

Nitrogênio foliar e produtividade de grãos de milho com uso de fontes nitrogenadas aplicadas em dose total e parceladas⁽¹⁾.

Clovis Orlando Da Ros⁽²⁾; Jhean Carlo Picolo⁽³⁾; Débora Morandini⁽³⁾; Diego Ricardo Menegol⁽⁴⁾; Antonio Luis Santi⁽²⁾; Rodrigo Ferreira da Silva⁽²⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do Departamento de Ciências Agronômicas e Ambientais da Universidade Federal de Santa Maria. ⁽²⁾ Professor do Departamento de Ciências Agronômicas e Ambientais, Universidade Federal de Santa Maria, *Campus* de Frederico Westphalen – RS, clovisdaros@gmail.com; ⁽³⁾ Estudante do Curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, *Campus* de Frederico Westphalen - RS, jhean-picolo@hotmail.com; ⁽⁴⁾ Estudante do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Agricultura e Ambiente, Universidade Federal de Santa Maria, *Campus* de Frederico Westphalen – RS, menegolr@gmail.com.

RESUMO: As fontes nitrogenadas podem influenciar na dinâmica do nitrogênio no solo afetando a sua disponibilidade e a absorção pelas plantas. Com o objetivo de avaliar diferentes fontes nitrogenadas e épocas de aplicação foi conduzido um experimento a campo, no município de Getulio Vargas - RS, em um Latossolo Vermelho. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com quatro repetições, em arranjo fatorial 5 x 2: cinco fontes nitrogenadas (ureia comum, sulfato de amônio, super N, kimcoat N e sulfammo) e duas combinações de épocas de aplicação (dose total na pré-semeadura e doses parceladas (15% na pré-semeadura, 15% na semeadura e 70% em cobertura). Foram aplicados 200 kg ha⁻¹ de nitrogênio, a lanço e sem incorporação ao solo. Na fase do pendoamento, no terço central da folha oposta e abaixo da espiga, foram quantificados o índice de clorofila foliar e o teor de nitrogênio foliar e, após a maturação fisiológica, o rendimento de grãos. O índice de clorofila foliar e o teor de nitrogênio não apresentaram diferença significativa entre as fontes nitrogenadas. A aplicação total de nitrogênio na pré-semeadura proporcionou maior produtividade de grãos de milho em relação ao parcelamento das doses. O sulfammo contribuiu com maior ganho de produtividade de grãos de milho quando aplicado parcelado em relação ao super N, kincoat N, ureia comum e sulfato de amônio.

Termos de indexação: fontes nitrogenadas de liberação lenta, inibidores de uréase, revestimento de grânulos.

INTRODUÇÃO

O nitrogênio (N) é um nutriente determinante na resposta da produtividade das culturas e é um dos nutrientes absorvido em maior quantidade pelas plantas cultivadas. É utilizado em grande quantidade na agricultura moderna na forma de fertilizantes. Atualmente é o nutriente mais oneroso utilizado no sistema de produção de grãos, sendo que os fertilizantes nitrogenados são principalmente

produzidos com o uso de combustíveis fósseis, não renováveis (ANDA, 2011).

O manejo do N tem sido uma das práticas agrícolas mais estudadas no sentido de melhorar a sua eficiência de uso. Essa necessidade existe porque a maior parte do N do solo é encontrada em compostos orgânicos, não disponíveis para as plantas, e nas formas disponíveis, está sujeito a perdas por volatilização e por lixiviação (Malavolta, 2006).

Alternativas para diminuir estas perdas e aumentar a eficiência da adubação nitrogenada já estão disponíveis, que é a utilização de fertilizantes nitrogenados de liberação lenta ou controlada, seja por revestimento dos grânulos ou por inibidores da uréase, possibilitando a disponibilização de N de forma mais progressiva, ajustada à demanda das plantas (Cantarella, 2007). Porém, os trabalhos de campo mostram resultados contraditórios na produtividade de grãos de milho com o uso destas fontes, dependendo das doses de N, das épocas de aplicação, das condições edafoclimáticas, do manejo do solo e da adubação (Civardi et al., 2011; Silva et al., 2011; Valderrama et al., 2011; Queiroz et al., 2011).

