.

⁴Pesquisadora da Embrapa Florestas, josileia.zanatta@embrapa.br.

⁵Professor do Departamento de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, jonatas@utfpr.edu.br.

⁶Professor do Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, cimelio.bayer@ufrgs.br.

⁷Professor do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Paraná, jefersondieckow@ufpr.br.

Resumo: O objetivo deste estudo foi avaliar a capacidade do nabo forrageiro em consórcio com aveia preta em inibir as emissões de N₂O provenientes da deposição de urina ao solo por bovinos. O delineamento foi de blocos ao acaso com quatro repetições em parcelas subdivididas. Os tratamentos consistiram em proporções de nabo forrageiro em consórcio com aveia preta, sendo P100 (100% nabo), P60 (60% nabo + 40% aveia), P30 (30% nabo + 70% aveia) e P15 (15% nabo + 85% aveia) e P0 (100% aveia preta). Cada unidade experimental foi subdividida em tratamento com aplicação de urina e sem aplicação de urina (controle). A coleta dos gases foi realizada pelo método de câmaras estáticas durante um período de 78 dias após aplicação da urina. Os tratamentos P100 e P60 reduziram as emissões de N₂O em 31,6% e 17,5% nos primeiros dez dias de avaliação. As emissões acumuladas de N₂O apresentaram redução linear à medida que as proporções de nabo forrageiro aumentaram, onde o tratamento P100 reduziu as emissões acumuladas em 47% em comparação ao tratamento P0. O uso do nabo em consórcio com a aveia preta foi eficiente em mitigar as emissões de N₂O a partir da deposição de urina no solo.

Palavras-chave: consórcio; inibidor biológico da nitrificação; nitrogênio urinário.

Introdução

As atividades pecuárias são responsáveis por 18% das emissões globais de gases do efeito estufa (GEE), sendo o óxido nitroso (N₂O) responsável por 65% desse total, associado, principalmente, a deposição de dejetos animais no solo (Steinfeld et al., 2006). No Brasil, 61% das emissões de N₂O estão direta ou indiretamente associadas às atividades agropecuárias, sendo que a maior parte dessas emissões são atribuídas as mais de 220 milhões de cabeças de gado (MCTI, 2018).

Em pastagens, as manchas de urina bovina são pontos de emissão de N₂O devido à alta concentração de nitrogênio (N) urinário, que pode variar 200 a 2000 kg N ha⁻¹, dependendo do conteúdo de proteína do pasto, categoria animal, idade e estágio de lactação (Selbie et al., 2015). A questão crítica é que os animais consomem mais N do que precisam para o seu crescimento, e a consequência é uma alta porcentagem desse N consumido sendo excretado na forma de urina, resultando



em pequenas áreas de solo de pastagem contendo grandes quantidades de N (Selbie et al., 2015). Além disso, as elevadas taxas de N depositadas no solo excedem em muito a capacidade de utilização das plantas, e este excesso contribui para as emissões de N_2O e a lixiviação de nitrato (NO_3^-) (Di e Cameron, 2002).

As estratégias para mitigar as emissões de N_2O em solos de pastagens podem ser categorizadas como sendo aquelas que reduzem a carga de N da urina e as que afetam os processos do solo através da redução das taxas de nitrificação e desnitrificação (Di et al., 2016; Yao et al., 2018; Luo et al., 2018). Nesse sentido, Luo et al. (2015) e Yao et al. (2018) observaram que espécies de plantas da família das brássicas apresentaram potencial em reduzir a emissão de N_2O do solo. De acordo com Bending e Lincoln (2016), os glucosinolatos compreendem um importante grupo de fitoquímicos bioativos, abundantes em plantas dessa família, e a hidrólise desse composto resulta em compostos como isotiocinatos, tiocinatos e nitrilos, que atuam inibindo alguns processos desencadeados pela presença do N no solo. Resultados de Bowatte et al. (2018) demonstraram que as emissões de N_2O em pastagem de *Brássica napus* ssp. Biennis (cv. Titan) foram menores em comparação com aquelas observadas em outras espécies de pastagens, atribuindo essa redução à supressão da população nitrificante por um composto BNI.

Diante do pressuposto, o objetivo desse trabalho foi avaliar proporções de nabo forrageiro em consórcio com aveia preta e sua capacidade em mitigar as emissões de N_2O provenientes da deposição de urina bovina ao solo.

