

Crescimento de milho em níveis contrastantes de nitrogênio e sua correlação com produtividade de grãos

Edmar V. de Carvalho¹, Leandro L. Cancellier², Flávio S. Afférr¹, Michel A. Dotto¹,
Joênes M. Peluzio¹ & Onésimo de S. Cruz¹

¹ Fundação Universidade Federal do Tocantins, Campus Universitário de Gurupi, Rua Badejós, Chácaras 69 e 72, Lote 07, Zona Rural, CEP 77404-970, Gurupi-TO, Brasil. E-mail: carvalho.ev@uft.edu.br; flavio@uft.edu.br; micheldotto@hotmail.com; joenesp@uft.edu.br; onesimo89@hotmail.com

² Universidade Federal de Lavras, Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, CEP 37200-000, Lavras-MG, Brasil. Caixa Postal 3037. E-mail: leandrocancellier@hotmail.com

RESUMO

O objetivo da presente pesquisa foi avaliar características do crescimento inicial de genótipos de milho em vaso, em níveis contrastantes de nitrogênio e, posteriormente, estimar a correlação dessas características com a produtividade de grãos e eficiência do nitrogênio, obtidas em experimentos de campo com os mesmo níveis de nitrogênio e genótipos. Foram realizados dois experimentos em estufa não climatizada, um sem nitrogênio na semeadura e outro com, na dose equivalente a 150 kg de N ha⁻¹. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado com duas repetições, com parcela útil composta de dois vasos de 5 dm³, com irrigação através do uso diário de regadores convencionais e mantida durante toda a condução dos experimentos, até os 49 dias após a semeadura (DAS). Os genótipos apresentaram aumento significativo de aproximadamente 34% na massa seca da parte aérea e 25% e 24%, respectivamente, no diâmetro de colmo e na altura de planta, com a utilização de nitrogênio na semeadura. Através da altura de plantas após 10 dias da semeadura e do coeficiente de regressão linear da altura de plantas, em condições de baixa disponibilidade de nitrogênio em vaso, pode-se detectar parcialmente, genótipos de milho com boa produtividade de grãos a campo sob a mesma condição nutricional.

Palavras-chave: estresse nutricional; estufa não climatizada, melhoramento, *Zea mays* L.

Growth of corn at contrasting nitrogen levels and the correlation with grain yield

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the initial growth characteristics of genotypes of corn in pot experiment, with contrasting nitrogen levels, and afterwards to estimate the correlation among these characteristics with the grain yield and nitrogen efficiency obtained in the field experiments with the same nitrogen levels and genotypes. Two experiments were conducted in green house, one without nitrogen at seeding, and other with nitrogen equivalent to 150 kg N ha⁻¹. The experimental design was in randomized blocks with two replications, with the plot composed of two pots of 5 dm³ irrigated daily manually throughout the experimental period (until 49 days after seeding -DAS). The genotypes showed significant increase of approximately 34% in dry mass of aerial parts, and 25 and 24%, respectively, in stem diameter and plant height, with the application of nitrogen at seeding. Through the plant height at 10 days after seeding and the coefficient of linear regression of plant height under low nitrogen availability in pot, it is possible to identify partially, corn genotypes of good grain yield in the field conditions under the same nutritional status.

Key words: nutritional stress, green house, improvement, *Zea mays* L.

Introdução

Dentre os fatores limitantes do crescimento vegetal, o nitrogênio, como um dos mais importantes, é considerado fundamental no aumento da produção agrícola (Zotarelli et al., 2008), como evidenciado nos trabalhos de Evans et al. (2003) e Oliveira et al. (2009) com a cultura do milho.

Nesta cultura, pesquisas como a de Bastos et al. (2008) demonstram que em determinadas condições o aumento da produtividade de grãos está linearmente relacionado com o aumento da quantidade de nitrogênio aplicado à cultura. Além desta resposta ao uso do nitrogênio, dentro da cultura do milho existe grande fonte de germoplasma, onde é possível encontrar diferenças de produtividade entre os genótipos em diversos ambientes e, materiais produtivos (que são eficientes) sob condições de estresse de nitrogênio (Cui et al., 2009).

