

FONTES DE NITROGÊNIO E MANEJO DA IRRIGAÇÃO DO ARROZ INFLUENCIAM NO RENDIMENTO DE GRÃOS E NA VOLATILIZAÇÃO DE AMÔNIA

Paula Bianchet¹; Marco Romani²; Eleonora F. Miniotti²; Alisea Seren Rosso³; Luisella Celi³

Palavras-chave: emissões, inibidor de urease, alagamento do solo.

Introdução

A adubação nitrogenada na lavoura de arroz requer cuidados devido as características da cultura, do cultivo e da demanda elevada do nutriente. Dose, tipo de aplicação e fonte de N devem ser considerados para maximizar o resultado produtivo e limitar as perdas no ambiente, sendo que a eficiência da fertilização nitrogenada na lavoura de arroz é baixa e dificilmente superior a 50% (Bianchet, 2012; Miniotti *et al.*, 2016).

Quando se fala da adubação nitrogenada a preocupação é baseada na quantidade de N necessária para atingir altas produtividades, mas não se considera as perdas do nutriente em função da fonte e do manejo. Com a distribuição de N por cobertura ocorre um grande aporte de N ao solo e pode ocorrer a volatilização de amônia, principal perda de N neste sistema. Além da redução da eficiência da prática de manejo, ocorre a transferência da amônia na atmosfera gerando poluição. Na Europa existem várias estratégias que preveem a sustentabilidade dos sistemas produtivos, como Green Deal e Farm to Fork, que usam como exigências a mitigação dos impactos sobre os sistemas produtivos. A redução das emissões de gases poluentes através do manejo da cultura é um exemplo destas mitigações.

A ureia é a fonte de N mais utilizada na rizicultura italiana e brasileira, mesmo sendo responsável por maiores perdas por volatilização de amônia do que o sulfato de amônio (Sommer *et al.*, 2004).

A volatilização da amônia é determinada pela rápida transformação da ureia em amônio, devido a ação das enzimas urease, e ao equilíbrio entre amônio (NH_4^+) e amônia (NH_3) (Sigudarsen *et al.*, 2018). Existem algumas moléculas capazes de bloquearem a atividade da urease, garantindo a entrada da molécula de ureia no solo, através da água da chuva ou da irrigação. Fatores como temperatura, pH do solo e da água de alagamento e o manejo da irrigação interferem neste processo (Knoblauch *et al.*, 2012; Norman *et al.*, 2009), mas estas relações não são bem definidas. O projeto RISOSOST, financiado da Regione Lombardia (Itália), dentro do Programa de Desenvolvimento Rural 2014-2024, previa a identificação das práticas de manejo na mitigação dos impactos na lavoura de arroz. Sendo assim, este trabalho teve como objetivo verificar os efeitos de diversos fertilizantes nitrogenados em lavouras com semeadura à lanço em lâmina de água e semeadura enterrada em solo seco, sobre a volatilização de amônia e produtividade do arroz.

Material e Métodos

Foram realizados 2 experimentos um com semeadura em solo alagado (sementes dispersas à lanço) e outro com semeadura em solo seco, com sementes enterradas. O primeiro experimento foi realizado no Centro de Pesquisa em Arroz do ENTE Nazionale Risi no município de Castello d'Agogna, Lombardia, Itália. O local apresenta clima temperado, com verões quentes, a precipitação em 2024 foi de 1.057 mm, com temperatura média anual de 14,7°C. O solo apresenta textura siltosa, com pH 5,5, com CTC de 10.2 cmol₍₊₎ kg⁻¹. As parcelas eram compostas por 32 quadros de 6,5x6,8 m, com entrada e saída de água individuais com semeadura em solo alagado. O segundo experimento foi realizado em lavoura comercial na Fazenda Braggio, município vizinho, Zeme, Lombardia, Itália. O local apresenta solo mais arenoso e pH 6,5, com as mesmas características climáticas citadas acima. Este experimento contou com 16 parcelas medindo cada 6,5x6,8 m. As parcelas estavam distribuídas dentro da mesma lavoura. A semeadura foi realizada com sementes enterradas.

Os tratamentos eram constituídos por quatro (4) fertilizantes nitrogenados: i) testemunha, sem fertilização, ii) ureia, iii) ureia+inibidor NBPT, iv) sulfato de amônio e duas (2) diferentes condições de irrigação durante a fertilização a) solo alagado e b) solo drenado no momento da adubação.

A semeadura do arroz ocorreu em 22/05/2024 com a cultivar Selênio com uma densidade de 150 kg ha⁻¹. Esta cultivar apresenta ciclo longo (145 dias) e é muito utilizada na Itália. A adubação prevista foi de 120 kg/ha, dividida em duas aplicações, uma aplicação no período de perfilhamento e outra na diferenciação da panícula, sendo aplicado 60 kg/ha em cada momento, e com única aplicação no experimento com semeadura enterrada. Quando a aplicação ocorreu em solo sem lâmina de água, a inundação ocorreu 2 dias após a adubação. O manejo fitossanitário seguiu as recomendações técnicas para a cultura do arroz.