Neste contexto, o trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de fontes nitrogenadas alternativas aplicadas em dose total e parceladas no teor de N foliar e na produtividade de grãos de milho.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo, na localidade de Linha Seis, município de Getulio Vargas-RS, no ano agrícola 2012/2013. O clima, segundo a classificação de Koeppen, é subtropical úmido, tipo Cfa2, com chuvas regulares durante o ano, tendo invernos frios, raramente de forma demasiada e verões com temperaturas moderadas. A precipitação pluviométrica média anual é de 1.995 mm e temperatura média anual de 18,5°C. O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico (EMBRAPA, 2006), cultivado no sistema plantio direto durante 10 anos, com as seguintes características na camada de 0-10 cm: 260 g kg⁻¹ de

argila; pH em água de 5,7; 8,0 mg dm⁻³ de P; 57 mg dm⁻³ de K; 37 g dm⁻³ de matéria orgânica; 88% de saturação por bases.

Anteriormente ao cultivo do milho a área foi cultivada com aveia preta para cobertura do solo e manejada quimicamente com glyphosate (3,0 L ha⁻¹ p.c.). O híbrido de milho DKB 240PRO, ciclo precoce, foi semeado no mês de outubro de 2012, com semeadora Semeato, modelo PD 22, com espaçamentos entre linhas de 0,7 m, equipada com mecanismo sulcador tipo haste. A densidade de semeadura foi planejada para uma população final de 67.000 plantas por hectare. O controle de invasoras na cultura do milho foi realizado com o herbicida pós-emergente a base de atrazine + nicossulfuron (1,75 L ha⁻¹ p.c.), conforme as recomendações técnicas para o cultivo do milho. Cada parcela experimental foi constituída por seis linhas de 5 m de comprimento (21,0 m²).

As adubações foram feitas com base na análise do solo e para uma expectativa de rendimento de grãos de 12.000 kg ha⁻¹ (CQFS-RS/SC, 2004). Foram utilizados 205 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 140 kg ha⁻¹ de K₂O, usando como fonte o superfosfato triplo e o cloreto de potássio, respectivamente.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com quatro repetições em arranjo fatorial 5x2: cinco fontes nitrogenadas e duas combinações de épocas de aplicação. As fontes nitrogenadas foram: ureia comum, sulfato de amônio, sulfammo, kincoat N, super N e testemunha sem N. As combinações das épocas de aplicação do N foram: dose total na pré-semeadura e doses parceladas (15% de N na pré-semeadura, 15 % de N na semeadura e 70 % de N em cobertura). Foram aplicados 200 kg ha⁻¹ de N, a lanço e sem incorporação ao solo. Na pré-semeadura o N foi aplicado aos 45 dias antes da semeadura e em cobertura o N foi aplicado no estágio vegetativo de oito folhas completamente desdobradas (V8).

A ureia comum, o super N e o Kincoat N possuem 45 % de N forma de amina (R-NH₂). No super N é acrescido o inibidor de uréase NBPT (N-(n-butyl) thiophosphoric triamide) (Agrotain®) e no kincoat N o grão é revestido com camadas de aditivos e polímeros. O sulfammo apresenta 19 % de N na forma de amina e 3 % na forma amoniacal (N-NH₄⁺), associado ao carbonato de cálcio marinho. O sulfato de amônio possui 20% de N na forma amoniacal.