A busca de genótipos eficientes justifica-se por vários motivos, dentre deles está a tônica mundial que prima pelo uso eficiente de fertilizantes na produção agrícola, essencial na diminuição dos impactos ambientais (Zotarelli et al., 2008). Isto é possível através de pesquisas que podem ter, como objetivo, a elucidação de maneira mais clara da eficiência do uso do nitrogênio, como encontrado no trabalho de Chen et al. (2010), que buscaram uma nova ferramenta para predição da eficiência do nitrogênio nas culturas do milho e do trigo.

Essas pesquisas, no entanto, nem sempre têm custos baratos, pela quantidade de material necessário para sua realização pois, conforme relato de Duarte et al. (2005), na avaliação dos genótipos, a quantidade de materiais é bastante onerosa. A solução da redução dos custos e do tempo (redução de materiais) seria a avaliação prévia do crescimento inicial de genótipos em vasos, para levar a campo somente apenas o necessário, quando houver características de fácil mensuração, como a altura de plantas, que tenham correlação com a produtividade (Katsvairo et al., 2003) e apresentem diferença entre os genótipos. Para tal, é conveniente que se façam estudos de correlação entre características avaliadas em distintas condições de desenvolvimento, o que já é encontrado nos trabalhos de Presterl et al. (2003) e de Lorenzana & Bernardo (2008) com genótipos de milho.

Esta pesquisa propõe avaliar características do crescimento inicial de genótipos de milho em vaso na safra verão 2009/2010, em níveis contrastantes de nitrogênio e posteriormente estimar a correlação dessas características com a produtividade de grãos e eficiência do nitrogênio, obtidas em experimentos de campo com os mesmos níveis de nitrogênio e genótipos.

Material e Métodos

Experimentos a Campo

Os experimentos de campo, de baixa (0 kg N ha^{-1} em cobertura) e alta (150 kg N ha^{-1} em cobertura) disponibilidade de nitrogênio, foram realizados no município de Gurupi-TO, na safra 2009/2010, em delineamento experimental de blocos casualizados, com duas repetições e 25 genótipos de milho. As parcelas foram constituídas de duas linhas de três metros com espaçamento de 0,9 m. A adubação de sementeira foi realizada na dose de 600 kg ha^{-1} do adubo formulado 4-14-8 (NPK) e a

de cobertura realizada quando as plantas estavam no estágio V6. Os demais tratamentos culturais foram efetuados assim que necessários. A colheita foi feita após a maturação fisiológica e a produtividade de grãos foi obtida pela pesagem dos grãos debulhados e corrigidos para 13% de umidade, expressos em kg ha^{-1} , a qual foi utilizada no cálculo do índice de Fischer et al. (1983).

Experimentos em Vaso

Os experimentos em vaso foram realizados em estufa não climatizada, no Campus Universitário de Gurupi da Universidade Federal do Tocantins, na safra verão 2009/2010. Foram utilizadas amostras de um Latossolo Vermelho Amarelo caracterizado por ser de baixa fertilidade e proveniente de área de cerrado nativo, as quais foram coletadas a uma profundidade de 0-30 cm.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com duas repetições, com unidades experimentais compostas por dois vasos com capacidade de 5 dm^3 , em cada experimento. Avaliaram-se 25 genótipos de milho, sendo 24 populações experimentais (P.) e uma população de polinização aberta comercial (Comercial – Comerc.), em dois experimentos. Cada experimento correspondeu a um nível de disponibilidade de nitrogênio, um com o nível $0 \text{ kg de N ha}^{-1}$ (0 N) e outro com $150 \text{ kg de N ha}^{-1}$ (150 N) na sementeira.

Cada vaso recebeu 5 dm^3 de solo mais 3,5 g de superfosfato simples e 0,6 g de cloreto de potássio, que corresponderam a aproximadamente $280 \text{ kg de P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ e $160 \text{ kg de K}_2\text{O ha}^{-1}$ na sementeira. Nos vasos, do experimento 150 N, foi adicionado 1,5 g de sulfato de amônia, o que correspondeu a aproximadamente $150 \text{ kg de N ha}^{-1}$.

