REVISTA CIENTÍFICA ELETRÔNICA DE AGRONOMIA - ISSN 1678-3867
PUBLICAÇÃO CIENTÍFICA DA FACULDADE DE AGRONOMIA E ENGENHARIA FLORESTAL DE GARÇA/FAEF
ANO V, NÚMERO, 09, JUNHO DE 2006. PERIODICIDADE: SEMESTRAL

ADUBAÇÃO NITROGENADA DE COBERTURA NA CULTURA DO MILHO IRRIGADO, EM SISTEMA PLANTIO DIRETO

Ricardo Garcia ARATANI
Departamento de Solos e Adubos, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Via de acesso Prof. Paulo D. Castellane, s/n, Cep: 14884-900, (16) 3209-2672, Jaboticabal, SP, Brasil. E-mail: aratani@fcav.unesp.br

Francisco Maximino FERNANDES
Departamento de Fitossanindade, Engenharia Rural e Solos, Faculdade de Engenharia – UNESP, Ilha Solteira, SP, Brasil.

Luiz Malcolm Mano de MELLO
Departamento de Fitossanindade, Engenharia Rural e Solos, Faculdade de Engenharia – UNESP, Ilha Solteira, SP, Brasil.

RESUMO

Os tratamentos foram constituídos pela aplicação de 7 doses de N em cobertura (0, 20, 40, 60, 80, 100 e 120 kg ha^{-1}) e 4 repetições, realizadas quando as plantas apresentavam 5 folhas desenvolvidas, utilizando-se o nitrato de amônio. O rendimento de grãos e o teor de N foliar apresentaram efeito linear com o incremento de N, representado pelas equações $Y = 5.343,21 + 7,57X$ ($R^2 = 0,51$) e $Y = 28,177 + 0,0395X$ ($R^2 = 0,40$), respectivamente. A dose de 60 kg ha^{-1} proporcionou maiores valores de taxa de retorno e índice de lucratividade.
Palavras-chave: *Zea mays*, nitrogênio, nitrato de amônio.

ABSTRACT

The treatments were constituted with 7 rates of N application in sidedress (0, 20, 40, 60, 80, 100 e 120 kg ha^{-1}) and 4 replications, done when plants presented 5 developed

leaves, with ammonium nitrate. The grain productivity and foliar N tenor presented linear effect with the increment of N, represented by the equations: Y = 5.343,21 + 7,57X (R^2 = 0,51) e Y = 28,177 + 0,0395X (R^2 = 0,40), respectively. The rate of 60 kg ha^{-1} provides higher values of return tax and profitability index.
Key words: *Zea mays*, nitrogen, ammonium nitrate.

INTRODUÇÃO

A cultura do milho usualmente requer adubação nitrogenada em cobertura para complementar a quantidade suprida pelo solo, quando se deseja produtividade elevada (COELHO et al., 1992). Na falta de N, o processo de divisão celular é retardado nos pontos de crescimento, resultando em redução da área foliar e do tamanho da planta (ARNON, 1975), com reflexos no rendimento de grãos.

Segundo Cantarella (1993), no Brasil a magnitude das respostas a nitrogênio tem sido variável, mas a maioria dos ensaios indica respostas significativas a doses entre 30 e 90 kg ha^{-1} de N. O mesmo autor ainda cita que a absorção de nitrogênio pelo milho é mais intensa no período entre 40 e 60 dias após germinação, porém, a planta ainda absorve cerca de 50% do nitrogênio que necessita após o início do florescimento, sendo uma provável vantagem a aplicação tardia de parte do nitrogênio.

O método de adubação nitrogenada na cultura do milho utilizada atualmente preconiza a aplicação de parte da dose de N na semeadura e o restante quando a planta apresentar de quatro a oito folhas expandidas (RAIJ, 1996). Porém, a manutenção de resíduos vegetais na superfície do solo no sistema plantio direto tem levado a uma modificação na ciclagem e disponibilidade dos nutrientes, principalmente do N, que tem demanda aumentada, devido ao fato de que, havendo mais umidade presente no solo, existe maior movimento descendente da água, a acarretar maior lixiviação de nitratos, além da velocidade e do grau de mineralização da matéria orgânica ser menor em plantio direto (MUZILLI, 1981).