O índice de clorofila foliar foi determinado indiretamente por meio de leituras com medidor portátil modelo Clorofilog CFL 1030 – Falker. Este aparelho mede o teor de clorofila com a planta viva, permitindo assim um acompanhamento do estado nutricional, pois o teor de clorofila nas folhas da planta é proporcional à quantidade de nitrogênio que

foi absorvido. As leituras foram realizadas no terço central da folha oposta e abaixo da espiga, na fase do pendoamento do milho, em cinco plantas por parcela. Após a leitura, foi coletada o terço central da folha, secado em estufa a 65°C, até massa constante. No material seco e moído foi quantificado o teor de N conforme metodologia de Tedesco et al. (1995).

A produtividade de grãos foi quantificada colhendo-se manualmente as espigas das quatro linhas centrais de cada parcela, desprezando-se 0,5 m em cada extremidade (11,2 m²). Os grãos foram separados das espigas com auxílio de um debulhador mecânico acoplado a um trator. Determinou-se a umidade de grãos e os resultados foram corrigidos para 130 g kg⁻¹ de umidade.

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância e quando significativos foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro, utilizando o programa Sisvar 5.3 (Ferreira, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O índice de clorofila foliar e o teor de N foliar não apresentaram interação significativa entre as fontes nitrogenadas e as épocas de aplicação. Nas tabelas 1 e 2 estão apresentadas as médias, sem interação, das épocas de aplicação de N e das fontes nitrogenadas.

Tabela 1 – Índice de clorofila foliar (ICF) e teor de N foliar da cultura do milho com aplicações de N em dose total e parceladas. Média das fontes nitrogenadas. Getulio Vargas - RS (safra 2012/2013).

Aplicações de N	ICF	N foliar (g kg ⁻¹)
Total (P) ⁽¹⁾	67,7 b ⁽³⁾	25,4 a
Parceladas (P+S+C) ⁽²⁾	70,9 a	25,0 a
CV (%)	3,3	4,2

⁽¹⁾ 200 kg ha⁻¹ de N na pré-semeadura (P). ⁽²⁾ 30 kg ha⁻¹ de N pré-semeadura (P), 30 kg ha⁻¹ de N semeadura (S) e 140 kg ha⁻¹ de N em cobertura (C). ⁽³⁾ Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Os valores de índice de clorofila foliar foram maiores, independente das fontes nitrogenadas, quando aplicadas de forma parcelada em relação à aplicação total na pré-semeadura do milho. Enquanto que o teor foliar de N não diferiu significativamente em relação às épocas de aplicação (Tabela 1). Isto mostra maior sensibilidade do clorofilômetro para o diagnóstico nutricional do N no milho em relação à análise química do teor foliar.

Além disso, o uso de medidores portáteis permite monitorar rapidamente as respostas do milho à adubação nitrogenada em condições variadas de disponibilidade de N solo (Argenta et al., 2004; Hurtado et al., 2010).

Entre as fontes nitrogenadas observa-se que não houve diferença significativa tanto para o índice de clorofila foliar como para o teor de N foliar (Tabela 2). Entretanto, houve diferença significativa em relação ao tratamento sem aplicação de N. Apesar do medidor de clorofila ser sensível ao indicar o estado nutricional do milho em resposta a aplicação de doses de N (Argenta et al., 2002; Hurtado et al., 2011) não foi possível detectar diferenças entre as fontes nitrogenadas, indicando que as mesmas não contribuíram de forma diferenciada para o estado nutricional de N das plantas de milho. As condições climáticas relacionadas aos períodos de estiagem ocorridos principalmente no mês de outubro podem ter afetado a absorção de N pelas plantas de milho, já que não houve chuvas de alta intensidade para possibilitar perdas significativas de N por lixiviação.

Tabela 2 – Índice de clorofila foliar (ICF) e teor de N foliar da cultura do milho com diferentes fontes nitrogenadas. Médias das épocas de aplicação de N. Getulio Vargas - RS (safra 2012/2013).

