

EFICIÊNCIA DO USO DE FERTILIZANTES ESTABILIZADOS EM MILHO

Isadora Rodrigues Jaeger¹; Paulo Regis Ferreira da Silva²; Laís Corrêa Miozzo³; Silmara Correia da Luz⁴; Andrei Marafon⁵ e Natan Henrique Ferrari Pagliarini⁶.

¹ Estudante de graduação, UFRGS/FA; Porto Alegre, RS, bolsista CNPQ: isa.jaeger@gmail.com. ² Docente convidado; UFRGS/FA, Consultor Técnico do Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA) e Pesquisador CNPQ: paulo.silva@ufrgs.br³ Estudante de pós-graduação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); Faculdade de Agronomia (FA). Porto Alegre, RS, bolsista CAPES: laismiozzo@gmail.com; ⁴ Estudante de pós-graduação, UFRGS/FA; Porto Alegre, RS, bolsista CNPQ: andrei.marafon@gmail.com. ⁵ Estudante de pós-graduação, UFRGS/FA; Porto Alegre, RS, bolsista CNPQ: silcorreia@gmail.com; ⁶ Engº Agrônomo Mestre em Fitotecnia, UFRGS/FA; Porto Alegre, RS, natanpagliarini@hotmail.com

RESUMO: Dentre as maneiras de reduzir as perdas de nitrogênio (N) está o uso de fontes estabilizadas, como os inibidores de urease e de nitrificação. O objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência agrônômica de uso de fertilizantes nitrogenados estabilizados aplicados em cobertura no milho irrigado.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, dispostos em fatorial 4 X 3, com quatro repetições. O experimento foi composto de dois fatores, sendo quatro fontes de fertilizantes nitrogenados em cobertura (ureia comum (UC), ureia com inibidor de urease (UIU), ureia com inibidor de nitrificação (UIN) e ureia combinada com os dois inibidores (UIU+UIN) e três doses de nitrogênio em cobertura (50, 120 e 270 kg ha⁻¹). Uma testemunha sem aplicação de N no milho foi incluída. O híbrido regente foi o AG 9025, com tecnologia PRO3.

A resposta do rendimento de grãos de milho a fontes de N dependeu da dose de N aplicada em cobertura. Na dose mais baixa de N (50 kg ha⁻¹), a fonte de N não influenciou o rendimento de grãos. No entanto, na dose intermediária (120 kg ha⁻¹), a aplicação da ureia com inibidor da urease aumentou o rendimento de grãos em 20,5 % (1,85 Mg ha⁻¹) em relação à ureia comum. Já na dose mais alta de N (270 kg ha⁻¹), o uso associado dos dois inibidores, o da urease e o da nitrificação, resultou em aumento de 24,2 % (2,68 Mg ha⁻¹) no rendimento de grãos em relação à ureia comum.

Termos de indexação: *Zea mays*, inibidor de urease, inibidor de nitrificação.

Introdução

Uma das práticas de manejo fundamentais para se atingir altas produtividades de grãos na cultura do milho é a adubação nitrogenada. O nitrogênio (N) apresenta uma dinâmica complexa no solo, sendo muito influenciado pelas condições do ambiente, pelas fontes de adubo, doses e formas de

aplicação. Essa complexidade deve-se às inúmeras transformações do N no solo, potencializadas pela ação de microrganismos e condições ambientais. Devido a esses fatores, incrementar a eficiência de adubos nitrogenados torna-se importante, a fim de reduzir impactos ambientais, aumentar as produtividades e reduzir custos de produção.

A fonte de N mais utilizada no Brasil é a amídica (ureia), devido ao alto teor de N (45%) e ao menor custo por unidade de nutriente aplicado. Entretanto, a eficiência de uso da ureia é muito baixa, em torno de 50 % (Saiz-Fernandes et al., 2015), pois apenas parte do N aplicado é absorvido pelas plantas. O restante é perdido no sistema solo-planta-atmosfera pelos processos de volatilização, lixiviação e desnitrificação. Essas perdas podem ser minimizadas pela correta utilização da forma, dose, época e fonte de N (Meira, 2006).