Para Ceretta (1997), o manejo da adubação nitrogenada sempre teve como características a falta de parâmetros analíticos, para subsidiar com sucesso a decisão do

técnico sobre a quantidade a aplicar de N e as dúvidas quanto ao fracionamento, devido às incertezas sobre o comportamento do fertilizante aplicado e do N no solo. Portanto, o manejo da adubação nitrogenada no sistema plantio direto requer estudos a médio e longo prazo que envolva os processos de transformação do N inseridos nos sistemas de rotação cultural em nível regional. (LARA CABEZAS, 1998).

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi estudar a resposta da cultura do milho irrigado a doses de nitrogênio aplicadas em cobertura, em sistema de semeadura direta.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de campo na Fazenda de Ensino e Pesquisa da Faculdade de Engenharia – UNESP - Ilha Solteira, município de Selvíria-MS. O solo do experimento foi classificado como Latossolo Vermelho-Escuro, álico e textura argilosa (DEMATTÊ, 1980), atualizado para Latossolo Vermelho Distrófico típico (EMBRAPA, 1999). A área experimental foi cultivada com a sucessão milho/feijão/milheto nas safras 1998/99 e 99/2000 e apresenta um histórico de 12 anos sob o sistema de plantio direto. A cobertura morta foi constituída pelos restos vegetais da cultura do milho da safra anterior e pelas plantas invasoras dessecadas. A irrigação foi feita com sistema de pivô central, com lâmina bruta de aproximadamente 9 mm dia^{-1}.

Os resultados da análise química do solo são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultado da análise química do solo da área experimental.

Profundidade	P-resina	MO	pH ($CaCl_2$)	K	Ca	Mg	H+Al	V
cm	mg dm^{-3}	g dm^{-3}		------- $mmol_c$ dm^{-3} -------				%
0-2,5	24	33	4,7	4,1	22	13	38	51
2,5-5,0	39	39	4,6	3,0	24	12	42	48
5,0-7,5	24	36	4,4	2,4	26	11	47	46
7,5-10,0	24	32	4,5	1,9	24	10	42	46
10,0-20,0	10	35	4,6	1,3	22	9	38	46
20,0-40,0	4	29	4,9	0,8	22	9	28	54

O híbrido de milho utilizado foi o CO-32, com espaçamento de 0,90 metros entre linha e 5,5 sementes por metro. As sementes foram tratadas com thiodicarb, na dose de 2 L 100 kg^{-1} de semente.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições, cujos tratamentos foram constituídos pelas seguintes doses de nitrogênio em cobertura: 0, 20, 40, 60, 80, 100 e 120 kg ha^{-1}. As parcelas foram constituídas por 4 linhas de milho de 20 m de comprimento e a área útil, pelas duas linhas centrais, deixando 5 m de bordadura nas extremidades.

A dessecação das plantas infestantes ocorreu no dia 02/12/00 usando 3 L ha^{-1} de glifosato + 1 L ha^{-1} de 2-4 D e a semeadura do milho em 26/12/00, com o auxílio de uma semeadora-adubadora de plantio direto, marca Tatu, modelo Suprema-Pneumática, com 4 linhas para a cultua do milho, equipada com disco de corte de palha, haste sulcadora para a deposição do fertilizante, disco duplo para a deposição da semente e rodas compactadoras do sulco em "V". A adubação de semeadura foi de 40, 90 e 51 $kg.ha^{-1}$, respectivamente de N, P_2O_5 e K_2O, utilizando a fórmula 8-28-16 + uréia. Após a semeadura foi realizada uma pulverização com herbicidas de controle pré-emergente: atrazine + metolachlor na dose de 4 L ha^{-1}. Com o desenvolvimento da cultura, houve a necessidade da aplicação dos inseticidas: lufenuron + clorpirifós nas doses de 0,2 e 0,5 L ha^{-1} respectivamente, para controlar a lagarta do cartucho.