Fontes nitrogenadas	ICF	N foliar (g kg ⁻¹)
Sem N	61,6 b ⁽¹⁾	20,6 b
Super N	69,2 a	24,9 a
Ureia comum	68,8 a	24,7 a
Sulf. Amônio	69,8 a	25,1 a
Kincoat N	68,6 a	25,0 a
Sulfammo	70,0 a	26,1 a
CV (%)	3,3	4,2

⁽¹⁾ Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

A produtividade de grãos de milho apresentou interação significativa entre as fontes nitrogenadas e as épocas de aplicação. Destacaram-se com maiores produtividades a ureia comum e o sulfammo quando foram aplicadas em dose total na pré-semeadura e o sulfammo quando aplicado parcelado (Tabela 3).

A ureia com adição de inibidor de uréase (Super N) e a ureia com camadas protetoras (Kincoat N) proporcionaram produtividades de grãos

semelhantes quando aplicadas em doses parceladas e inferiores em dose total, respectivamente, em relação à ureia comum e o sulfato de amônio.

Usando ureia comum e tratada com inibidor de uréase (NBPT) nas doses de 60, 120, 180 e 240 kg ha⁻¹ de N aplicadas em cobertura no milho, sem incorporação ao solo, Silva et al. (2011), encontraram maiores produtividade de milho com o uso de NBPT somente nas doses de 180 e 240 kg ha⁻¹, alcançando até 13.148 kg ha⁻¹ de grãos. Bono et al. (2011), usando doses variando de 0 a 200 kg ha⁻¹ de N em cobertura e sem incorporação ao solo, evidenciaram que houve vantagem do uso da ureia recoberta com amido em relação a ureia comum na produtividade de grãos em doses acima de 100 kg ha⁻¹ de N sem incorporação ao solo.

Tabela 3 – Produtividade de grãos de milho com aplicações de diferentes fontes nitrogenadas em dose total e parceladas. Getulio Vargas - RS (safra 2012/2013).

Fontes nitrogenadas	Aplicações de N	
	Total (P) ⁽¹⁾	Parceladas (P+S+C) ⁽²⁾
	----- kg ha ⁻¹ -----	
Sem N	5.772 d A ⁽³⁾	5.621 c A
Super N	10.873 bc A	9.673 b B
Ureia comum	11.319 a A	9.725 b B
Sulf. amônio	10.651 c A	9.815 b B
Kincoat	10.509 c A	9.851 b B
Sulfammo	11.200 ab A	10.542 a B
CV (%)	2,02	

⁽¹⁾ 200 kg ha⁻¹ de N na pré-semeadura (P). ⁽²⁾ 30 kg ha⁻¹ de N pré-semeadura (P), 30 kg ha⁻¹ de N semeadura (S) e 140 kg ha⁻¹ de N em cobertura (C). ⁽³⁾ Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

A aplicação parcelada de N em todas as fontes nitrogenadas reduziu a produtividade de grãos de milho em relação a aplicação total em pré-semeadura. Estes resultados contrariam resultados de pesquisa (Meira et al., 2009; Santos et al., 2010). Isso pode ter ocorrido, possivelmente, por causa da aplicação tardia das fontes nitrogenadas realizada em cobertura, no estádio V8, devido às condições de umidade inadequadas no estádio recomendado de aplicação nitrogenada em cobertura (quatro a seis folhas).

Desta forma, a aplicação antecipada de N na pré-semeadura deve ter proporcionado maior



suprimento de N para as plantas de milho nos estágios iniciais de desenvolvimento. Apesar da baixa exigência por N nestes estágios é importante uma disponibilidade adequada para promover um rápido desenvolvimento inicial e definir o potencial de rendimento. Quando ocorre deficiência de N nestes estágios o potencial de rendimento do milho já é comprometido e não é mais atingido com aplicações posteriores. Soma-se a isso, a necessidade da adequada disponibilidade de N entre os estádios V6 e V8, pois é o início da época de maior demanda do nutriente pela cultura (Ritchie et al., 2003).

