

#### AGRÁRIA

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

v.4, n.3, p.238-244, jul.-set., 2009

Recife, PE, UFRPE. www.agraria.ufrpe.br

Protocolo 335 - 26/02/2008 • Aprovado em 05/05/2009

Francisco A. de Oliveira<sup>1</sup>

Lourival F. Cavalcante<sup>1,3</sup>

Ivandro de F. da Silva<sup>1</sup>

Walter E. Pereira<sup>1,3</sup>

Juliana C. de Oliveira<sup>2</sup>

José F. da C. Filho<sup>1</sup>

# Crescimento do milho adubado com nitrogênio e fósforo em um Latossolo Amarelo

## RESUMO

O experimento foi desenvolvido em casa-de-vegetação, no Departamento de Solos e Engenharia Rural do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB, com o objetivo de avaliar os efeitos de quatro doses de nitrogênio (0, 40, 80 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N) e de fósforo (0, 50, 100 e 150 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) na altura de plantas (AP), na área foliar (AF), no diâmetro de caule (DC), na produção de matéria seca (MS) e na evapotranspiração da cultura (ETc) do milho (*Zea mays* L.), cv. Sertaneja. Usou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso em esquema fatorial 4 x 4, com três repetições. A unidade experimental foi representada por um vaso plástico com 16 kg dos primeiros 20 cm de um Latossolo Amarelo. Ocorreu efeito significativo (p ≤ 0,01) linear para as doses de N e quadrático para as de P. A aplicação da dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N promoveu aumentos da ordem de 41%, 50%, 36%, 26% e 33%, respectivamente, nos resultados das variáveis AP, AF, DC, MS e ETc, enquanto que o suprimento de 137,5, 145,7, 145, 120 e 126,5 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> resultou em máximos resultados de AP, AF, DC, MS e ETc, respectivamente. Para as condições de solo e clima em que o trabalho foi conduzido há necessidade de aplicação de N e P para se obter rendimentos satisfatórios da cultura do milho.

**Palavras-chave:** *Zea mays*, produção, evapotranspiração, fertilidade do solo

## Growth of corn fertilized with nitrogen and phosphorus in a Yellow Latosol

## ABSTRACT

This work was carried out in greenhouse conditions at the Center of Agricultural Sciences of the Federal University of Paraíba, located in Areia, State of Paraíba, Brazil. The main objective was to evaluate the effects of four doses of nitrogen (0, 40, 80 and 120 kg ha<sup>-1</sup> of N) and phosphorus (0, 50, 100 and 150 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) on the height of plants (AP), leaf area (AF), stem diameter (DC), shoots dry matter yield (MS) and evapotranspiration (ETc) of a corn crop (*Zea mays* L.), cv. Sertaneja. The experiment was carried out in a randomized block design using a 4 x 4 factorial scheme, with three replications. The experimental unit was represented by a plastic recipient with 16 kilos of the first 20 cm a Yellow Latosol. The results showed significant linear effect for the doses of nitrogen and quadratic for the phosphorus. The dose of 120 kilos ha<sup>-1</sup> of N promoted increases of 41%, 50%, 36%, 26% and 33%, respectively, on the results of AP, AF, DC, MS and ETc, while the maximum results of AP, AF, DC, MS and ETc were verified, respectively, with the applied rates of 137.5, 145.7, 145, 120 and 126.5 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. For the soil and climatic conditions of this experiment, application of N and P are necessary to obtain satisfactory corn yields.

**Key words:** *Zea mays*, growth, evapotranspiration, soil fertility

<sup>1</sup> Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, CEP. 58.397-000, Areia-PB. Fone: (83)3362-2300. Fax: (83) 3362-2259. E-mail: oliveira@cca.ufpb.br; lofeca@cca.ufpb.br; ivandro@cca.ufpb.br; wep@cca.ufpb.br; costa@cca.ufpb.br

<sup>2</sup> Universidade Federal da Bahia, Faculdade de Direito, Rua da paz s/n - Graça, CEP. 40150-140, Salvador-BA. Fone: (71) 3283-9045. Fax: (71) 3283-9065. E-mail: julipbp@yahoo.com.br

<sup>3</sup> Bolsista do CNPq

## INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é largamente cultivado e consumido em todos os continentes, com produção de cerca de 600 milhões de toneladas, inferior apenas àquelas do trigo e do arroz. Os Estados Unidos (EUA), com quase 40% da produção, a China com 20% e o Brasil com cerca de 6%, são os maiores produtores mundiais (Estados Unidos, 2003; Duarte, 2008). Apesar de ser o terceiro maior produtor do cereal, o Brasil possui uma média de produtividade considerada baixa (3.352 kg ha<sup>-1</sup>), quando comparada com a da China (4.933 kg ha<sup>-1</sup>) e com a dos Estados Unidos (8.672 kg ha<sup>-1</sup>). A produtividade brasileira, entretanto, tem crescido sistematicamente, passando de 1.874 kg ha<sup>-1</sup>, em 1990, para 3.352 kg ha<sup>-1</sup>, em 2001 (Duarte, 2008). A cultura do milho no Brasil é de grande importância para o agronegócio nacional, além de ser a base de sustentação para a pequena propriedade, devendo ser interpretada sob a ótica da cadeia produtiva ou dos sistemas agro-industriais, visto ser o milho insumo para uma centena de produtos (Duarte et al., 2008). Em termo de manejo do solo, deve-se ressaltar os benefícios do milho na rotação de culturas no sistema de plantio direto (Melo & Souza, 2003).