Nos dois experimentos foram avaliados o rendimento de grãos, número de colmos por área, esterilidade, acamamento e a volatilização de amônia.

A quantificação da volatilização de amônia no ambiente rizícola foi através de câmeras estáticas semiabertas, este método utiliza tubos brancos em PVC de diâmetro de 12,5 cm e altura de 65 cm, inseridos no solo até uma profundidade de 15 cm, com o objetivo de isolar uma coluna de solo. O tubo apresentava uma cobertura superior distante do tubo em 5 cm, além disso, as câmeras apresentavam no seu interior duas espumas de poliuretano expandido de densidade 30 kg/m³, impregnadas com 8 ml de solução de H₃PO₄ 0.73 M glicerol 33%, para captura da amônia. Este sistema de monitoramento previa a falta de plantas no interior da câmara, sendo somente o solo e a lâmina de água fontes de emissão e quantificação. A volatilização de NH₃ foi monitorada num período de 15 dias após as operações de adubação, substituindo as espumas inferiores de cada câmara. As extrações e determinações do amônio foram realizadas no laboratório de Química do Solo da UNITO (Università degli Studi di Torino) com agitação e análise em espectrofotômetro de massa.

Os dados obtidos foram avaliados estatisticamente através da análise de variância. Quando alcançada a significância estatística aplicou-se o teste de Bonferroni a 5% de probabilidade para comparação de médias.

Resultados e Discussão

Para o experimento com semeadura em água, a maior produtividade foi alcançada pelo uso do sulfato de amônio, independente da condição do solo no momento da adubação (alagado ou drenado). A ureia, ao contrário, apresentou menor rendimento de grãos nas duas condições do solo, mas somente no solo drenado a adição dos inibidores de urease NBPT permitiram um rendimento de grão comparados ao uso do sulfato de amônio (Tabela 1).

Tabela 1. Resultados agrônômicos do experimento com semeadura em solo alagado, Ente Nazionale Risi (ENR), Castello d'Agnona, Itália, 2024.

		Rendimento de grãos (t ha ⁻¹)		Colmos (n° m ⁻²)	Esterilidade (%)		Acamamento (%)	
Adubação em solo drenado	Testemunha	5.57	d	432 d	8.7	c	0	d
	Ureia	9.57	bc	659 abc	19.2	a	27.5	bc
	Ureia + NBPT	10.12	a	710 a	18.4	ab	66.3	a
	Sulfato amônio	10.23	a	707 ab	18.2	ab	68.8	a
Adubação em solo alagado	Testemunha	5.97	d	490 d	8.9	c	0	d
	Ureia	9.48	c	667 abc	17.6	ab	10	cd
	Ureia + NBPT	9.37	c	603 c	14.9	b	4.5	cd
	Sulfato amônio	9.98	ab	631 bc	17.1	ab	43.8	ab

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente.

Os componentes do rendimento também estão de acordo com os resultados de produção, sendo o número de colmos por área o componente que mais respondeu aos diferentes tratamentos. Devido a uma redução da temperatura no dia 10/09/2024 a esterilidade das espiguetas foi acentuada, não evidenciando os efeitos da adubação nitrogenada distinta. Além da chuva excessiva no final do ciclo que provocou o acamamento das plantas. Se esperava uma diferença ainda maior no caso da utilização do sulfato de amônio e ureia+NBPT aplicados em terreno drenado.

No experimento com semeadura enterrada não houve diferença no rendimento de grãos para as 3 diferentes fontes de N (7,88; 7,88 e 7,91 t/ha respectivamente para ureia, ureia+NBPT e sulfato de amônio), e redução de 1,7 t/ha quando não houve adubação nitrogenada (6,2t/ha). O grande aporte de N em uma única vez (120kg/ha) não contribuiu para a absorção adequada ao longo do ciclo da cultura.

O monitoramento da volatilização permitiu estimar o N perdido para a atmosfera para as condições estudadas durante o desenvolvimento da cultura (Tabela 2).

Tabela 2. Emissão acumulada de NH_3 após a adubação nitrogenada no perfilhamento e na diferenciação do primórdio floral (DPF) nos dois experimentos realizados no ENTE Nazionale Risi (ENR) e Fazenda Braggio, Itália, 2024.