Foram semeadas cinco sementes por vaso e, após seis dias, feito o desbaste, deixando-se três plantas por vaso. A irrigação foi mantida desde a sementeira até o final da condução dos experimentos, com turno de rega de um dia, com o uso de regadores convencionais, sempre irrigando até a capacidade de campo, mantendo a alta umidade no solo. O controle de plantas daninhas foi efetuado quando oportuno, tal como os demais tratamentos culturais.

Durante a condução dos experimentos foram realizadas seis medições de altura de planta, com régua milimétrica (em cm), a partir dos seis dias após a sementeira (DAS) até os 16 DAS, com intervalo de dois dias entre cada avaliação. Esses dados foram utilizados na análise de crescimento, por meio de regressão linear simples, obtendo-se os parâmetros α (coeficiente linear) e β (coeficiente de regressão).

Ao final dos experimentos, 49 DAS, foram avaliadas as seguintes características: comprimento de raiz – em mm, obtido através da separação das raízes do solo com água corrente, com aferição por meio de régua graduada; diâmetro do caule – em mm; massa seca da folha, caule, parte aérea, raiz e massa seca total da planta, obtida após obtenção de peso constante em estufa a $72 \text{ }^\circ\text{C}$ – em g planta^{-1} e altura de planta – em cm.

Análise estatística

Na análise dos dados obtidos dos experimentos em vaso realizou-se, primeiro, a análise de variância individual de cada experimento e, posteriormente, a análise conjunta dos dois

experimentos, quando ocorreu homogeneidade da variância dos erros experimentais das análises individuais, seguida da aplicação do teste de agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade, nas variáveis com diferença significativa pelo teste F.

Dos 25 genótipos avaliados em vaso 22 também estavam presentes na avaliação dos experimentos de campo, enquanto os dados desses genótipos foram utilizados na análise de correlação. As características correlacionadas foram as obtidas em vaso com a produtividade de grãos e eficiência do nitrogênio, segundo a metodologia de Fischer et al. (1983) obtidas a campo. As análises foram feitas entre os pares de experimentos similares quanto à disponibilidade de nitrogênio (baixa e alta) considerando-se 22 genótipos (n=22).

Resultados e Discussão

Influências significativas dos genótipos pelo teste F, foram constatadas na massa seca da folha (MS F), na massa seca do caule (MS C), na massa seca da parte área (MS PA), na altura de planta aos 49 DAS (AP-49 DAS) e aos 10 DAS (AP-10 DAS) o que, no entanto, não foi encontrado com relação ao nitrogênio nas características massa seca da raiz (MS R) e AP-10 DAS (Tabela 1).

Zhao et al. (2003) também encontraram alturas de planta semelhantes entre as doses de nitrogênio utilizadas, em medições realizadas foram próximo aos 10 dias após a emergência das plantas, porém após este período encontraram diferenças da altura de plantas entre as doses, fato que pode demonstrar que o efeito do nitrogênio na altura de plantas de milho, provavelmente pode ser significativo após 10 DAS. Com relação a MS R, Majerowicz et al. (2002) também não encontraram efeito do nitrogênio, em avaliação aos 21 dias após a semeadura relatando, ainda, que a parte área foi mais influenciada por este nutriente.

As características AP-49 DAS e AP-10 DAS apresentaram menor coeficiente de variação (CV) em referência às demais avaliadas, respectivamente de 10,39% e 9,60% (Tabela 1), o que pode demonstrar a precisão experimental na determinação da altura das plantas, tanto no início do crescimento quanto num estágio intermediário, devido à classificação do CV ser baixa e média, respectivamente, segundo Pimentel-Gomes (1985).

Almeida et al. (2003) encontraram correlação entre características destrutivas e não-destrutivas do crescimento inicial do milho, e a escolha daquelas a serem mensuradas

varia de acordo com a conveniência de cada situação. Portanto, o fato do CV de ambas as medições de alturas de plantas (aos 10 e aos 49 DAS) apresentar menores valores e essas características serem não destrutivas, revela a importância da sua utilização para avaliação de genótipos e níveis contrastantes de nitrogênio.