O nitrogênio é o nutriente mais exigido pelas culturas e, freqüentemente, é o que mais limita a produtividade de grãos (Raij, 1991; Coser et al., 2007). Estima-se que a necessidade de N para produção de uma tonelada de grãos de milho varie de 20 a 28 kg ha<sup>-1</sup> (Argenta et al., 2002). Enquanto no Brasil a quantidade utilizada de N é, em média, de 60 kg ha<sup>-1</sup>, na China é de 130 kg ha<sup>-1</sup> e nos Estados Unidos, de 150 kg ha<sup>-1</sup> (International Fertilizer Industry Association, 2007).

Dentre os macronutrientes primários, o fósforo é, quantitativamente, o menos exigido pelas culturas (Malavolta, 2006), não obstante, trata-se de um nutriente de grande uso na adubação das culturas no Brasil (Oliveira et al., 1982). A carência generalizada de fósforo nos solos brasileiros decorre da forte interação desse nutriente com os colóides do solo, proporcionando alta capacidade de fixação e baixa disponibilidade de P, concorrendo para resposta à adubação fosfatada na grande maioria dos solos brasileiros, principalmente nos Latossolos (Oliveira et al. 1982; Novais et al., 2007).

Os Latossolos das regiões tropicais, a exemplo do Brasil, possuem baixos teores de matéria orgânica e elevada capacidade de adsorção ou fixação de P, devido principalmente aos altos teores de óxidos de Fe e Al na composição mineralógica desses solos (Malavolta, 2006). Em sua grande maioria são solos ácidos, possuem baixa saturação por bases e elevado teores de alumínio trocável (Prado, 2003). Em geral, são solos de baixa fertilidade natural, principalmente na disponibilidade de nitrogênio e fósforo (Raij, 1991; Novais et al., 2007).

Como fator preponderante, a inadequada nutrição das plantas concorre para baixos índices de produtividade, devido à falta de gestão no programa de adubação ou inexistência de adubação, haja vista que, para atingir elevados rendimentos biológicos, o milho necessita ter as suas exigências nutricionais plenamente satisfeitas, visto que produtividades elevadas implicam grande extração de nutrientes (Gomes et al., 2007). Dentre os fatores responsáveis pela alta produtivi-

dade da cultura do milho nos EUA, está o aumento expressivo no uso dos fertilizantes nitrogenados (Araújo et al., 2004).

Baixos teores de fósforo nos solos brasileiros são relatados por Silveira (1986), em vários solos do Nordeste, por Klepker & Anghinoni (1995) para o Rio Grande do Sul, Caires et al. (1999) para o Paraná, Bull et al. (1998) para São Paulo e por Amabile et al. (1999) para Goiás. Segundo Oliveira et al. (1982) a baixa disponibilidade de P nesses solos tem limitado, com freqüência, respostas na produção do milho. Lucena et al. (2000) e Alves et al. (2002) observaram mediante a aplicação de doses de nitrogênio e de fósforo, incrementos na produção da cultura do milho.

Considerando-se que a deficiência de N e P no solo pode ser corrigida com adubação nitrogenada e fosfatada, objetivou-se, neste estudo, avaliar o efeito da aplicação de doses de nitrogênio e fósforo na altura de plantas (AP), na área foliar (AF), no diâmetro de caule (DC), na produção de matéria seca (MS) e na evapotranspiração (ETc) do milho (*Zea mays* L.) cv. Sertaneja, cultivado em um Latossolo Amarelo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em condições controladas, no Departamento de Solos e Engenharia Rural - DSER, do Centro de Ciências Agrárias - CCA/UFPB, no município de Areia, PB, durante o período de agosto a dezembro de 2005. O local da pesquisa fica a aproximadamente 1 (um) km ao Norte do ponto coordenado por: 6° 58' de latitude Sul, 35° 41' de longitude a Oeste de Greenwich e altitude de 575 m.

Utilizou-se material de um Latossolo Amarelo (Embrapa., 2006), da microrregião do Brejo Paraibano, coletado na profundidade de 0 a 20 cm, que apresentou os seguintes resultados analíticos: 542, 92, e 366 g dm<sup>-3</sup> de areia total, silte e argila, respectivamente; umidade a 0,033 MPa de 0,16 g g<sup>-1</sup> e a 1,500 MPa de 0,10 g g<sup>-1</sup>; pH em água (4,70); bases trocáveis 1,60, 0,90, 0,03, 0,22 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, respectivamente; acidez potencial (H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>) de 5,86 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; 2,6 mg dm<sup>-3</sup> de P disponível (Mehlich 1) e 16,3 g dm<sup>-3</sup> de matéria orgânica.