		Emissão acumulada NH_3 perfilhamento ENR (kg N / ha)		Emissão acumulada NH_3 DPF ENR (kg N/ha)		Emissão acumulada NH_3 perfilhamento Braggio (kg N/ha)	
Adubação em solo drenado	Testemunha	0,5	c	1,3	b	0,6	c
	Ureia	4,9	ab	13,5	a	14,2	a
	Ureia + NBPT	1,5	bc	4,9	b	2,0	ab
	Sulfato de amônio	0,9	bc	3,3	b	0,8	bc
Adubação em solo alagado	Testemunha	0,7	c	1,8	b	*	
	Ureia	6,9	a	7,4	ab		
	Ureia + NBPT	6,4	a	8,7	ab		
	Sulfato de amônio	0,8	c	4,2	b		

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente.

Considerando as parcelas conduzidas em semeadura em solo alagado com a adubação no perfilhamento do arroz, a ureia promoveu a maior volatilização de NH_3 , logo após as primeiras horas sucessivas a adubação. No solo drenado a redução ocorreu 7 dias após, com uma perda de 5 kg N/ha correspondente a 8,5% do N aplicado. Com o solo alagado a volatilização mais prolongada no tempo, chegando a 6 kg de N/ha ou 12% do N aplicado. A presença do inibidor de urease proporcionou uma redução da volatilização, mas somente em solo drenado, onde o oxigênio permite a ativação do inibidor. Com a adubação em solo submerso o efeito do inibidor desaparece, em função da falta de oxigênio para ativação do NBPT, causando perdas de NH_3 similares a ureia sem inibidor. Com este resultado podemos perceber o quanto é crucial o manejo da água nas perdas de N na cultura do arroz.

Para a adubação no momento da diferenciação da panícula, a aplicação de N em solo drenado, quando a fonte foi a ureia, a volatilização causou perdas de 14 Kg/ha, o que representa 23% do N aplicado. Novamente a volatilização foi atenuada pelas condições de alagamento posterior a aplicação de N e pela presença do inibidor, promovendo perdas inferiores a 6 kg de N/ha. Outro aspecto importante é que as perdas foram maiores neste momento em relação a primeira aplicação, possivelmente devido as maiores temperaturas registradas na diferenciação da panícula (dados não apresentados). Além disso, as maiores perdas podem estar relacionadas ao aumento do pH (dados não apresentados) em função do período prolongado de alagamento.

A ausência de plantas no interior da câmara também pode superestimar os valores de perdas. Em condições de campo, a cobertura do solo pela cultura e a absorção via sistema radicular do N, podem atenuar as perdas por volatilização.

No experimento com semeadura em solo seco e sementes enterradas, onde a adubação foi realizada em uma única aplicação, a ureia promoveu perdas de NH_3 de 14 kg/ha, representando 12% do N aplicado, e a presença do inibidor de urease promoveu uma redução considerável (< 2kg de N/ha) com emissões comparáveis ao sulfato de amônio. Porém, as perdas são maiores do que na semeadura em água, devido ao maior pH e da textura mais arenosa.

Conclusões

A volatilização de amônia no ambiente rizícola é fortemente influenciado pelo manejo da água.

O alagamento do solo logo após a aplicação de N reduz as perdas por volatilização de amônia.

A ureia, a fonte de N mais usada na rizicultura, é a fonte que mais promove volatilização comparada com sulfato de amônio.

A presença do inibidor de urease NBPT melhora as condições agroambientais da ureia quando aplicada em solo não submerso.

Agradecimentos

Agradecimento a Regione Lombardia pelo financiamento desta pesquisa através do Projeto RISOSOST.

Agradecimento ao IFRS pela concessão de licença capacitação à autora, período no qual esta pesquisa foi desenvolvida.

Referências

- BIANCHET, P. Disponibilidade de N ao arroz irrigado em função da inoculação de bactérias promotoras de crescimento e do manejo dos resíduos culturais. 2012. 118p. Tese de doutorado. UDESC – Universidade do Estado de Santa Catarina.
- KNOBLAUCH, R., et al. Volatilização de amônia em solos alagados influenciada pela forma de aplicação de ureia. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 36:813-821, 2012.
- MINIOTTI E.F., et al. Agro-environmental sustainability of different water management practices in temperate rice agro-ecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 222:235-248. 2016.
- Norman RJ, et al. Nitrogen Fertilizer Sources and Timing Before Flooding Dry-Seeded, Delayed-Flood Rice. *Soil Science Society of America Journal* 73 (6):2184-2190. 2009.
- SIGURDARSON J.J., SVANE S., KARRING H. The molecular processes of urea hydrolysis in relation to ammonia emissions from agriculture. *Rev Environ Sci Biotechnol* 17:241–258. 2018.
- SOMMER S.G., SCHJOERRINGJ. K., DENMEAD O.T. Ammonia emission from mineral fertilizers and fertilized crops. *Advances in Agronomy*, vol.82:557-622. 2004.