

Manejo do nitrogênio em cobertura para a cultura do milho em espaçamento reduzido⁽¹⁾

Renato Jaqueto Goes⁽²⁾; Ricardo Antônio Ferreira Rodrigues⁽³⁾; Anderson Teruo Takasu⁽⁴⁾ e Orivaldo Arf⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da CAPES.

⁽²⁾ Doutorando em Sistemas de Produção; Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”; Ilha Solteira, SP; renato_goes5@yahoo.com.br; ^(3,5) Professor; Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”; Ilha Solteira, SP; ricardo@agr.feis.unesp.br; arf@agr.feis.unesp.br; ⁽⁴⁾ Mestrando em Sistemas de Produção; Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”; Ilha Solteira, SP; teruounesp@yahoo.com.br.

RESUMO: O presente trabalho teve como objetivo verificar o efeito do manejo do nitrogênio (N) em cobertura para a cultura do milho em espaçamento reduzido. O delineamento experimental foi em blocos casualizados no esquema de parcelas subdivididas com fontes de N (uréia, sulfato de amônio e nitrato de amônio) nas parcelas e doses de N (0, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹) nas subparcelas com quatro repetições. O N foi aplicado ao lado das linhas de plantas, em dose única, quando estas apresentavam a sexta folha expandida (V₆). As doses de N em cobertura promovem acréscimos na altura de inserção de espiga, altura de plantas, diâmetro de espiga, número de grãos por espiga e massa de 100 grãos. As doses de N incrementam a produtividade até 92,1 kg de N ha⁻¹. As fontes de N não tem efeito sobre as variáveis analisadas.

Termos de indexação: *Zea mays* L., Fertilizantes nitrogenados, Doses.

INTRODUÇÃO

A cultura do milho é de grande importância econômica e social, devido a sua múltipla utilização, desde a alimentação humana e animal, sob a forma de grãos ou silagem, até a indústria de alta tecnologia para produção de biocombustíveis. Conforme Conab (2013), na safra 2012/13 a área semeada com este cereal na primeira safra foi de aproximadamente 7141,8 mil hectares com produtividade média de 4872 kg ha⁻¹. Entre os Estados da Federação, aqueles que tiveram a maior área semeada, produtividade e produção de grãos foram Minas Gerais (1149,8 mil ha⁻¹), Distrito Federal (8360 kg ha⁻¹) e Paraná (6842 mil toneladas).

Apesar do volume de produção, esta cultura apresenta desempenho muito aquém em comparação às condições experimentais e aos agricultores que investem na aplicação de insumos e tecnologia, muitas vezes tem-se observado valores de produtividade acima de 10.000 kg ha⁻¹ (Carvalho et al., 2004). Para que o milho possa

expressar seu máximo potencial produtivo é necessário que todas as suas exigências hídricas e nutricionais sejam plenamente atendidas. Neste contexto, o N é o nutriente mais utilizado pela cultura do milho e diversas pesquisas foram realizadas para obter a melhor combinação entre fertilizante, genótipo e dose deste elemento, todavia os resultados são inconsistentes (Silva et al., 2006).

Oliveira & Caires (2003) não constataram diferença na produtividade de milho com a utilização de uréia e o sulfato de amônio. Entretanto, Lara Cabezas et al. (2005) verificaram que a aplicação do sulfato de amônio, independentemente da época de aplicação aumentou a produtividade de grãos de milho, em relação à aplicação da uréia. Meira et al. (2009) não verificaram diferenças entre a uréia, o sulfato de amônio e o Entec[®] na produtividade de grãos. Com relação às doses as respostas da produtividade também são variáveis e diversos autores obtiveram a máxima produtividade com diferentes doses de N como foi observado por Fernandes et al. (2005) com 110 kg ha⁻¹ de N, Gomes et al. (2007) na dose de 150 kg ha⁻¹ de N, todavia, em outros trabalhos, não foi possível estabelecer máxima a produtividade de grãos em função da dose de N testada (Ohland et al., 2005; Amaral Filho et al., 2005).