Os tratamentos foram definidos por quatro doses de nitrogênio (0, 40, 80 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N), na forma de sulfato de amônio (20% de N) e quatro de fósforo (0, 50, 100 e 150 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), na forma de superfosfato triplo (45% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total). Foi usado o delineamento experimental em blocos ao acaso com os tratamentos arranjados em esquema fatorial: 4 x 4 (quatro doses de nitrogênio e quatro de fósforo), com três repetições. A unidade experimental foi representada por um vaso plástico, com capacidade para 20 L, contendo 16 kg de solo secado ao ar.

Aos 70 dias antes da semeadura do milho, cv. Sertaneja, procedeu-se a correção da acidez do solo com base no método do alumínio trocável (Raij et al., 1996), usando-se o calcário dolomítico com o PRNT corrigido para 100%. Durante o período de incubação (70 dias) a umidade do solo permaneceu próxima da capacidade de campo com revolvimento semanal do material do solo. Todo o fósforo e metade do nitrogênio foram misturados ao solo por ocasião da semeadura. O

restante do nitrogênio foi aplicado após o desbaste (15 dias da emergência).

Procedeu-se uma adubação de manutenção usando solução nutritiva de Hoagland modificada para cultivo de plantas (Epstein & Bloom, 2006) com omissão do nitrogênio e do fósforo. As irrigações foram realizadas com intervalos de um a dois dias, procurando-se manter a umidade do solo em cerca de 70% a 80% da capacidade de campo. Foram avaliadas as variáveis: altura de plantas, diâmetro caulinar, área foliar, segundo Santos (1997), produção de matéria seca da parte aérea e evapotranspiração da cultura (ETc), estimada pela diferença entre a quantidade de água aplicada semanalmente, em cada vaso, e a drenada. Os resultados foram submetidos à análise de variância e da regressão polinomial, sendo utilizado o teste F para verificar a significância dos efeitos polinomiais, escolhendo-se o modelo de maior grau (Gomes, 1990).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os resultados das análises de variância referentes às variáveis: altura de plantas, área foliar, diâmetro de caule, matéria seca e evapotranspiração do milho. Observa-se que houve efeito significativo ( $p \leq 0,01$ ) das doses isoladas de nitrogênio e de fósforo, para todas as variáveis analisadas. Entretanto, constatou-se interação das doses de nitrogênio e de fósforo apenas para a altura de plantas e matéria seca. O desdobramento dos efeitos por meio da análise de regressão polinomial evidenciou efeito linear para o nitrogênio e quadrático para o fósforo. Para o mesmo solo utilizado no presente estudo, porém em condições de campo, Lucena et al. (2000) obtiveram resposta do nitrogênio e do fósforo na altura das plantas e no rendimento da cultura do

milho, cv. BR 5033. Em idênticas condições de casa-de-vegetação, Alves et al. (2002) também com o mesmo solo do presente estudo, obtiveram resposta da adubação fosfatada nas plantas de milho, cv. BR 106. Outros autores têm registrado, em condições de campo, respostas do milho à adubação nitrogenada (Mendonça et al., 1999; Araújo et al., 2004) e à adubação fosfatada (Sousa & Volkweiss, 1987). Respostas generalizadas das culturas à adubação fosfatada também são reportadas por Oliveira et al. (1982) para a grande maioria dos Latossolos brasileiros.

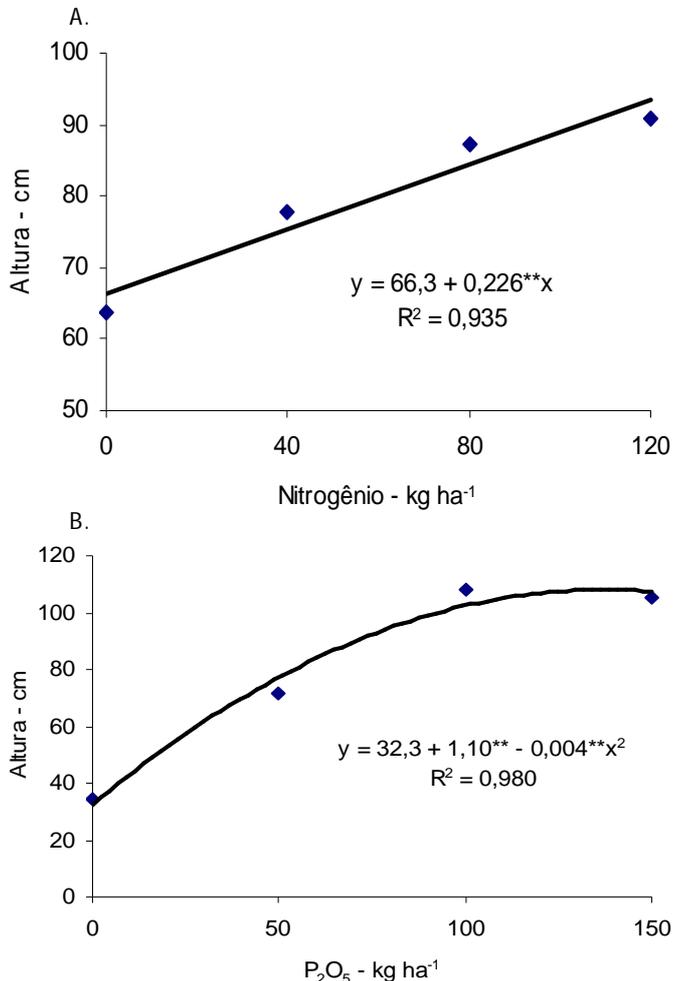
Na Tabela 1 estão registrados os valores médios das variáveis analisadas onde, é possível observar que houve resposta das doses de nitrogênio aplicadas ao solo e de fósforo até  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , exceto para área foliar e diâmetro de caule, que cresceram até a aplicação de  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ . A análise de regressão polinomial revelou aumento linear ( $p \leq 0,01$ ) do crescimento em altura das plantas (Figura 1A), em função do suprimento de N. De acordo com o modelo obtido, as plantas cresceram, teoricamente, numa taxa de  $0,226 \text{ cm}$  por unidade de nitrogênio ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) aplicado ao solo. Esse incremento por aumento unitário de N contribuiu significativamente com a altura das plantas em 41%, em relação à testemunha. Quanto ao fósforo, registrou-se comportamento quadrático ( $p \leq 0,01$ ), com o fornecimento das doses, obtendo-se a máxima altura de plantas ( $108 \text{ cm}$ ) com a dose de  $137,5 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  (Figura 1 B). Com o mesmo solo, porém em condições de campo, a altura máxima do milho, cv. BR 5033 ( $146,3 \text{ cm}$ ), foi atingida com aplicação de  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de N e altura máxima de  $151,2 \text{ cm}$  com aplicação de  $177,3 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  (Lucena et al., 2000). Gomes et al. (2007) obteve a máxima altura do milho com aplicação de  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de N aplicado a um Latossolo Vermelho Distrófico.