Dentre as maneiras de reduzir as perdas está o uso de fontes de N estabilizado, como os inibidores de urease e de nitrificação. Os inibidores de urease apresentam grande potencial, já que reduzem as perdas de N por volatilização de amônia. Destacam-se em sistemas em que o manejo não permite a incorporação do adubo nitrogenado, como o plantio direto (Cantarella et al., 2008). Com isso, há mais tempo para que o fertilizante seja incorporado ao solo pela precipitação pluvial ou irrigação. Já os inibidores de nitrificação atuam na primeira fase da nitrificação, controlada pelas bactérias do gênero *Nitrossomonas*. Estas retardam a oxidação do amônio a nitrito por determinado período de tempo. Com isso, a segunda etapa, controlada por bactérias do gênero *Nitrobacter* não ocorre, devido à falta de nitrito no processo. Esse inibidor é importante para auxiliar na redução de perdas de N por lixiviação, devido a menor disponibilidade de nitrato no sistema, que é mais suscetível a perdas no perfil do solo.

O objetivo do trabalho foi avaliar, em condições de campo, a eficiência agrônômica de dois

fertilizantes nitrogenados estabilizados, com inibidores da urease e da nitrificação, aplicados em cobertura no milho irrigado.

Material e métodos

A pesquisa foi conduzida a campo no ano agrícola 2015/16, na Estação Experimental Agronômica, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA-UFRGS), no município de Eldorado do Sul, região ecoclimática da Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul. O solo é caracterizado como Argissolo Vermelho Distrófico típico (Streck, 2008). A área experimental está sendo conduzida em sistema de semeadura direta há 26 anos, com rotação milho/soja no verão e aveia branca no outono-inverno.

Tratamentos e amostragens

O experimento foi composto por dois fatores, sendo quatro fontes de fertilizantes nitrogenados em cobertura (ureia comum (UC), ureia com inibidor de urease (UIU), ureia com inibidor de nitrificação (UIN) e ureia combinada com os dois inibidores (UIU+UIN)) e três doses de nitrogênio aplicado em cobertura (50, 120 e 270 kg ha⁻¹). Uma testemunha sem aplicação de N no milho foi incluída.

Realizou-se uma primeira adubação de cobertura de 30 kg ha⁻¹ de N no estádio V₄, da escala de Ritchie et al. (1993), uniformemente em todos os tratamentos, exceto na testemunha sem aplicação de N em cobertura. A aplicação das diferentes fontes de N foi realizada no estádio V₇, de acordo com a escala de Ritchie et al. (1993). Para estimular maiores perdas por lixiviação foi realizada uma irrigação de 65 mm, aos 15 dias após a adubação em cobertura. Além disso, ocorreu uma precipitação de 15 mm, totalizando 83 mm durante esse período. O ano de realização do experimento foi um ano de "El Niño", em que foram observadas precipitações acima da média climatológica da região.

A semeadura do milho foi realizada no dia 01 de setembro de 2015, em sistema de semeadura direta, com aveia branca (*Avena sativa*) como cobertura de outono-inverno. O genótipo utilizado foi o híbrido simples AG 9025 PRO3, de ciclo precoce, e com eventos Bt e RR. A densidade final de plantas foi de 8,0 pl m⁻² e o espaçamento entrelinhas de 0,5 m. A adubação na semeadura foi de 30, 180 e 90 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente. O milho foi irrigado por aspersão sempre que a umidade volumétrica no solo atingia

18 m³ m⁻³ pela leitura realizada no equipamento Hidrofarm.

As determinações realizadas foram: quantidade de N acumulado por hectare na parte aérea da planta no espigamento, senescência foliar avaliada no estádio R₄, rendimento de grãos, estimado em uma área útil de 13,0 m², e eficiência agrônômica de uso do N (EAN). A EAN foi calculada conforme metodologia proposta por Baligar et al. (1990) pela fórmula:

$$EAN = (RF - RNF) / QNA$$
 Onde RF é o rendimento de grãos dos tratamentos com adubação nitrogenada (kg ha⁻¹), RNF é o rendimento de grãos do tratamento sem adubação nitrogenada (kg ha⁻¹) e QNA é a quantidade de N aplicada em cobertura (kg ha⁻¹).