Entre os fatores que alteram o arranjo de plantas está o espaçamento entre as linhas. Atualmente, existe tendência em reduzir o espaçamento e aumentar a população de plantas por área para a maioria dos híbridos modernos e alguns trabalhos apontam resposta positiva da produtividade à redução do espaçamento utilizando populações constantes (Penariol et al., 2003 e Kaneko et al., 2010).

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo verificar o efeito do manejo do nitrogênio em cobertura para a cultura do milho em espaçamento reduzido.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Selvíria, MS, Brasil, situada a 51° 22' de longitude oeste e 20° 22' de latitude sul, com altitude de 335m. O solo do local é do tipo Latossolo Vermelho, epieutrófico, álico de textura argilosa (Santos et al., 2006). A temperatura média anual da região é de 23,5 °C, com precipitação anual de 1.370 mm e a umidade relativa do ar varia entre 70 e 80% (Centurion, 1982).

Antes da instalação do experimento, coletou-se vinte amostras de solo na profundidade de 0,0-0,2m e foi realizada a análise química para fins de fertilidade, seguindo a metodologia proposta por Raij et al. (2001) a qual revelou as seguintes características: pH (CaCl₂) = 5,0; 31,0 mg dm⁻³ de P; 3,1; 15,0; 8,0; 36,0; 26,1 e 62,1 mmol_c dm⁻³ de K, Ca, Mg, H+Al, SB e CTC, respectivamente; 19,0 g dm⁻³ de matéria orgânica e saturação por bases (V%) = 42,0.

O preparo do solo foi realizado com uma aração e duas gradagens niveladoras. Para o tratamento de sementes foram utilizados 300 g de imidacloprido + 500 g de tiodicarbe por 100 kg de sementes. No controle de plantas daninhas em pós-emergência utilizou-se 2000 g de atrazina ha⁻¹ quando as plantas apresentavam três folhas expandidas (V₃) e 180 g ha⁻¹ de tembotriona no estágio V₆.

O milho foi semeado do dia 21/11/2011, utilizando sementes do híbrido AG 8088 VT PRO, no espaçamento de 0,45 m entrelinhas e 3,7 sementes m⁻¹. Para o cálculo da necessidade de adubação utilizou-se como base a análise de solo e as recomendações de Cantarella et al. (1997). Foram depositados nos sulcos de semeadura 400 kg ha⁻¹ do formulado 04-30-10 + 0,4% Zn.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados no esquema de parcelas subdivididas com fontes (uréia, sulfato de amônio e nitrato de amônio) nas parcelas e doses de N (0, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹) nas subparcelas com quatro repetições.

O N foi aplicado ao lado da linha de plantas, em dose única, quando estas apresentavam a sexta folha expandida (V₆). As parcelas foram constituídas por cinco linhas de plantas com cinco metros de comprimento e como área útil considerou-se as três linhas centrais.

Nesta pesquisa foi avaliada: a) altura de plantas: mediu-se o comprimento da superfície do solo até a extremidade do pendão; b) altura de inserção da primeira espiga: referente à altura da superfície do solo até a inserção da primeira espiga em sentido ascendente; c) diâmetro da espiga: com auxílio de um paquímetro digital mediu-se o diâmetro central das espigas; d) número de grãos por espiga: para

esta avaliação, multiplicou-se o número de fileiras por espiga e grãos na fileira; e) massa de 100 grãos: foi realizada com base na pesagem de duas subamostras de cem grãos por parcela com ajuste para 13% à base úmida; f) produtividade de grãos: após a colheita da área útil das parcelas as espigas foram trilhadas e após a pesagem, converteu-se os valores para 13% (b.u.).