Metodologia

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental Canguiri, pertencente à Universidade Federal do Paraná (UFPR), localizada no município de Pinhais – PR. O clima da região é classificado como subtropical úmido mesotérmico (Cfb, Köppen), com precipitação média anual de 1500 mm. O solo do experimento é classificado como Cambissolo Háptico de textura argilosa (439 g kg^{-1} de argila), e as propriedades químicas do solo amostradas na camada de 0-15 cm foram: pH ($CaCl_2$) 4,9; $H + Al^{3+}$ $6,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (SMP); Ca^{2+} $4,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (KCl 1 mol L^{-1}); Mg^{2+} $2,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (KCl 1 mol L^{-1}); K^+ $0,29 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Mehlich-1); P $4,7 \text{ mg dm}^{-3}$ (Mehlich-1); V% 51 e MO 4,3%.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com quatro repetições em esquema de parcelas subdivididas. Os tratamentos com as proporções de nabo forrageiro solteiro ou em consórcio com a aveia preta foram dispostos da seguinte forma: P100 (100% nabo), P60 (60% nabo + 40% aveia), P30 (30% nabo + 70% aveia), P15 (15% nabo + 85% aveia) e P0 (100% aveia preta). Cada unidade experimental foi subdividida em tratamento com aplicação de urina e sem aplicação de urina (controle). As cultivares IPR 115 (nabo forrageiro) e Embrapa 139 (aveia preta), foram semeadas manualmente num espaçamento de 17 cm entrelinhas e a densidade foi ajustada de acordo com as proporções (sendo 20 kg ha^{-1} de nabo forrageiro e 80 kg ha^{-1} de aveia preta considerados como 100% da dose recomendada). A urina foi proveniente de vacas da raça holandesa em lactação, e a aplicação de 2 L de urina foi realizada manualmente numa área delimitada de $0,2016 \text{ m}^2$ dentro de cada parcela.

As coletas de ar foram realizadas pelo método de câmaras estáticas (Bayer et al., 2016). Durante os eventos de coleta, as câmaras eram acopladas em bases metálicas com área de $0,2016 \text{ m}^2$ inseridas no solo em uma área previamente delimitada na parcela para aplicação da urina. As coletas ocorreram em intervalos de

15 minutos (0, 15, 30 e 45 minutos), sendo que nos três últimos intervalos, uma bateria foi conectada a um ventilador para homogeneização dos gases no interior da câmara por um período de 10 segundos. As amostras de ar foram transferidas diretamente para frascos evacuados (Exetainer®) e analisadas por cromatografia gasosa. A emissão acumulada de N₂O foi determinada a partir da interpolação linear dos valores diários de emissão de N₂O do solo. Os dados foram submetidos à análise de regressão em função das proporções de nabo.

Resultados e Discussão

As emissões de N₂O foram afetadas pelas proporções de nabo forrageiro, e os tratamentos P100 e P60 reduziram as emissões de N₂O em 31,6% e 17,5% nos primeiros dez dias de avaliação (Figura 1). Nesse intervalo, os fluxos médios foram de 573,39 (P100) e 890,09 $\mu\text{g N-N}_2\text{O m}^2 \text{ h}^{-1}$ (P60), enquanto que os demais tratamentos apresentaram fluxos superiores a 1220 $\mu\text{g N-N}_2\text{O m}^2 \text{ h}^{-1}$. O efeito das proporções de nabo foi observado até o 20º dia após a aplicação da urina, posteriormente as emissões de N₂O foram sendo reduzidas até atingir níveis próximos aos tratamentos controle (aproximadamente 50 dias). Como as condições do solo (conteúdo de água e porosidade) foram semelhantes entre os tratamentos (dados não apresentados), a redução nas emissões de N₂O em manchas de urina pode ser atribuída ao potencial de inibição da nitrificação biológica do nabo forrageiro (Di et al., 2016). Além disso, a redução das emissões de N₂O no P60 pode ser um efeito combinado entre a liberação de metabólitos secundários pelas plantas de nabo e a absorção do N-urina pela aveia preta, reduzindo a disponibilidade de substrato (N) para os processos de nitrificação e desnitrificação (Luo et al., 2018).