**Tabela 1.** Resumo da análise de variância e médias das variáveis altura de plantas (AP), diâmetro de caule (DC), área foliar (AF), matéria seca (MS) e evapotranspiração da cultura (ETc) do milho, submetida a doses de nitrogênio e de fósforo aplicados ao solo.

**Table 1.** Summary of the variance analysis and averages of the variables height of plants (AP), stem diameter (DC), leaf area (AF), shoots dry matter (MS) and evapotranspiration (Etc) of the corn, submitted to doses of nitrogen and of phosphorus applied to the soil.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio				
		AP (cm)	AF (cm <sup>2</sup> /planta)	DC (mm)	MS (g/planta)	ETc (mm)
Fósforo (F)	3	13346,6**	25019416,4**	81,5**	2063,8**	106225,7**
Nitrogênio (N)	3	653,9**	617182,8**	10,1**	52,4**	8506,4**
N x F	9	49,0**	47890,9 <sup>ns</sup>	2,6 <sup>ns</sup>	6,2*	377,3 <sup>ns</sup>
NI	1	1809,5**	1689511,0**	23,4**	153,7**	22746,8*
Nq	1	27,6 <sup>ns</sup>	132825,5 <sup>ns</sup>	6,7 <sup>ns</sup>	3,6 <sup>ns</sup>	1934,2 <sup>ns</sup>
PI	1	35868,1**	685043131,7**	209,2**	5681,3**	287477,6**
Pq	1	3316,7**	2873659,0**	13,5*	345,1**	19622,3*
Rep	2	4,8 <sup>ns</sup>	212,4 <sup>ns</sup>	7,2 <sup>ns</sup>	1,4 <sup>ns</sup>	224,7 <sup>ns</sup>
Trat	15	(14000,5)	(250636598,2**)	(91,6**)	(217,2**)	(114732,1**)
Resíduo	30	9,99	44605,88	2,15	2,38	3304,60
N ( $\text{kg ha}^{-1}$ )				Médias		
0		63,8	2103,1	15,8	115,8	374,6
40		77,7	2677,5	19,1	127,8	339,6
80		87,5	2900,3	20,1	135,4	428,8
120		90,7	3240,6	21,4	146,8	497,8
$\text{P}_2\text{O}_5$ ( $\text{kg ha}^{-1}$ )						
0		34,2	815,8	14,4	103,4	256,9
50		71,6	2430,8	19,0	131,4	413,1
100		108,1	3781,5	21,5	146,2	524,1
150		105,8	3893,3	21,6	144,9	509,0
CV%		3,78	8,03	7,58	4,80	13,71

\*, \*\* e <sup>ns</sup>: significativo a 5%, 1% e não significativo, respectivamente pelo teste F; CV %: coeficiente de variação



**Figura 1.** Regressão dos valores médios da altura de plantas (AP) de milho em função das doses de nitrogênio (A) e de fósforo (B) aplicadas ao solo