A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada no dia 28/01/01, no estádio V5, utilizando como fonte de N, o nitrato de amônio, que foi aplicado manualmente, em faixa, distante 10 cm das plantas, sem incorporação. Na mesma data, aplicou-se 83 kg ha^{-1} de cloreto de potássio, em complementação à adubação potássica utilizada na semeadura, totalizando desta forma 100 kg ha^{-1} de K_2O.

As variáveis analisadas no experimento foram: estande inicial e final, contando-se o número de plantas na área útil de cada parcela; o número de espigas por hectare (contando as espigas na área útil de cada parcela); teor de N foliar, coletadas de acordo com Raij et al. (1996), secadas a 65ºC ± 2ºC, moídas e avaliadas quanto ao teor de N, segundo Sarruge; Haag (1974); altura de planta na colheita, medindo-se da superfície do solo até a inserção da última folha; altura da primeira espiga, medindo-se da superfície do solo até a inserção

da espiga inferior; diâmetro do caule, medindo-se no primeiro entre nó da planta; massa seca da planta sem a espiga e rendimento de grãos (kg ha^{-1}).

As análises de variância e regressão polinomial foram realizadas através do Sistema ESTAT V.2.

O custo de produção da cultura foi baseado no custo operacional utilizado pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA), proposto por Matsunaga et al. (1976). Os preços médios foram coletados na região, expressos em Dólar (US$), com US$ 1,00 correspondendo a R$ 2,74.

O custo de produção foi baseado no preço de US$ 4,63 por saca de 60 kg de milho.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estande inicial médio foi de 4,72 e o final foi de 4,55 plantas por metro de sulco, representando, respectivamente, populações de 52.400 e 50.500 plantas por hectare, não apresentando diferença estatística entre os tratamentos. Estas populações encontram-se entre as que apresentam os melhores resultados com adubação nitrogenada (CANTARELLA, 1993). O número médio de espigas por hectare também não apresentou diferença entre os tratamentos, apresentando média de 54.400 espigas $há^{-1}$. O diâmetro do caule, altura da planta e altura de inserção da espiga e a produção de massa seca de palha também não foram influenciados pelo incremento na dose de N em cobertura (Tabela 2). No entanto, para esta última variável, Coelho et al. (1992) estudando doses e métodos de aplicação de fertilizantes nitrogenados na cultura do milho sob irrigação observaram uma variação quadrática para a produção de matéria seca.

Tabela 2 – Diâmetro do caule, altura da planta, altura de inserção da espiga e produção de massa seca de milho, em função dos tratamentos. Selvíria, MS, safra 00/01.

Dose de N em cobertura	Diâmetro do caule	Altura da planta	Inserção da primeira espiga	Massa seca da palha
kg ha^{-1}	---------- cm ----------			kg ha^{-1}
0	2,21	217	126	9753

20	2,24	215	126	9855
40	2,24	212	121	9882
60	2,28	217	127	9609
80	2,26	216	126	9544
100	2,26	217	125	9511
120	2,22	213	123	11265
CV %	2,68	1,98	3,46	17,02

O teor de N foliar e rendimento de grãos ajustaram-se a equações lineares (Figuras 1 e 2). Domenici (2000) estudou a resposta do milho a adubação nitrogenada no sistema de plantio direto, em área próxima ao deste trabalho, não encontrando resposta significativa para diâmetro do colmo, altura de planta e altura de inserção da primeira espiga. Sangoi; Almeida (1994) estudando doses e épocas de aplicação de nitrogênio num solo com alto teor de matéria orgânica e Ferreira (2001) avaliando as características agronômicas e nutricionais do milho adubado com nitrogênio, molibdênio e zinco, também não verificaram efeito da adubação nitrogenada sobre a altura da planta de milho.

Na Figura 1 pode-se observar que houve uma variação linear do rendimento de grãos em função das doses de N, concordando com os resultados obtidos por Silva et al. (1986), que utilizou sulfato de amônio como fonte de N e Araújo et al. (1999), utilizando o nitrato de amônio. Por outro lado, Sá (1996), estudando as curvas de resposta ao nitrogênio em sistemas de rotação de culturas sob plantio direto e Fernandes et al. (1998), estudando preparo de solo e adubação nitrogenada na produtividade do milho em Latossolo sob vegetação de cerrado, encontraram resposta quadrática ao incremento nas doses de N aplicadas em cobertura.

