

## Fontes de Liberação Lenta Como Alternativa Para Aumentar a Eficiência de Uso do Nitrogênio e o Rendimento de Grãos do Milho

Murilo Renan Mota<sup>1</sup>, Luis Sangoi<sup>2</sup>, Amauri Schmitt<sup>3</sup>, Jefferson Vieira<sup>4</sup>, Lígia Maria Marashi Silva<sup>5</sup>, Diego Eduardo Schenatto<sup>6</sup>, Willian Giordani<sup>7</sup>, Cristian Majolo Boniatti<sup>8</sup> e Gustavo Cardoso Machado<sup>9</sup>

<sup>1</sup> Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC, [mure\\_mota@hotmail.com](mailto:mure_mota@hotmail.com), <sup>2</sup>[a2ls@cav.udesc.br](mailto:a2ls@cav.udesc.br),  
<sup>3</sup>[amauri.schmitt@agronomo.eng.br](mailto:amauri.schmitt@agronomo.eng.br), <sup>4</sup>[jefferson.vieira05@hotmail.com](mailto:jefferson.vieira05@hotmail.com), <sup>5</sup>[ligiamaraschi@hotmail.com](mailto:ligiamaraschi@hotmail.com),  
<sup>6</sup>[d.schenatto@yahoo.com.br](mailto:d.schenatto@yahoo.com.br), <sup>7</sup>[giordani.willian@yahoo.com.br](mailto:giordani.willian@yahoo.com.br), <sup>8</sup>[cristianboniatti@yahoo.com.br](mailto:cristianboniatti@yahoo.com.br),  
<sup>9</sup>[gustavo\\_mcardoso@hotmail.com](mailto:gustavo_mcardoso@hotmail.com)

**RESUMO** – A eficiência da adubação nitrogenada na cultura do milho esbarra na instabilidade ambiental do nutriente. Novos produtos no mercado objetivam promover uma liberação lenta e gradual do N no solo evitando perdas por volatilização da amônia ( $\text{NH}^{3+}$ ) e lixiviação do nitrato ( $\text{NO}^{3-}$ ). Este trabalho objetivou avaliar o efeito de diferentes fontes e doses de fertilizantes nitrogenados minerais sobre a eficiência de uso do nitrogênio e características agrônômicas do milho. O trabalho foi conduzido em Lages, SC. Foram avaliadas quatro fontes de nitrogênio mineral (nitrato de amônio; ureia comum; ureia com inibidor da enzima urease e ureia com inibidor da nitrificação do amônio), combinados com as doses de 0%, 25%; 50% e 100% da quantidade recomendada para obtenção de 18.000 kg  $\text{ha}^{-1}$  de grãos. Foram avaliados rendimento de grãos e a eficiência do uso do nitrogênio (EUN) pela cultura. Não foram encontradas diferenças significativas entre as fontes para todas as características avaliadas. Houve diferença significativa entre as doses de nitrogênio. O rendimento de grãos aumentou linearmente de 8.256 kg  $\text{ha}^{-1}$  (dose zero) para 16554 kg  $\text{ha}^{-1}$  (dose 100%). A máxima EUN foi verificada na dose de 25%, decaindo progressivamente até dose 100%.

Palavras-chave: *Zea mays* L., nitrificação, nitrato, amônia, urease.

### Introdução

A cultura do milho apresenta um elevado potencial de rendimento. Porém as baixas produtividades alcançadas no Brasil, oscilando entre 4.000 e 4.500 kg  $\text{ha}^{-1}$  (CONAB, 2011) demonstram que existe espaço para elevação desse patamar. O nitrogênio é o nutriente que mais afeta a produtividade das poaceas, sendo aplicado em grande quantidade na cultura do milho. Porém este nutriente apresenta alta instabilidade no ambiente, possuindo um grande potencial de perdas, principalmente por volatilização da amônia ( $\text{NH}^{3+}$ ) e por lixiviação do nitrato ( $\text{NO}^{3-}$ ).

A uréia é a principal fonte nitrogenada empregada na cultura do milho no Brasil, devido a sua concentração elevada de N no grânulo (45%). A eficácia da adubação nitrogenada a partir da uréia depende de condições favoráveis do ambiente. A ocorrência de estiagem prolongada promove a volatilização de  $\text{NH}^{3+}$  para a atmosfera, a qual, dependendo das condições de solo e do método de aplicação do fertilizante, pode acarretar perdas

significativas. Por outro lado, a ocorrência de grandes intensidades de chuva logo após aplicação acaba por determinar a perda de N em profundidade no perfil do solo por lixiviação do  $\text{NO}_3^-$ .