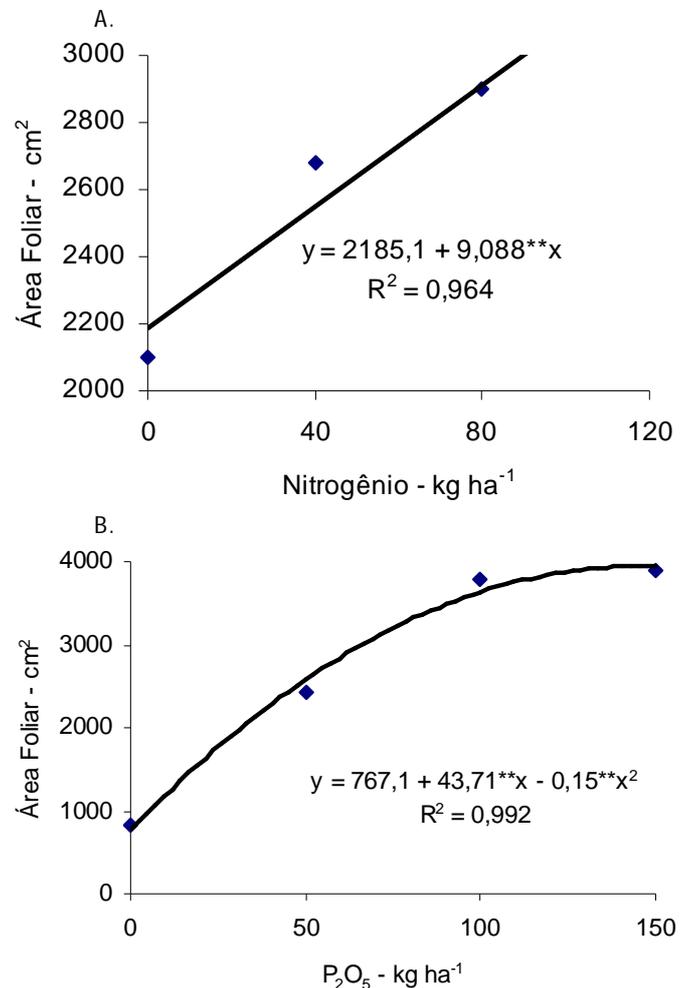
**Figure 1.** Regression of the average values of the height of corn plants (AP) in function of the doses of nitrogen (A) and phosphorus (B) applied to the soil

Segundo os coeficientes de determinação obtidos (Figura 2A e 2B) os resultados da área foliar são explicados em 96% pelos tratamentos de nitrogênio e em 99% pelos de fósforo. A análise de regressão polinomial revelou efeito ( $p \leq 0,01$ ) positivo e linear das doses de N na área foliar das plantas (Figura 2A). De acordo com o modelo, a área foliar sofreu incremento médio de 9,1 cm<sup>2</sup> por unidade de nitrogênio (kg ha<sup>-1</sup>) aplicado, correspondendo a aumento de 50%, em relação à testemunha. Para o fósforo os tratamentos promoveram efeito ( $p \leq 0,01$ ) quadrático, cujo modelo estimado permite afirmar que a máxima área foliar das plantas (3860 cm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>) seria atingida, teoricamente, com aplicação ao solo de 145,7 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Figura 2B). A título de referência, Lucena et al. (2000) com o mesmo solo, porém em condições de campo, constatou que a aplicação de 65 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> promoveu a área foliar máxima (2517 cm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>) do milho.

Através da análise de regressão polinomial constatou-se efeito ( $p \leq 0,01$ ) linear, crescente, das doses de nitrogênio no diâmetro de caule (Figura 3A). De acordo com o modelo obtido, o diâmetro de caule cresceu, em média,

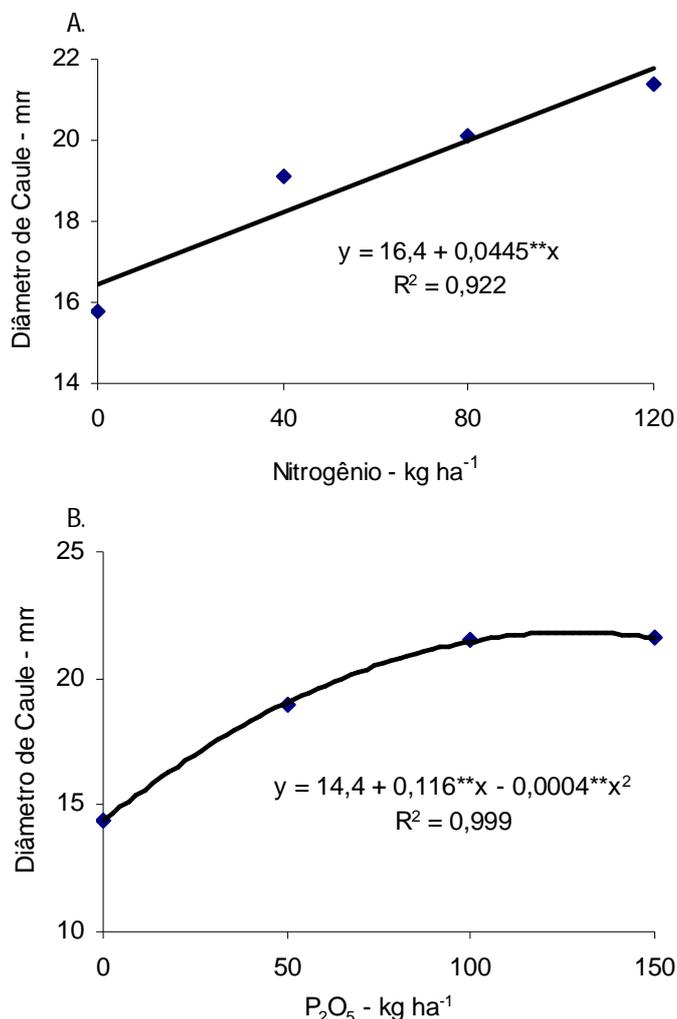
numa taxa de 0,0445 mm por unidade de nitrogênio (kg ha<sup>-1</sup>) aplicado ao solo. No intervalo das doses aplicadas, o N promoveu aumento no diâmetro de caule das plantas em 36%. Com relação ao fósforo, observou-se ajuste ao modelo quadrático de regressão, pelo qual foi possível calcular o diâmetro máximo de caule (109 mm), com aplicação de 145 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Figura 3B). Resposta no diâmetro de caule também foi obtida por Lucena et al. (2000) para a cultura do milho, com o mesmo solo.