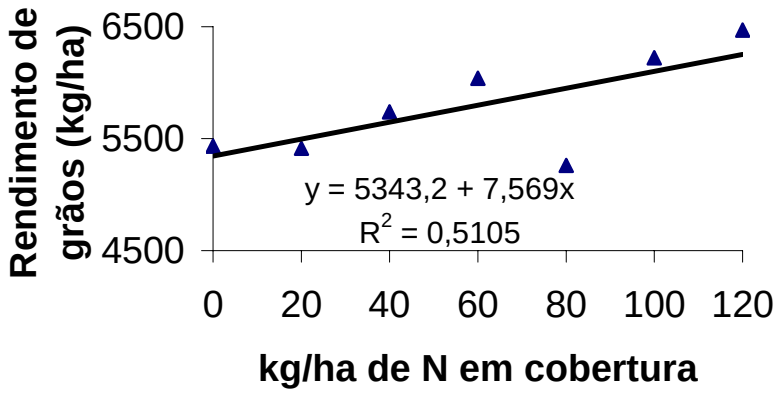

Figura 1 – Rendimento de grãos de milho, em função dos tratamentos.

A avaliação do teor de N foliar, em função dos tratamentos, está apresentada na Figura 2. Verificou-se que o teor de nitrogênio das folhas variou linearmente com o incremento da adubação. Os teores variaram de 26,04 a 34,16 g kg^{-1}, sendo que somente o resultado do tratamento com 20 kg ha^{-1} de N em cobertura não se apresentou dentro dos padrões adequados para a cultura do milho (RAIJ, 1996).

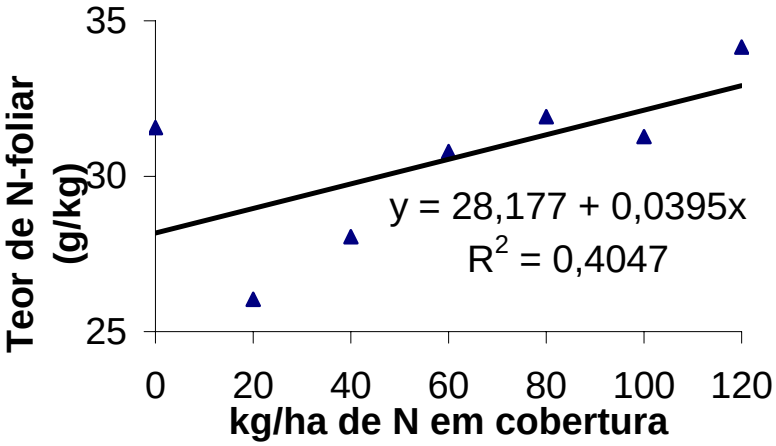

Figura 2 – Teor de nitrogênio foliar, em função dos tratamentos.

Pela análise econômica, apresentada na Tabela 3, pode-se verificar que o tratamento com 120 kg ha^{-1} de N em cobertura apresentou a maior lucratividade. No entanto, o tratamento com 60 kg ha^{-1} de N em cobertura apresentou taxa de retorno e índice de lucratividade superiores, isto é, 36,08 % do custo total ou 26,51% da receita bruta se constituem em recursos disponíveis ou lucro operacional.

Tabela 3 – Análise econômica da produção de milho em função da adubação nitrogenada de cobertura em Selvíra-MS, em outubro de 2001.

Doses de N em cobertura	Receita bruta [1]	Custo total [2]	Lucro operacional [3]	Taxa de retorno [4]	Índice de lucratividade [5]
kg ha^{-1}	---------- US$ ha^{-1} ----------			--------- % ---------	
0	419,83	309,57	110,26	35,62	26,26
20	418,28	324,11	94,17	29,06	22,51
40	443,43	333,47	109,96	32,97	24,80
60	466,52	342,84	123,68	36,08	26,51
80	406,51	352,20	54,31	15,42	13,36
100	480,72	361,56	119,15	32,95	24,79
120	499,67	370,93	128,74	34,71	25,77

[1]Receita bruta= produção (kg ha^{-1}) x valor (US$ kg^{-1} de milho); [2]Custos totais= valor referente aos custos operacionais, materiais ou insumos, depreciação de máquinas e equipamentos, outras despesas operacionais e juros de custeio; [3]Lucro operacional= receita bruta - custo total; [4]Taxa de retorno= [(receita bruta / custo total) - 1] x 100; [5]Índice de lucratividade= (lucro operacional / receita bruta) x 100. Preço da saca do milho a US$ 4,63, posto São Paulo (Fonte: BM&F). US$ 1,00 = R$ 2,74 (10/2001).