Para a análise estatística dos resultados obtidos, utilizou-se o Sistema para Análise Estatística (ESTAT) aos níveis de 1 e 5% de probabilidade. Quando verificado efeito significativo de doses ou interação significativa entre doses e fertilizantes foram realizadas análises de regressão e a comparação das médias entre os fertilizantes foi feita pelo teste de Tukey.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se efeito significativo das doses de N para altura de inserção de espiga (**Tabela 1**). Os valores ajustaram-se de maneira quadrática em função das doses testadas com 97,5 cm obtidos com 57,1 kg ha⁻¹ de N. Da mesma maneira que a altura de inserção de espiga, houve influência das doses de N sobre a altura de plantas com ajuste quadrático e na dose de 83,3 kg ha⁻¹ de N.

Houve um grande número de trabalhos que demonstraram efeito do N em cobertura para essas variáveis (Silva et al., 2006; Fernandes et al., 2005 e Gomes et al., 2007). O fato pode estar atribuído ao maior crescimento vegetativo, pois o N atua na divisão e a expansão celular além do processo fotossintético, promovendo acréscimo em altura de planta e altura de inserção de espiga (Silva et al., 2005; Fornasier Filho, 2007).

As doses de N tiveram efeito isolado sobre o diâmetro de espiga (**Tabela 1**) que apresentou ajuste quadrático com ponto de máximo na dose de 100 kg ha⁻¹ de N em cobertura. Resultados contraditórios foram obtidos por Tomazela et al. (2006) e Biscaro et al. (2011) que em pesquisa com doses de N não verificaram efeito destas sobre o diâmetro de espiga. Conforme Ohland et al. (2005) esta variável está estreitamente relacionada com o enchimento de grãos e número de fileiras por espigas.

Portanto, pode-se inferir que o comportamento observado neste trabalho possivelmente está relacionado com a massa de cem grãos (**Tabela 2**) pois esta também foi influenciada pelas doses de N o que contribuiu para melhorar o enchimento de grãos em um número fixo de fileiras, proporcionando incremento no diâmetro de espiga em virtude do aumento do volume dos grãos.

Tabela 1 - Valores médios de altura de plantas, (AP) altura de inserção da espiga (AIE) e diâmetro de espiga (DE) da cultura do milho sob efeito de fontes e doses de nitrogênio sob espaçamento reduzido. Selvíria, MS, 2011/2012.

Tratamentos	AIE (cm)	AP (cm)	DE (mm)
Fontes de N			
Uréia	96,9a	243,4a	50,6a
Sulf. de amônio	94,3a	243,2a	50,9a
Nitrato de amônio	93,4a	245,2a	50,7a
Doses de N (kg ha⁻¹)			
0	92,3 ⁽²⁾	242,8 ⁽²⁾	50,1 ⁽⁴⁾
50	95,1	245,1	50,8
100	97,7	244,3	51,1
150	92,4	243,4	50,9
Teste F			
Fontes (F)	2,45 ^{ns}	1,05 ^{ns}	0,57 ^{ns}
Doses (D)	4,72**	5,64**	2,95*
Interação F x D	1,19 ^{ns}	1,55 ^{ns}	1,75 ^{ns}
CV (%) – parcela	4,81	1,74	1,73
CV (%) - subparcela	3,96	1,75	1,85

⁽¹⁾Valores seguidos de letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1 e 5% de probabilidade. * e ** significativo a 1 e 5%, ^{ns} – não significativo. ⁽²⁾ $Y = 242,9625 + 0,05x - 0,0003x^2$; $R^2 = 0,8317$ (PM = 83,3 kg ha⁻¹ de N). ⁽³⁾ $Y = 94,9475 + 0,0457x - 0,0004x^2$; $R^2 = 0,6970$ (PM = 57,1 kg ha⁻¹ de N). ⁽⁴⁾ $Y = 5,0287 + 0,0015x - 0,0000075x^2$; $R^2 = 0,9333$ (PM = 100,0 kg ha⁻¹ de N).

O número de grãos por espiga (**Tabela 2**) ajustou-se linearmente em função das doses testadas, indicando que o híbrido possui a capacidade de produzir maior quantidade de óvulos potencialmente fecundáveis por espiga à medida que se aumenta a dose de N em cobertura. Souza et al. (2011), não verificaram efeito significativo das fontes nitrogenadas e das doses de N em cobertura sobre esta variável. Silva et al. (2006) e Biscaro et al. (2011), também verificaram ajuste quadrático N para este componente de produtividade.