As doses de N promoveram incremento linear na produção de matéria seca das plantas de milho (Figura 4A). De acordo com o modelo de regressão, a produção de matéria seca das plantas aumentou em 0,251 g planta<sup>-1</sup> por unidade de nitrogênio (kg ha<sup>-1</sup>) aplicado ao solo, em média. Na faixa das doses empregadas, o nitrogênio promoveu aumento na produção de matéria seca em 26%. Para o fósforo os tratamentos promoveram efeito ( $p \leq 0,01$ ) quadrático, cujo modelo estimado permite afirmar que a máxima produção de matéria seca da cultura (146,5g planta<sup>-1</sup>) seria atingida, teoricamente, com aplicação ao solo



**Figura 2.** Regressão dos valores médios da área foliar por planta (AF) da cultura do milho, em função das doses de nitrogênio (A) e de fósforo (B) aplicadas ao solo

**Figure 2.** Regression of the average values of the corn leaf area (AF), in function of the doses of nitrogen (A) and phosphorus (B) applied to the soil



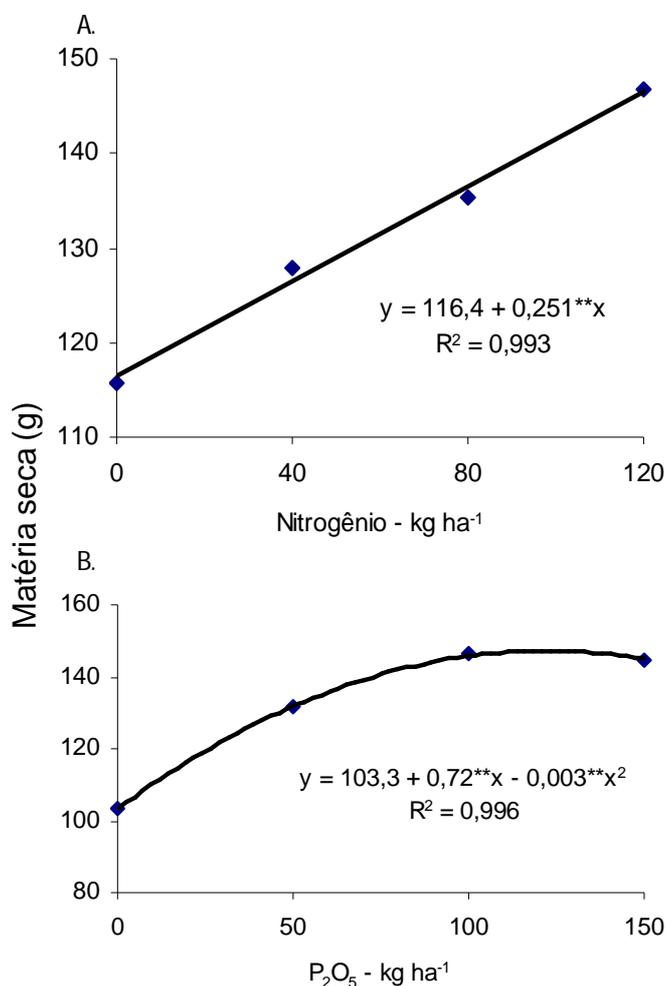
**Figura 3.** Regressão dos valores médios do diâmetro de caule (DC) da cultura do milho em função das doses de nitrogênio (A) e de fósforo (B) aplicadas ao solo

**Figure 3.** Regression of the average values of the corn stem diameter (DC) in function of the doses of nitrogen (A) and of phosphorus (B) applied to the soil

de 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Figura 4B). Lucena et al. (2000) obtiveram a máxima produção de matéria seca com aplicação ao de 117 kg ha<sup>-1</sup> de N e com 175 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Alves et al. (2002) também constataram efeito linear crescente com a aplicação de até 120 kg ha<sup>-1</sup> de N. Em condições de irrigação, Mendonça et al. (1999) obtiveram produção máxima do milho com aplicação de 262,6 kg ha<sup>-1</sup> de N. As curvas de resposta obtidas por Lucena et al. (2000) evidenciaram que o máximo rendimento do milho seria atingido com aplicação de 111 kg ha<sup>-1</sup> de N e com 197 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Araújo et al. (2004) em condições de campo, em um Latossolo Vermelho Distroférico irrigado, obtiveram aumento significativo ( $p \leq 0,01$ ) na produção de matéria seca da parte aérea e de grãos do milho até a aplicação de 180 kg ha<sup>-1</sup> de N.