Dentro desse contexto, surge a possibilidade de usar tecnologias que reduzam as perdas, a partir do uso de inibidores da enzima urease, importantes quando as condições são favoráveis à volatilização, e de inibidores da nitrificação do amônio, importantes quando o ambiente é propício a perdas por lixiviação. Assim, as fontes de liberação lenta de nitrogênio podem tornar a disponibilidade do nutriente à cultura menos dependente de condições ambientais favoráveis após a aplicação e com menor potencial poluidor.

Visando a maior eficiência da adubação nitrogenada têm sido empregados mecanismos diversos de liberação lenta de nitrogênio na uréia, sendo que os polímeros com inibidores da ação da enzima urease buscam manter o N por um maior período de tempo na forma amídica, reduzindo as perdas por volatilização da amônia. Outro método empregado é o uso de polímeros para inibição da nitrificação do amônio. A nitrificação não é desejável, pois o nitrato apresenta carga negativa, assim como ocorre predominantemente na maioria dos solos brasileiros, por isso o N se perde por lixiviação do nitrato.

Tasca (2009), analisando a eficiência do inibidor da urease sobre a volatilização da amônia, em relação à ureia convencional, obteve dados que mostram que a ureia com inibidor de urease retarda os picos de volatilização de  $\text{NH}_3^+$ , em relação à ureia convencional.

O revestimento de ureia por polímeros pode promover maior estabilidade do fertilizante no solo. Miyazawa & Tiski (2011) observaram elevação do teor de  $\text{N-NH}_4^+$  quando se utilizou a uréia revestida por polímeros, com inibidores da nitrificação do amônio, em comparação ao solo adubado com uréia sem revestimento. Dessa forma, pode-se obter eficiência na redução das perdas de nitrogênio por lixiviação pela redução no teor de nitrato no solo, favorecendo a elevação dos teores de amônio, mais estável e menos propenso a perdas de nitrogênio por lixiviação.

Este trabalho foi conduzido objetivando avaliar efeito de diferentes fontes e doses de fertilizantes nitrogenados minerais sobre a eficiência de uso do nitrogênio e características agronômicas do milho.

### **Material e Métodos**

O experimento foi conduzido a campo, durante a safra 2011/2012, no município de Lages, SC. A área experimental foi adubada de acordo com a análise prévia do solo, conforme a recomendação oficial da Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC, visando à produtividade de  $18000 \text{ kg ha}^{-1}$ . As doses de fósforo (P) e potássio (K) foram aplicadas em

sua totalidade por ocasião de semeadura, juntamente com 30 kg ha<sup>-1</sup> de N. O restante da quantidade de nitrogênio prevista em cada tratamento foi aplicado em cobertura em dose única, quando as plantas se encontravam com oito folhas expandidas.

O ensaio foi conduzido no delineamento de blocos casualizados, dispostos em parcelas sub-divididas. Na parcela principal foram avaliadas quatro fontes de nitrogênio mineral (nitrato de amônio, ureia comum, ureia com inibidor da enzima urease e ureia com inibidor da nitrificação do amônio). Para cada uma das fontes foram testadas, nas sub-parcelas, as doses em cobertura equivalentes a 0%, 25%; 50% e 100% da quantidade recomendada para obtenção de 18.000 kg ha<sup>-1</sup> de grãos. Foram usadas quatro repetições por tratamento, totalizando 64 parcelas. O experimento foi implantado em 31 de outubro de 2011, no sistema de semeadura direta sobre uma cobertura morta de aveia preta. O híbrido utilizado foi o P30R50H, semeado na densidade de 90.000 pl ha<sup>-1</sup> e espaçamento entre linhas de 70 cm.

A colheita foi efetivada no dia 27 de abril de 2012, quando as folhas estavam totalmente senescidas e os grãos apresentavam de 18 a 22% de umidade. Após a colheita determinaram-se o rendimento de grãos e os componentes do rendimento (número de grãos m<sup>-2</sup>; massa de grãos; número de grãos por espiga e número de espigas por planta). Estimou-se também a eficiência agrônômica do nitrogênio para as diferentes fontes, expressa a partir da relação entre kg de grãos produzidos dividido por kg de nitrogênio total aplicado.