Delineamento e análise estatística

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, dispostos em fatorial 4 X 3, com quatro repetições.

Para a análise de variância foi considerada a significância de p ≤ 0,05 para os efeitos principais e de p ≤ 0,20 para as interações, segundo descrito por Perecin e Filho (2008). Quando significativo, foi realizada a comparação de médias pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05).

Resultados e discussão

Para as variáveis quantidade de nitrogênio acumulado por hectare na parte aérea da planta no espigamento, porcentagem de senescência foliar e rendimento de grãos houve interação de fontes e doses de N.

Nas doses de 120 e 270 kg ha⁻¹ de N, a quantidade de N acumulada na parte aérea no espigamento não variou em função de fontes de N (Tabela 1). No entanto, na menor dose de N (50 kg ha⁻¹), observou-se menor quantidade de N acumulada com a aplicação conjunta dos inibidores da urease e da nitrificação. A quantidade de N acumulada aumentou com o incremento da dose de N aplicada, independentemente da fonte de N.

A porcentagem de senescência foliar não variou em função de fontes de N na menor dose de N (50 kg ha⁻¹). No entanto, na dose de 120 kg de N ha⁻¹, a aplicação da ureia com o inibidor de urease resultou em menor senescência em relação às demais fontes. Já na maior dose (270 kg ha⁻¹), os tratamentos com inibidor de urease e com os inibidores da urease e da nitrificação associados

apresentaram menor percentagem de senescência em relação à ureia comum e à ureia com inibidor da nitrificação. (Tabela 1). A menor senescência foliar com a aplicação da ureia com inibidor da urease deveu-se às menores perdas por volatilização de amônia. Com isso, há maior disponibilidade de N para a planta absorver, havendo menor necessidade de remobilização desse nutriente das folhas mais velhas para as mais novas. Independentemente de fonte de N, a senescência foliar diminuiu à medida que aumentou a dose de N aplicada em cobertura no milho.

Para rendimento de grãos houve resposta a fontes de N apenas com a aplicação das doses de 120 e 270 kg ha⁻¹ de N (Tabela 1). Na dose intermediária (120 kg ha⁻¹ de N), a aplicação da ureia com inibidor da urease aumentou o rendimento de grãos em 20,5 % (1,85 Mg ha⁻¹) em relação à ureia comum. Nessa dose, a aplicação da ureia com inibidor da nitrificação não resultou em aumento do rendimento em relação à ureia comum. Já na maior dose aplicada (270 kg ha⁻¹ de N), obteve-se o maior rendimento de grãos com a aplicação conjunta dos dois inibidores, o da urease e o da nitrificação. Em relação à ureia comum, o aumento de rendimento foi de 24,2 % (2,68 Mg ha⁻¹).

Para eficiência agrônômica de uso do N (EAN) foram significativos os efeitos principais de fontes e de doses de N aplicada em cobertura. Com a aplicação da ureia com inibidor da urease, a EAN foi 18 % superior à obtida com a aplicação da ureia comum (Tabela 2). A aplicação da ureia com inibidor da nitrificação resultou em EAN similar à obtida com ureia comum. A EAN diminuiu à medida que aumentou a dose de N aplicada em cobertura, na média de fontes de N, sendo de 131, 54 e 33, respectivamente com as aplicações das doses de 50, 120 e 270 kg ha⁻¹ de N.

Conclusões

A resposta do rendimento de grãos de milho a fontes de N depende da dose de N aplicada em cobertura. Na dose intermediária (120 kg ha⁻¹), a aplicação da ureia com inibidor da urease é mais eficiente em relação à ureia comum. Já na dose mais alta (270 kg ha⁻¹), as maiores respostas são obtidas com o uso associado dos dois inibidores, o da urease e o da nitrificação.

A aplicação da ureia com inibidor da urease aumenta a eficiência agrônômica de uso do nitrogênio em milho em relação à ureia comum, independentemente de dose de N aplicada.

Referências

BALIGAR, V. C.; DUNCAN, R. R.; Fageria, N, K. Soil-plant interaction on nutrient efficiency in plants: an overview. In Baligar, R. V.; Duncan, R. R. (Ed.). **Crops as enhancers of nutrient use**. San Diego: Academic, 1990. p. 351-373.