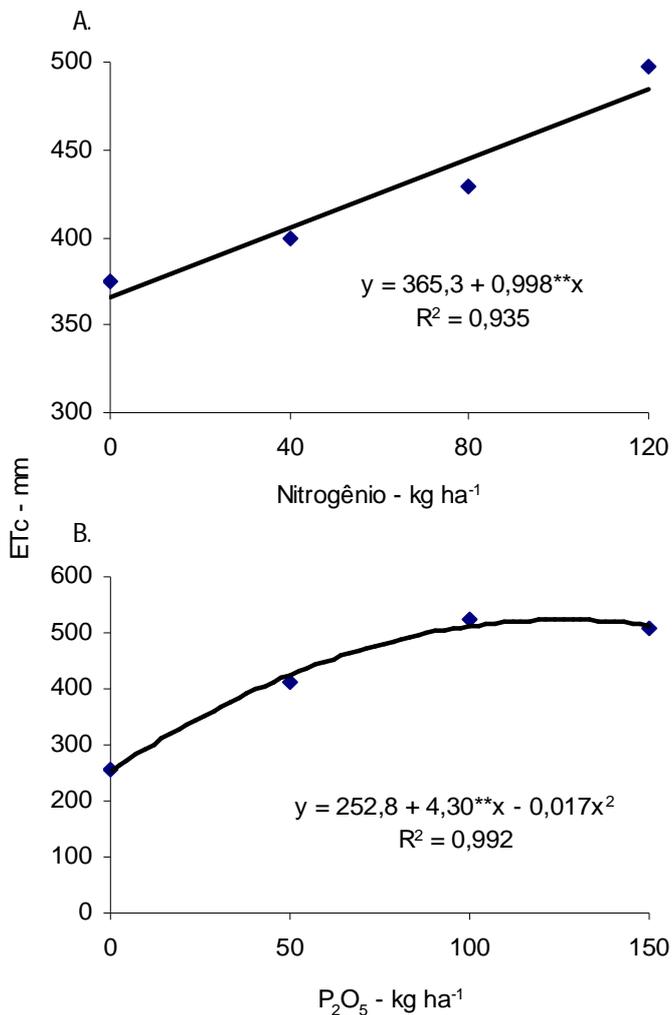
De acordo com os coeficientes de determinação obtidos (Figura 5A e 5B) os resultados da evapotranspiração da cultura (ETc) são explicados em 93% pelos tratamentos de nitrogênio e em 99% pelos de fósforo. Os resulta-

dos da ETc, a exemplo das outras variáveis estudadas, aumentaram de forma linear ( $p \leq 0,01$ ) com as doses de nitrogênio (Figura 5A). De acordo com o modelo linear obtido a ETc cresceu, teoricamente, numa taxa de 0,998 mm por unidade de nitrogênio (kg ha<sup>-1</sup>) aplicado ao solo, com aumento na evapotranspiração do milho em 33% para a maior dose de N aplicada em relação ao tratamento controle. Para o fósforo os tratamentos promoveram efeito ( $p \leq 0,01$ ) para o modelo quadrático, em que a máxima evapotranspiração da cultura (524,6 mm) seria atingida com aplicação de 126,5 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Figura 5B). Os resultados, de certa forma, estão compatíveis com os de Alves et al. (2002) quando constataram efeito linear crescente com as doses de fósforo no consumo de água pelo milho até a dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Para Doorenbos & Kassam (2000) a necessidade hídrica do milho, dependendo das condições edafoclimáticas, podendo variar entre 500 e 800 mm de água.



**Figura 4.** Regressão dos valores médios da produção de matéria seca por planta (MS) de milho em função dos tratamentos de nitrogênio (A) e de fósforo (B) aplicados ao solo

**Figure 4.** Regression of the average values of the corn shoots dry matter (MS) in function of the treatments of nitrogen (A) and phosphorus (B) applied to the soil



**Figura 5.** Regressão dos valores médios da evapotranspiração da cultura (ETc) do milho em função das doses de nitrogênio (A) e de fósforo (B) aplicadas ao solo

**Figure 5.** Regression of the average values of the corn crop evapotranspiration (ETc) in function of the doses of nitrogen (A) and phosphorus (B) applied to the soil

## CONCLUSÕES

A adubação nitrogenada e fosfatada estimulou o crescimento do milho.

As doses de nitrogênio promoveram aumentos lineares na altura de plantas, área foliar, diâmetro de caule, produção de matéria seca da parte aérea e evapotranspiração da cultura, para a aplicação de até 120 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Nos tratamentos com fósforo, a altura das plantas, área foliar, diâmetro de caule, produção de matéria seca da parte aérea e evapotranspiração da cultura, foram estimulados com aplicação de 137,5, 145,7, 145, 120 e 126,5 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente.

## LITERATURA CITADA

Alves, W.A.; Albuquerque, J.H.; Oliveira, F.A.; Cavalcante, L.F.; Souza, C.C. Manejo da água disponível no solo e adubação fosfatada: efeito sobre a cultura do milho. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.6, n.2, p.247-251. 2002.

Amabile, R.F.; Fancelli, A.L.; Carvalho, A.M. Absorção de N, P e K por espécies de adubos verdes cultivados em diferentes épocas e densidades num latossolo Vermelho-Escuro argiloso sob cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.23, n.4, p.837-845, 1999.