Os resultados das avaliações foram submetidos à análise de variância pelo teste F. Os valores de F para os efeitos principais e interações foram considerados significativos ao nível de significância de 5% (P<0.05). Quando alcançada significância estatística, as médias foram comparadas entre si utilizando-se o teste de Tuckey para o fator qualitativo (fontes) e análise de regressão para o fator quantitativo (dose).

### **Resultados e Discussão**

As características agrônômicas rendimento de grãos, o número de grãos m<sup>-2</sup>, massa de grãos e número de grãos por espiga foram significativamente influenciados pelo incremento das doses de adubação nitrogenada em cobertura. De todas as variáveis avaliadas, apenas o número de espigas por planta não respondeu ao incremento das doses de N. Não houve efeito da fonte de N sobre o rendimento de grãos e componentes do rendimento.

O rendimento de grãos aumentou linearmente de 8.026 kg ha<sup>-1</sup> na dose 0 para 16.565 kg ha<sup>-1</sup>, no nível de adubação de 100% da dose recomendada para alcançar 18.000 kg ha<sup>-1</sup>, equivalente a 280 kg de N (Figura 1). Isto representou um incremento de 106,4 % na produtividade de grãos com o emprego da dose 100%, em contraste à dose 0. As doses 25% e

50% apresentaram elevação de 41,4% com 11349 kg ha<sup>-1</sup> e 69,9% com 13639 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, em relação à dose 0 em cobertura. A elevação das doses de 25% para 50% e de 50% para 100% promoveram ganhos de 20,1% e 21,4% respectivamente. Na comparação entre 25% e 100% das doses de N em cobertura se constatou incremento de 45,9%. A resposta do rendimento médio de grãos ao incremento das doses de N aplicado pode ter sido afetada pela imobilização de N promovida pela palhada de aveia preta da área experimental. Por apresentar elevada relação C/N, a decomposição da palhada de aveia preta pode imobilizar temporariamente frações do N mineral, diminuindo o suprimento do nutriente à cultura. Este fator tem menor influência à medida que se elevam as doses de adubação nitrogenada, com maior quantidade de N disponível para microorganismos do solo e para a cultura.

Os componentes do rendimento número de grãos m<sup>2</sup>, massa de grãos e número de grãos por espiga apresentaram comportamento semelhante ao do rendimento frente ao incremento da dose de N, apresentando aumento de 41,2 %, 17% e 39,9%, respectivamente, com o incremento da dose de 0 a 100%. Perin & Reis Jr. (2011) também verificaram elevação de 5,5% na massa de 1000 grãos em função adubação nitrogenada na cultura do milho.

Para eficiência do uso do nitrogênio também não houve diferença estatística entre as fontes testadas, porém houve entre as doses (Figura 2). Os maiores valores de EUN para a cultura do milho foram observados na dose de 25%, equivalente a 70 kg de N, com 162,1 kg de grãos por kg de N aplicado. A elevação da dose para 50% ou seja, 140 kg de N, promoveu uma redução de 39,8 % na EUN, com 97,4 kg de grãos/ kg de N. Essa tendência foi confirmada e acentuada com a verificação dos dados da dose 100% (280 kg de N), onde a EUN foi de 59,2 kg de grãos/ kg de N aplicado. Nessa dose se verificou redução de 39,3 % e 63,5% em relação às doses 50% e 25%. Júnior et al. (2011), testando eficiência de fonte de adubação nitrogenada com polímeros para liberação lenta de nitrogênio, na redução de perdas de N na forma de nitrato, também verificaram redução na EUN na com o aumento da dose aplicada, em sintonia com a lei dos rendimentos decrescentes.

A ausência de resposta no rendimento de grãos e componentes do rendimento para o fator fontes de adubação nitrogenada pode ser explicada pelas condições ambientais desfavoráveis para perdas acentuadas de N por volatilização da amônia e lixiviação do nitrato.

A umidade e temperatura do solo podem influenciar as perdas de N por volatilização da amônia. Tasca (2008), avaliando as perdas de N por volatilização amônia para duas fontes, ureia comum e ureia com inibidor da urease, verificou grande aumento da volatilização de amônia com o aumento da temperatura de 18°C para 35°C, sendo que quanto mais elevada a temperatura do ambiente, maior a perda de N por volatilização de amônia.