Nas demais características evidenciou-se o efeito significativo do nitrogênio, ao se encontrar aumento dos valores com sua utilização em: diâmetro de caule (DC); massa seca da folha, caule, parte aérea e total da planta (MS F, MS C, MS PA e MSTOTAL, respectivamente) e AP-49 DAS (Tabela 2), concordando, então, com o trabalho de Evans et al. (2003), que encontraram aumento do crescimento inicial do milho na adição de nitrogênio. Ressalta-se que na MS PA (MS F + MS C) houve incremento em média de 34%, e no DC e AP-49 DAS, respectivamente, de 25 e 24%, ou seja, no início do crescimento, dos genótipos de milho, o uso do nitrogênio influenciou significativamente, com destaque, a massa seca e, por fim, o diâmetro de caule e a altura de planta.

Os efeitos do nitrogênio podem ser explicados pelo período de absorção do mesmo pela cultura do milho que, segundo Cathcart & Swanton (2004) têm início logo nos primeiros dias de desenvolvimento; portanto, o fornecimento adequado

Tabela 2. Média das características avaliadas em 25 genótipos de milho sob adubação ou não de nitrogênio (150 N; 0 N, respectivamente) em vaso, Gurupi-TO, 2010

Doses de Nitrogênio (kg ha ⁻¹)	Diâmetro de caule (mm)	Comprimento de raiz (mm)
0 N	9,2 B	60,32 A
150 N	11,46 A	52,2 B
	Massa seca da folha (g planta ⁻¹)	Massa seca do caule (g planta ⁻¹)
0 N	9,02 B	8,32 B
150 N	12,19 A	11,13 A
	Massa seca da raiz (g planta ⁻¹)	Massa seca da parte área (g planta ⁻¹)
0 N	12,2 A	17,35 B
150 N	14,53 A	23,33 A
	% Massa seca	Massa seca total (g planta ⁻¹)
0 N	21,85 A	29,55 B
150 N	17,83 B	37,86 A
	Altura planta – 10 DAS (cm)	Altura planta – 49 DAS (cm)
0 N	27,04 A	97,86 B
150 N	27,94 A	121,23 A

Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas, na coluna, não apresentam diferença significativa a 5% pelo teste Scott-Knott.

Tabela 1. Resumo da análise de variância conjunta da avaliação de 25 genótipos de milho sob adubação ou não de nitrogênio em vaso, Gurupi-TO, 2010

Características	Fonte de Variação (Teste F)			CV (%)	Média
	Genótipos	Nitrogênio	Interação		
Comprimento de Raiz (mm)	ns	**	ns	17,80	56,40
Diâmetro de Caule (mm)	ns	**	ns	16,90	10,30
Massa Seca da Folha (g planta ⁻¹)	**	**	ns	11,20	10,60
Massa Seca do Caule (g planta ⁻¹)	**	**	ns	13,70	9,73
Massa Seca da Raiz (g planta ⁻¹)	ns	ns	ns	44,30	13,30
Massa Seca da Parte Área (g planta ⁻¹)	*	**	ns	11,33	20,34
Massa Seca Total (g planta ⁻¹)	ns	**	ns	20,26	33,71
% Massa Seca	ns	**	ns	11,78	19,85
Altura de Planta – 49 DAS (cm)	*	**	ns	10,39	109,55
Altura de Planta -10 DAS (cm)	**	ns	ns	9,60	27,49

*, * Diferença significativa a 1% e 5% pelo teste F (respectivamente). ** Diferença não significativa pelo teste F a 5%