Com relação à massa de 100 grãos (**Tabela 2**) observou-se efeito isolado para doses de N com ajuste quadrático e ponto de máximo utilizando-se 106 kg N ha⁻¹ de N em cobertura. O efeito do N pode estar relacionado ao fato de que maiores doses deste nutriente prolongaram a atividade fotossintética das plantas o que resultou no maior acúmulo de carboidratos nos grãos. Entretanto, a influência sobre a massa de cem grãos é muito variável, em alguns casos ela é modificada pela aplicação do N aplicado em outros casos não. Oliveira & Caires (2003) e Souza et al. (2011) observaram ajuste linear da massa de cem grãos em função das doses de N testadas.

No que se refere à produtividade de grãos (**Tabela 2**) obteve-se efeito isolado de fontes e de doses de verificou-se que não houve diferença significativa entre as fontes. Quanto à doses, obteve-se ajuste quadrático com ponto de máximo em 92,1 kg de N ha⁻¹. Fernandes et al. (2005) verificaram produtividade máxima com a dose de 110 kg ha⁻¹ de N em cobertura e Gomes et al. (2007) verificaram que foi necessária a aplicação de 150 kg ha⁻¹ de N para atingir a máxima

produtividade. Em outros trabalhos, não foi possível estabelecer máxima produtividade de grãos (Ohland et al., 2005; Amaral Filho et al., 2005).

Tabela 2 - Valores médios de número de grãos por espiga (NGE), massa de 100 grãos (M100G) e produtividade de grãos (PG) da cultura do milho sob efeito de fontes e doses de nitrogênio sob espaçamento reduzido. Selvíria, MS, 2011/2012.

Tratamentos	NGE	M100G (g)	PG (kg ha ⁻¹)
Fontes de N			
Uréia	733,6a	28,2a	11.981a
Sulf. de amônio	730,6a	28,3a	12.166a
Nitrato de amônio	722,5a	28,4a	12.068a
Doses de N (kg ha⁻¹)			
0	714,6 ⁽²⁾	26,6 ⁽³⁾	11.631 ⁽⁴⁾
50	729,3	28,7	12.236
100	731,7	29,4	12.334
150	738,0	31,5	12.085
Teste F			
Fontes (F)	0,70 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,19 ^{ns}
Doses (D)	7,15**	6,26**	5,06**
Interação F x D	0,29 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,65 ^{ns}
CV (%) – parcela	3,79	3,26	5,65
CV (%) - subparcela	3,76	5,21	3,18

⁽¹⁾Valores seguidos de letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1 e 5% de probabilidade. * e ** significativo a 1 e 5%, ^{ns} – não significativo. ⁽²⁾ $Y = 725,9275 + 0,0044x$; $R^2 = 0,8285$. ⁽³⁾ $Y = 27,6801 + 0,0212x - 0,0001x^2$; $R^2 = 0,8116$ (PM = 106 kg de N ha⁻¹). ⁽⁴⁾ $Y = 11,639 + 15,73x - 0,0854x^2$; $R^2 = 0,9956$ (PM = 92,1 kg de N ha⁻¹).

CONCLUSÕES

As doses de N em cobertura promovem acréscimos na altura de inserção de espiga, altura de plantas, diâmetro de espiga, número de grãos por espiga e massa de 100 grãos.

As doses de N incrementam a produtividade até 92,1 kg de N ha⁻¹.

As fontes de N não tem efeito sobre as variáveis analisadas.