O mesmo autor avaliou a influência da umidade do solo sobre a volatilização da amônia, verificando que as perdas de N por volatilização foram reduzidas pela condição de baixa umidade do solo por ocasião da adubação de cobertura. O solo seco (0% umidade) promoveu menores perdas de N do que as demais umidades avaliadas. O autor também verificou neste trabalho que as máximas perdas diárias onde foi aplicada uréia ocorreram entre quatro e seis dias após a aplicação do fertilizante, enquanto que para a uréia com inibidor de urease isto ocorreu aos seis dias, havendo, portanto, um pequeno atraso no pico de volatilização deste adubo.

A análise dos dados meteorológicos da região onde foi implantado o experimento apresentou para o mês de dezembro temperaturas médias amenas. No dia 02/12, data da adubação em cobertura, a temperatura média foi de 17,8 °C, com variação máxima de 2,9 °C, para 20,7°C, seis dias após a adubação de cobertura. Isto indica que as temperaturas registradas foram pouco propícias para a volatilização da amônia.

Em relação à umidade do solo, os dados apontam a ocorrência de precipitação de 1,6 mm apenas para o quarto dia após a aplicação do adubo nitrogenado em cobertura. Nessa condição, a baixa umidade do solo pode ter colaborado para minimizar as perdas de amônia por volatilização.

A ocorrência de precipitações ao 4°, 5°, 6° e 7° dias após a aplicação da adubação podem ter promovido a incorporação do N ao solo, reduzindo as possibilidades de perdas de N por volatilização da amônia, considerando que os picos de volatilização ocorrem a partir do 3° dia após a aplicação da uréia em cobertura, sendo as perdas máximas do 3° ao 7° dias.

Anos que apresentam precipitação pluviométrica bem distribuída, como demonstram os dados meteorológicos para a região de implantação do experimento, não são tão preocupantes em relação à perda de N por lixiviação de nitrato. Em condições onde o pH do solo é baixo e o fertilizante nitrogenado é aplicado sobre a superfície do solo ocorre retardamento da lixiviação de nitrato, facilitando absorção de nitrogênio pelas plantas (ERNANI, 2008).

Esse conjunto de fatores pode explicar o desempenho semelhante apresentado para as diferentes fontes de N, principalmente considerando o elevado patamar de produtividade alcançado com a dose 100% (16.565 kg ha<sup>-1</sup>). Este valor demonstra o excelente desempenho agrônomico do milho, corroborando a hipótese de que, independentemente da fonte, as perdas de N por lixiviação de nitrato ou volatilização de amônia não foram relevantes a ponto de prejudicar o desenvolvimento da cultura.

### **Conclusões**

Não houve diferença estatística entre as fontes testadas para características agrônomicas da cultura do milho e para EUN, nas condições do experimento.

A elevação das doses de N aumenta o rendimento de grãos na cultura do milho, porém promove redução da EUN pela cultura.

### **Literatura Citada**

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Sociedade brasileira de ciências do solo. 10. ed. Porto Alegre, 2004. 400p.

ERNANI, P.R. Química do solo e disponibilidade de nutrientes. Lages: Graphel, 2008. 230 p.

EPAGRI/CIRAM/INMET. Dados meteorológicos de precipitação e temperaturas para o período 10/2010 a 04/2012.

FONTOURA, S. M. V.; BAYER, C. Manejo e fertilidade de solos em plantio direto. Guarapuava – PR: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2006. 218 p

JÚNIOR, L. A. Z.; DALCHIAVON, F.; ZAGOTTO, R. G.; SANTOS. C. Eficiência agronômica do revestimento da uréia com polímero aplicada e cobertura na cultura do milho. Resumo expandido. XXXII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Uberlândia – MG. 2011.

KNOBLAUCH, R. Dinâmica do Nitrogênio em solos alagados destinados ao cultivo de arroz irrigado. Tese. (Doutorado em Manejo de Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Lages: UDESC. 2011.