é essencial para um crescimento e desenvolvimento ótimos. O nutriente em questão exerce importante função no metabolismo vegetal como, por exemplo, de compor a estrutura de moléculas como: proteínas, aminoácidos, ácidos nucleicos e clorofilas e que, na sua ausência, há a diminuição da fotossíntese, do transporte de açúcares e de absorção de nutrientes (Taiz & Zeiger, 2009). Apesar disto, no comprimento de raiz (CR), a adubação de nitrogênio promoveu redução significativa passando de 60,32 mm (sem adubação de nitrogênio) para 52,20 mm (com adubação de nitrogênio) (Tabela 2). Ferreira et al. (2009), não encontraram, trabalhando com doses de 0 a 240 kg.ha⁻¹ de nitrogênio em sistema de plantio direto no florescimento pleno do milho, alteração do CR em função da dose nitrogenada; já Wu et al. (2011), observaram, avaliando onze híbridos de milho em alto e baixo nitrogênio, redução do comprimento das raízes e da taxa de crescimento relativo da raiz, alegando que a alta dose de nitrogênio utilizada pode ter favorecido restrições ao crescimento radicular e a concentração das raízes, mais superficialmente. Restrição que pode estar ligada à redução do estímulo ao crescimento radicular pela redução do hormônio AIA nas raízes quando em condições de alta concentração nitrogenada (Tian et al., 2008).

Na Tabela 3 estão dispostas as médias dos genótipos quanto à MS F, MS C, MS PA, AP-49 DAS e AP-10 DAS; na MS F, 12 genótipos foram classificados no grupo estatístico superior, com genótipos apresentando média de 10,71 g.planta⁻¹ (P.25-1) a 12,14 g.planta⁻¹ (P.1-3). Na MS C, o grupo estatístico superior apresentou 13 genótipos, 9,80 g.planta⁻¹ (P.12-6) a 11,48 g.planta⁻¹ (P.15-3); na MS PA, 14 genótipos, 20,84 g.planta⁻¹ (P.15-1) a 22,63 g.planta⁻¹ (P.1-5); na AP-49 DAS, 14 genótipos, 110,13 cm (P.12-3) a 123,00 cm (P.1-5); por fim, na AP-10 DAS, 14 genótipos, 27,50 cm (P.11-3) a 33,03 cm (P.25-2).

Ressalta-se que os genótipos P.12-6, P.1-5, P.25-2 e P.12-5 foram classificados no grupo estatístico superior nas características MS F, MS C, MS PA, AP-49 DAS e AP-10 DAS (Tabela 3), ou seja, foram aqueles que apresentaram, em mais de uma característica, altos valores em relação aos demais. Aliada a este fato, a não diferença entre os genótipos quanto ao CR e MS R, pode indicar que tais genótipos tiveram melhor aproveitamento na absorção de nutrientes pelo sistema radicular (Majerowicz et al., 2002).

A população de polinização aberta comercial (Comerc.) foi classificada no grupo estatístico superior somente com relação à MS F (Tabela 3), ou seja, nas características que sofreram influências significativas dos genótipos, os P.12-6, P.1-5, P.25-2 e P.12-5 foram estatisticamente superiores ao Comerc. em pelo menos quatro (80%). Resultados que podem demonstrar a superioridade dos genótipos experimentais ao que já é comercializado, com relação às características do crescimento inicial, como a MS C, MS PA, AP-49 DAS e AP-10 DAS.

Os dados da regressão linear da altura de plantas dos genótipos (Tabela 4) mostram que, na média, no experimento 150 N os genótipos apresentaram valor de β maior que em 0 N e, comparando os valores de cada genótipo entre os experimentos, o mesmo aconteceu em 88% do total. Exceção feita aos genótipos P.25-1, P.25-5 e P.12-3, que obtiveram maior crescimento da altura de planta no experimento 0 N, com destaque ao genótipo P.12-3, que obteve crescimento de 8,64 cm a cada dois dias, maior valor entre todos os genótipos, levando em conta os dois experimentos. Fato que confirma a possibilidade de existência de genótipos superiores em condições de estresse de nitrogênio devido à grande variabilidade da cultura do milho (Cui et al., 2009).