CANTARELLA, H.; MARCELINO, R. Fontes alternativas de nitrogênio para a cultura do milho. In: FANCELLI, A.L. (ed). **Milho - Nutrição e Adubação**. Piracicaba, FEALQ, p.36-55, 2008.

LARA CABEZAS, W. A. R.; TRIVELIN, P. C. O.; KORNDORFER, G. H.; PEREIRA, S. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluida de cobertura na cultura de milho, em sistema de plantio direto no Triângulo Mineiro (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.363-376, 2000.

MEIRA, F.A. Fontes e modos de aplicação do nitrogênio na cultura do milho. 2006. 46f. **(Tese de Doutorado em Agronomia)** – Faculdade e Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2006.

MENEZES, B. G. **Estratégias de manejo para minimizar perdas de N por volatilização e aumentar o rendimento de grãos de milho irrigado**. 2015. 75 f. 14 Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

PERECIN, D. & CARGNELUTTI FILHO, A. Efeitos por comparações e por experimento em interações de experimentos fatoriais. **Ciencia e Agrotecnologia**, v. 32, n. 1, p. 68-72, 2008.

RITCHIE, S.W. & HANWAY, J. J. **How a corn plant develops?** Iowa State University. Special Report n. 48, Ames, 1993. Disponível em www.maize.agron.iastate.edu/corngrows.html. Acesso em 15 de agosto de 2014.

SAIZ-FERNÁNDEZ, I. et al. High nitrate supply reduces growth in maize, from cell to whole plant.

Journal of Plant Physiology, New York, v.173, n.1,
p.120-129, 2015.

Tabela 1. N acumulado na parte aérea no espigamento, senescência foliar no estágio R₄ e rendimento de grãos de milho em função da aplicação de doses e fontes de nitrogênio em cobertura no milho irrigado, Eldorado do Sul-RS, 2015/16.

¹ Fonte de N	Dose de N (kg ha ⁻¹)			² CV (%)
	50	120	270	
N acumulado – kg ha ⁻¹				
UC	³ A 147 b	A 113 b	A 200 a	23,21
UIU	AB 126 b	A 158 ab	A 202 a	
UIN	AB 129 b	A 122 b	A 196 a	
UIU+UIN	B 97 b	A 145 b	A 235 a	
Senescência foliar (%)				
UC	A 52 a	A 49 a	B 40 b	6,92
UIU	A 54 a	B 41 b	C 32 c	
UIN	A 55 a	A 46 b	A 46 b	
UIU+UIN	A 53 a	A 46 b	C 30 c	
Rendimento de grãos (Mg ha ⁻¹)				
UC	A9,20 b	B9,01b	B11,06a	8,56
UIU	A10,05b	A10,86ab	AB12,27a	
UIN	A9,54b	B8,36b	B11,53a	
UIU+UIN	A9,90b	AB9,96b	A13,74a	

¹UC: ureia comum; UIN: ureia com inibidor da nitrificação; UIU: ureia com inibidor da urease e UIU+ UIN: ureia com inibidor da urease e da nitrificação; ²Coefficiente de variação. ³Letras maiúsculas na coluna comparam fontes de N dentro de cada dose e letras minúsculas na linha comparam doses de N dentro de cada fonte, pelo teste de Tukey (p<0,05). (Rendimento de grãos da testemunha, sem aplicação de N em cobertura: 3,11 Mg ha⁻¹).

Tabela 2. Eficiência agrônômica de uso do N (EAN) em função de fontes de N aplicadas em cobertura no milho irrigado, na média de doses de N. Eldorado do Sul-RS, 2015/16.

¹ Fonte	⁴ EAN (kg kg ⁻¹)
UC	67 C
UIU	79 A
UIN	68 BC
UIU+UIN	77 AB
² CV (%)	16,82

¹UC: ureia comum; UIN: ureia com inibidor da nitrificação; UIU: ureia com inibidor da urease e UIU+ UIN: ureia com inibidor da urease e da nitrificação ²Coefficiente de variação. ³Letras diferem pelo teste de Tukey (p<0,05.) ⁴ Quilogramas de grãos de milho produzidos por quilograma de N aplicado.