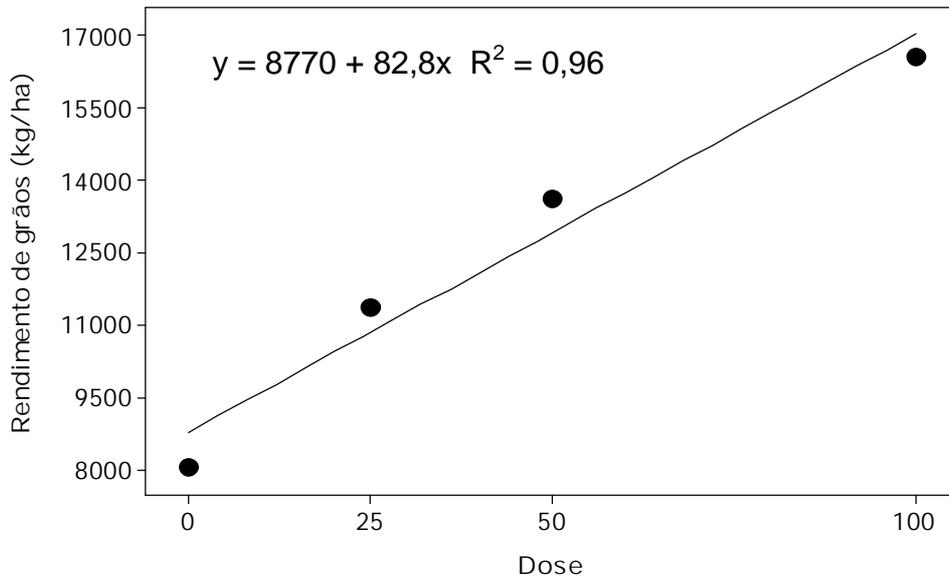
MIYAZAWA, M.; TISKI, I. Teores de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> no solo em função de fontes nitrogenadas: Ureia e Ureia revestida por policoteno. Resumo expandido. XXXII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Uberlândia-MG. 2011.

PERINI, A.; REIS JR, R. A. Adubação nitrogenada com ureia revestida por polímeros na cultura do milho. Resumo expandido. XXXII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Uberlândia-MG. 2011.

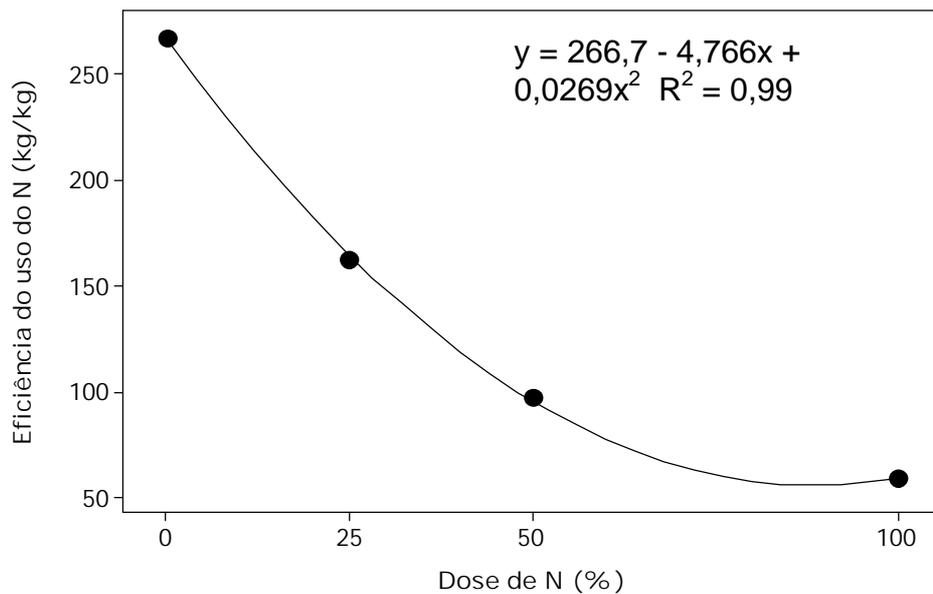
SANGOI, L, et al. Desenvolvimento e exigências climáticas da planta de milho para altos rendimentos. Lages: Graphel, 2007. 95p

SANGOI, L. et al. Lixiviação de nitrogênio afetada pela forma de aplicação da ureia e manejo dos restos culturais de aveia em dois solos com texturas contrastantes. Ciência Rural, v.33, p.65-70, 2003.

TASCA, F. A. Volatilização de amônia a partir da aplicação de duas fontes de Nitrogênio, em laboratório. Dissertação. (Mestrado em Manejo de Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Lages: UDESC. 2009.



**Figura 1:** Efeito de doses de N mineral em cobertura sobre o rendimento de grãos do milho, na média de quatro fontes de fertilizante. Lages, SC, 2011/2012.



**Figura 2:** Efeito de doses de N mineral em cobertura sobre a eficiência de uso do N, na média de quatro fontes de fertilizante. Lages, SC, 2011/2012.