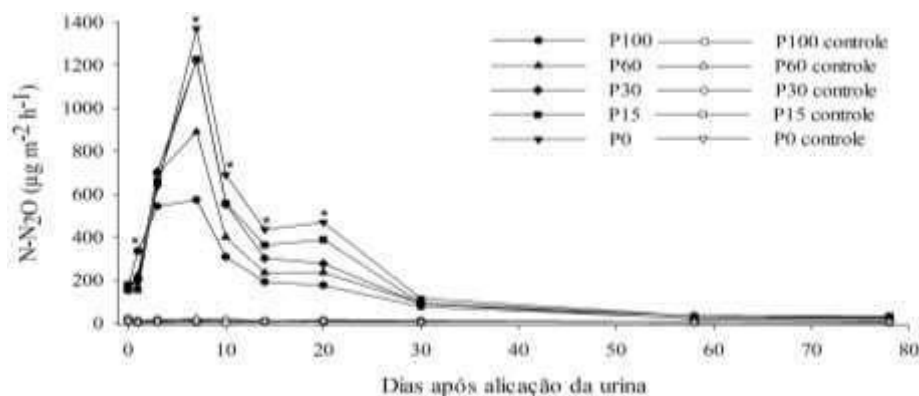


Figura 1. Fluxo de óxido nitroso em manchas de urina bovina sob pastagem de aveia preta contendo proporções de nabo forrageiro de P0 (100% aveia), P15 (15% nabo + 85% aveia), P30 (30% nabo + 70% aveia), P60 (60% nabo + 40% aveia) e P100 (100% nabo). Os ensaios incluíram tratamentos controle sem aplicação de urina. Pinhais-PR, Brasil, 2019.

As emissões acumuladas de N₂O apresentaram redução linear à medida que as proporções de nabo forrageiro aumentaram (Tabela 1). Assim, os tratamentos P100, P60, P30 e P15 apresentaram redução de 47%, 31%, 21% e 14% em comparação ao tratamento P0 (controle). Esse comportamento demonstra que o aumento da população de plantas de nabo favorece a maior produção e liberação de metabólitos secundários pelas raízes, atingindo a máxima eficácia quando o nabo foi cultivado solteiro, onde as emissões foram reduzidas pela metade (Yao et al., 2018).



Tabela 1. Emissão acumulada de óxido nitroso (78 dias) sob pastagem de aveia preta contendo proporções de nabo forrageiro de 0% (P0), 15% (P15), 30% (P30), 60% (P60) e 100% (P100). Pinhais-PR, Brasil, 2019.

	Proporções de Nabo Forrageiro (%)				
	P0	P15	P30	P60	P100
N-N ₂ O (mg m ⁻²)	448,68	385,92	357,38	311,90	238,49

Conclusões

O uso do nabo forrageiro demonstrou ser uma estratégia eficiente para mitigar as emissões de N₂O provenientes da deposição de urina ao solo por bovinos mantidos a pasto. Os consórcios de aveia preta com nabo nas proporções de 60, 40 e 15% demonstraram eficiência em mitigar as emissões de N₂O em 31, 21 e 14% em relação à aveia solteira.

Literatura citada

- BAYER, C.; GOMES, J.; ZANATTA, J.A. et al. Mitigating greenhouse gas emissions from a subtropical Ultisol by using long-term no-tillage in combination with legume cover crops. *Soil Tillage Research*, v.161, p.86-94, 2016.
- BENDING, G.D.; & LINCOLN, S.D. Inhibition of soil nitrifying bacteria communities and their activities by glucosinolate hydrolysis products. *Soil Biology and Biochemistry*, v.32(8-9), p.1261-1269, 2000.
- BOWATTE, S.; HOOGENDOORN, C.J.; NEWTON, P.C.D. et al. Grassland plant species and cultivar effects on nitrous oxide emissions after urine application. *Geoderma*, v.323, p.74-82, 2018.
- DI, H.J.; CAMERON, K.C.; PODOLYAN, A. et al. The potential of using alternative pastures, forage crops and gibberellic acid to mitigate nitrous oxide emissions. *Journal of soils and sediments*, v. 16, n. 9, p. 2252-2262, 2016.
- DI, H.J.; & CCAMERON, K.C. The use of a nitrification inhibitor, dicyandiamide (DCD), to decrease nitrate leaching and nitrous oxide emissions in a simulated grazed and irrigated grassland. *Soil use and management*, v.18(4), p.395-403, 2002.
- LUO, J.; BALVERT, S.F.; WISE, B. et al. Using alternative forage species to reduce emissions of the greenhouse gas nitrous oxide from cattle urine deposited onto soil. *Science of the Total Environment*, v.610–611, p.1271-1280, 2018.
- MINISTÉRIO DA CIÊNCIA TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (MCTI). *Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil, 4ª edição*. Relatório da Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento – SEPED. Governo Federal do Brasil, Brasília, Brazil, 2018.
- SELBIE, D.R.; BUCKTHOUGHT, L.E.; SHEPHERD, M.A. et al. The challenge of the urine patch for managing nitrogen in grazed pasture systems. *Advances in Agronomy*, v.129, p.229-292, 2015.
- STEINFELD, H.; GERBER, P.; WASSENAAR, T. et al. *Livestock's long shadow: environmental issues and options*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2006.
- YAO, B.; DI, H.J, CAMERON, K.C. et al. Understanding the mechanisms for the lower nitrous oxide emissions from fodder beet urine compared with kale urine from dairy cows. *Journal of soils and sediments*, v.18, n.1, p.85-93, 2018.