Destaca-se que mesmo em condições não adequadas de umidade do solo em determinados estádios de desenvolvimento do milho não houve maior contribuição de N para as plantas de milho com as fontes de liberação lenta, que poderia justificar o seu uso antecipado em pré-semeadura na cultura do milho.

CONCLUSÕES

As fontes nitrogenadas não proporcionam diferenças no índice de clorofila e no teor de nitrogênio foliar no milho, independente das aplicações em dose total e parceladas.

O sulfammo proporciona ganho de produtividade de grãos de milho quando aplicado em doses parceladas em relação ao super N, kincoat N, ureia comum e sulfato de amônio.

REFERÊNCIAS

- ANDA. Associação Nacional para Difusão de Adubos. Anuário estatístico do setor de fertilizantes. 2011.
- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; SANGO, L. Leaf relative chlorophyll content as an indicator parameter to predict nitrogen fertilization in maize. *Ciência Rural*, 34:1379-1387, 2004.
- ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; MIELNICZUK, J.; et al. Parâmetros de planta como indicadores do nível de nitrogênio na cultura do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37, 519-527, 2002.
- BONO, J. A. M.; SETTI, J. C. A.; TRAESEL, E. J. et al. Fonte nitrogenada de liberação lenta na cultura do milho em um latossolo argiloso na região de maracajú em Mato Grosso do Sul. *Ensaios e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde*. 15:101-110, 2011.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V. H.; BARROS, N. F. et al. (Ed.) *Fertilidade do solo*. 2. ed. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.375-470.
- CIVARDI, E. A.; SILVEIRA NETO; A. N.; RAGAGNIN, V. A. et al. Ureia de liberação lenta aplicada superficialmente e ureia comum incorporada ao solo no rendimento do milho. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 41:52-59, 2011.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO (CQFSRS/SC). Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 10.ed. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Núcleo Regional Sul, 2004. 400p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro, RJ. Sistema brasileiro de classificação dos solos. Brasília: Embrapa-SPI, 2006. 306p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, 35:1039-1042, 2011.
- HURTADO, S. M. C.; RESENDE, A. V.; SILVA, C. A. et al. Clorofilômetro no ajuste da adubação nitrogenada em cobertura para o milho de alta produtividade. *Ciência Rural*, Santa Maria, 41:1011-1017, 2011.
- HURTADO, S. M. C.; SILVA, C. A.; RESENDE, A. V. et al. Sensibilidade do clorofilômetro para diagnóstico nutricional de nitrogênio no milho. *Ciência e Agrotecnologia*, 34:688-697, 2010.
- MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. Piracicaba: Editora Ceres, 2006. 631p.
- QUEIROZ, A. M.; SOUZA, C. H. E.; MACHADO, V. J. et al. Avaliação de diferentes fontes e doses de nitrogênio na adubação da cultura do milho (*Zea mays* L.). *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 10:257-266, 2011.
- RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. Como a planta de milho se desenvolve. *POTAFOS. Informações Agronômicas*, 103:1-20, 2003.
- SANTOS, M. M.; GALVÃO, J. C. C.; SILVA, I. R. et al. Épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do milho em plantio direto, e alocação do nitrogênio (15N) na planta. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34:1185-1194, 2010.
- SILVA, D. R. G.; PEREIRA, A. F.; DOURADO, R. L. et al. Productivity and efficiency of nitrogen fertilization in maize under different levels of urea and NBPT-treated urea. *Ciência e Agrotecnologia*, 35:616-523, 2011.
- TEDESCO, M. J.; VOLKWEIS, S. J.; BOHMEN, H. Análise de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre: UFRGS, 1995. (Boletim técnico de solos, 5).
- VALDERRAMA, M.; BUZZETTI, S.; BENETT, C. G. S. et al. Fontes e doses de NPK em milho irrigado sob plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 41:254-263, 2011.