CONCLUSÕES

O aumento das doses de N em cobertura proporciona resposta linear para teor de N foliar e rendimento de grãos de milho. A aplicação de 60 kg ha^{-1} de N em cobertura é o mais economicamente indicado, pois proporciona maior taxa de retorno e maior índice de lucratividade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, W. F.; SAMPAIO, R. A.; MEDEIROS, R. D. de. Irrigação e adubação nitrogenada em milho. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.56, n.4, p.909-914. 1999.

ARNON, I. **Mineral nutrition of maize**. Bern: International Potash Institute, 1975. 452p.

CANTARELLA, H. Calagem e adubação do milho. In: BÜLL, L. T. **A cultura do milho: fatores que afetam a produtividade.** Piracicaba: POTAFOS, 1993. p.147-185.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E.; BAHIA FILHO, A. F. C.; GUEDES, G. A. A. Doses e métodos de aplicação de fertilizantes nitrogenados na cultura do milho sob irrigação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.16, p.61-67, 1992.

DEMATTÊ, J. L. I. **Levantamento detalhado dos solos do Campus experimental de Ilha Solteira**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1980. 114p. (mimeogr.).

DOMENICI, P. **Resposta da cultura do milho (Zea mays L.) a adubação nitrogenada em sistema de plantio direto, sob pivô central**. Ilha Solteira, 2000. 21p. (Trabalho de graduação) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho".

EMPRESA BRASILEIRA DE AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa do Solo (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa produção de informação, 1999. 412p.

FERNANDES, L. A.; FURTINI NETO, A. E.; VASCONCELOS, C. A.; GUEDES, G. A. A. Preparo do solo e adubação nitrogenada na produtividade do milho em latossolo sob vegetação de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, p.247-254,1998.

FERREIRA, A. C. B.; ARAÚJO, G. A. A.; PEREIRA, P. R. G. P.; CARDOSO, A. A. Características agronômicas e nutricionais do milho adubado com nitrogênio, molibdênio e zinco. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.58, n.1, p.131-138, 2001.

GOEDERT, W. J. **Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. São Paulo: Nobel, 1985. 422p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Princípios, métodos e técnicas de avaliação do estado nutricional. In:_____. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. p. 41-134.

MATSUNAGA, M.; BEMELMANS, P. F.; TOLEDO, P. E. N de; DULLEY, R. D.; OKAWA, H.; PEDROSO, I. A. Metodologia de custo de produção utilizado pelo IEA. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v.23, 1976, p.1-75.

MUZILLI, O. Manejo da fertilidade do solo. In: **Plantio direto no estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1981, p.43-57 (Circular, nº 23).

RAIJ, B. van et al. (eds). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico & Fundação IAC, 1996. 285p. (Boletim técnico 100)

SÁ, J. C. M. **Manejo de nitrogênio na cultura do milho no sistema plantio direto.** Passo Fundo: Aldeia Norte, 1996. 24p.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio para a cultura do milho num solo com alto teor de matéria orgânica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.1, p.13-24. 1994.

SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1974. 56p.

SILVA, A. F.; CRUZ, J. C.; CORRÊA, L. A. Avaliação de cultivares de milho: efeito da adubação de plantio e da adubação nitrogenada em cobertura. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 15, 1986, Brasília. **Anais...** Brasília: Embrapa-DDT, 1986. p. 315-322.

YAMADA, T. **Adubação nitrogenada no milho: quanto, como e quando aplicar.** Piracicaba. POTAFÓS, 1996. p.15. (Informações Agronômicas, 74).