Araújo, L.A.N.; Ferreira, M.E.; Cruz, M.C.P. Adubação nitrogenada na cultura do milho. *Revista Agropecuária Brasileira*, v. 39, n. 8, p.771-777. 2004.

Argenta, G.; Silva, P.R.F.; Mielniczuk, J.; Bertolini, C.G. Parâmetros de planta como indicadores do nível de nitrogênio na cultura do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.37, n.4, p.519-527, 2002

Bull, L.T.; Forli, F.; Tecchio, M.A.; Corrêa, J.C. Relação entre fósforo extraído por resina e resposta da cultura do alho à adubação fosfatada em cinco solos com e sem adubação orgânica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.22, n.3, p.459-470, 1998.

Caires, E.F.; Fonseca, A.F.; Mendes, J.; Chueiri, W.A.; Madruga, E.F. Produção de milho, trigo e soja em função das alterações das características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície, em sistema de plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, n.2, p.315-327, 1999.

Coser, T.R.; Ramos, M.L.G.; Amabile, R.F.; Ribeiro Júnior, W.Q. Nitrogênio da biomassa microbiana em solo de Cerrado com aplicação de fertilizante nitrogenado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.42, n.3, p.399-406, 2007.

Doorenbos, J.; Kassam, A.H. Efeito da água no rendimento das culturas. Campina Grande: UFPB, 2000. 221p. 2 ed. (FAO. Irrigação e Drenagem, 33).

Duarte, J.O. Cultivo do milho: importância econômica. <http://www.sistemasdesproçãp.cnptia.embrapa.br/Fontes.HTML/Milho/CultivodoMilho/importância.htm>. 22 Fev. 2008.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2006. 306p.

Estados Unidos. Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service. World agricultural production, 2003. [http://www.fas.usda.gov/wap/circular/3003/03-01/wap\\_01-03.pdf](http://www.fas.usda.gov/wap/circular/3003/03-01/wap_01-03.pdf). 26 Dez. 2007.

Epstein, E.; Bloom, A.J. Nutrição Mineral de plantas: princípios e perspectivas. Tradução de Nunes, M.E.T. Londrina: Editora Planta, 2006. p.17-40.

Gomes, F. P. Curso de estatística experimental. Piracicaba: Nobel, 1990. 468p.

Gomes, R.F.; Silva, A.G.; Assis, R.L.; Pires, F.R. Efeito de doses e da época de aplicação de nitrogênio nos caracteres agrônômicos da cultura do milho sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v.31, n.5, p.931-938. 2007.

International Fertilizer Industry Association. Fertilizer Use by Crop. 5th ed. Paris, 2002. <http://www.fertilize.org/ifa/statistics.asp>. 26 Dez. 2007.

Klepker, D.; Anghinoni, I. Crescimento radicular e aéreo do milho em vasos em função do nível de fósforo no solo e da localização do adubo fosfatado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.19, n.3, p.403-408, 1995.

- Lucena, L. de F.C.; Oliveira, F.A.; Silva, I. de F.; Andrade, A.P. de. Respostas do milho a diferentes níveis de nitrogênio e fósforo aplicados ao solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.4, n.3, p.334-337. 2000.
- Malavolta, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Ceres, 2006. 638p.
- Melo, W.J.; Souza, W.J.O. Matéria orgânica em um Latossolo submetido a diferentes sistemas de produção de milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, n.6, p.1113-1122. 2003.
- Mendonça, F.C.; Medeiros, R.D.; Botrel, T.A.; Frizzone, J.A. Adubação nitrogenada do milho em um sistema de irrigação por aspersão em linha. *Scientia Agrícola*, v.56, n.4, p.1151-1155, 1999.
- Novais, R. F.; Alvarez, V. V. H.; Barros, N. F.; Fontes, R. L. F.; Cantarutti, R. B.; Neves, J. C. L. Fertilidade do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017p.
- Oliveira, A.J., Lourenço, S., Goedert, W.J. Adubação fosfatada no Brasil. Brasília, EMBRAPA, 1982. p. 326.
- Prado, R.M.A. a calagem e as propriedades físicas de solos tropicais: Revisão de literatura. *Revista Biociência*, v.9, n.3, p.7-16. 2003
- Raij, B. van. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba: Ceres/Potafos, 1991. 343p.
- Raij, B. van; Cantarella, H.; Quaggio, J.A.; Furlani, A.M.C. Recomendação de adubação e calagem para o estado de São Paulo. 2ed. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1996. p.56-59 (Boletim Técnico, 160).
- Santos, A.C. Espaçamento x níveis de nitrogênio: Efeito sobre a produção e o desenvolvimento de dois cultivares de milho pipoca (*Zea mays everta*). Areia: UFPB, 1997. 73p. Monografia Graduação.
- Silveira, J.C. da. Determinação da necessidade de calagem em solos do Estado do Ceará. Fortaleza: UFCE, 1986. 67p. Dissertação Mestrado.
- Sousa, D.M.G. de.; Volkweiss, S.J. Rendimento de matéria seca e conteúdo de fósforo da parte aérea do milho influenciados pela adubação com superfosfato triplo em pó e em grânulos. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v.11, n.2, p.127-132, 1987.