REFERÊNCIAS

- AMARAL FILHO, J. P. R.; FORNASIERI FILHO, D.; FARINELLI, R.; BARBOSA, J. C. Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. Revista **Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, n.3, p.467-473, 2005.
- BISCARO, G. A.; MOTOMIYA, A. V. A.; VAZ, R. R. B.; PRADO, E. A. F.; SILVEIRA, B. L. R. Desempenho do milho safrinha irrigado submetido a diferentes doses de nitrogênio via solo e foliar. **Agrarian**, v.4, n.11, p.10-19, 2011.
- CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van; CAMARGO, C. E. O. **Cereais**. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. Recomendações de calagem e adubação para o Estado de São Paulo. Campinas: IAC, 1997, 285p. (Boletim técnico, 100).
- CARVALHO, M. A. C.; SORATTO, R. P.; ATHAYDE, M. L. F.; ARF, O.; SÁ, M. E. Produtividade do milho em

- sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.1, p.47-53, 2004.
- CENTURION, J. F. Balanço hídrico na região de Ilha Solteira. **Científica**, Jaboticabal, v.10, n.1, p.57-61, 1982.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira: grãos, sexto levantamento, março de 2013. Brasília, 2013.
- FERNANDES, F. C. S.; BUZETTI, S.; ARF, O.; ANDRADE, J. A. C. Doses, eficiência e uso de nitrogênio por seis cultivares de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 4, n. 2, p. 195-204, 2005.
- FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. Jaboticabal: Funep, 2007. 576 p.
- GOMES, R. F.; SILVA, A. G. da; ASSIS, R. L.; PIRES, F. R. Efeito de doses e época de aplicação de nitrogênio nos caracteres agrônômicos da cultura do milho sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 931-938, 2007.
- KANEKO, F. H.; ARF, O.; GITTI, D.C.; ARF, M. V.; CHIODEROLI, C. A.; KAPPES, C. Manejo do solo e do nitrogênio em milho cultivado em espaçamentos reduzido e tradicional. **Bragantia**, v. 69, n. 3, p.677-686, 2010.
- LARA CABEZAS, W. A. R.; ARRUDA, M. R.; CANTARELLA, H.; PAULETTI, V.; TRIVELIN, P. C. O.; BANDASSOLLI. Imobilização de nitrogênio da uréia e do sulfato de amônio aplicado em pré-semeadura ou cobertura na cultura de milho, no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.215-226, 2005.
- MEIRA, F. A.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; SÁ, M. E.; ANDRADE, J. A. C. Fontes e épocas de aplicação do nitrogênio na cultura do milho irrigado. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 30, n. 2, p. 275-284, 2009.
- OHLAND, R. A. A.; SOUZA, L. C. F.; MACHETTI, M. E.; GONÇALVES, M. C. Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, n.3, p.538-544, 2005.
- OLIVEIRA, J. M. S.; CAIRES, E. F. Adubação nitrogenada em cobertura para o milho cultivado após aveia preta no sistema plantio direto. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.25, p.351-357, 2003.
- PENARIOL, F. G.; FORNASIERI FILHO, D.; COICEV, L.; BORDIN, L.; FARINELLI, R. Comportamento de cultivares de milho semeadas em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais, na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.2, n.2, p.52-60, 2003.
- RAIJ, B. VAN; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. Análise química para avaliação da fertilidade de solo tropicais. Campinas: IAC, 2001. 285p.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- SILVA, D. A.; VITORINO, A. C. T.; SOUZA, L. C. F.; GONÇALVES, M. C.; ROSCOE. Culturas antecessoras e adubação nitrogenada na cultura do milho, em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.5, n.1, p.75-88, 2006.
- SILVA, E. C.; BUZETTI, S.; GUIMARÃES, G. L.; LAZARINI, E.; SÁ, M. E. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 29, p. 353-362, 2005.
- SOUZA, J. A.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; ANDREOTTI, M.; SÁ, M. E.; ARF, O. Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha irrigado em plantio direto. **Bragantia**, v.70, n.2, p.447-454, 2011.
- TOMAZELA, A. L.; FAVARIN, J. L.; FANCELLI, A. L.; MARTIN, T. N.; DOURADO NETO, D.; REIS, A. R. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.5, n.2, p.192-201, 2006.