Tabela 3. Médias de massa seca da folha (MS F), massa seca do caule (MS C), massa seca da parte aérea (MS PA), altura de plantas aos 49 dias após a semeadura (AP-49 DAS) e aos dez dias após a semeadura (AP-10 DAS) em 25 genótipos de milho sob adubação ou não de nitrogênio, em vaso, Gurupi-TO, 2010

Genótipos	MS F (g planta ⁻¹)	MS C (g planta ⁻¹)	MS PA (g planta ⁻¹)	AP-49 DAS (cm)	AP-10 DAS (cm)
P.PO	11,64 A	9,36 B	21,00 A	107,00 B	28,43 A
Comerc.	10,86 A	8,66 B	19,53 B	101,13 B	21,30 B
P.11-3	10,74 A	9,34 B	20,08 B	107,25 B	27,50 A
P.30-4	7,86 B	8,68 B	16,54 B	107,13 B	25,75 B
P.25-1	10,71 A	9,28 B	19,99 B	120,13 A	28,53 A
P.28-5	9,64 B	8,14 B	17,78 B	98,88 B	23,55 B
P.12-4	11,01 A	10,23 A	21,24 A	114,63 A	25,58 B
P.32-3	10,18 B	9,01 B	19,19 B	103,50 B	26,28 B
P.15-1	10,00 B	10,84 A	20,84 A	107,63 B	24,93 B
P.35-5	9,86 B	8,51 B	18,38 B	95,75 B	30,40 A
P.25-5	10,54 B	10,54 A	21,08 A	115,88 A	28,40 A
P.12-6	11,85 A	9,80 A	21,65 A	111,75 A	29,55 A
P.2-5	9,63 B	10,13 A	19,75 B	115,88 A	26,53 B
P.26-1	11,53 A	10,93 A	22,45 A	119,88 A	26,75 B
P.1-3	12,14 A	8,96 B	21,10 A	103,13 B	27,93 A
P.1-5	11,74 A	10,89 A	22,63 A	123,00 A	29,73 A
P.25-2	11,01 A	10,45 A	21,46 A	111,50 A	33,03 A
P.12-2	10,46 B	10,75 A	21,21 A	113,5 A	30,48 A
P.15-3	10,29 B	11,48 A	21,76 A	113,75 A	28,20 A
P.16-1	9,56 B	8,49 B	18,05 B	97,13 B	27,70 A
P.30-3	10,49 B	10,68 A	21,16 A	113,75 A	26,18 B
P.21-5	11,40 A	10,51 A	21,91 A	112,25 A	27,13 B
P.12-5	11,76 A	9,88 A	21,64 A	115,88 A	28,00 A
P.12-3	10,10 B	9,31 B	19,41 B	110,13 A	29,23 A
P.10-1	10,36 B	8,39 B	18,75 B	98,25 B	26,28 B

Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas na coluna, apresentam diferença significativa a 5% pelo teste Scott-knott. Comerc. = População de polinização aberta comercial. P. = populações experimentais

Tabela 4. Coeficientes da regressão linear (β e α) de altura plantas de 25 genótipos de milho sob adubação ou não de nitrogênio (150 N; 0 N, respectivamente) em vaso, Gurupi-TO, 2010

Genótipos	β			α		
	150 N	0 N	Média	150 N	0 N	Média
P.PO	7,43	7,16	7,29	3,22	5,10	4,16
Comerc.	6,23	5,89	6,07	1,86	3,00	2,43
P.11-3	8,07	7,30	7,68	2,63	3,80	3,22
P.30-4	7,38	7,09	7,23	3,03	4,06	3,55
P.25-1	7,22	7,36	7,29	4,49	3,85	4,17
P.28-5	6,45	6,45	6,45	1,74	4,04	2,89
P.12-4	7,98	7,57	7,77	2,32	4,00	3,16
P.32-3	7,72	7,18	7,45	1,86	3,38	2,63
P.15-1	8,42	7,31	7,87	-0,04	1,38	0,66
P.35-5	8,50	7,85	8,18	1,07	4,26	2,65
P.25-5	7,36	8,42	8,07	4,08	1,93	3,00
P.12-6	8,16	7,42	7,79	4,22	4,07	4,14
P.2-5	7,37	7,09	7,23	3,04	3,11	3,07
P.26-1	8,28	7,89	8,09	1,49	0,24	0,86
P.1-3	7,17	6,99	7,08	4,48	4,38	4,43
P.1-5	7,20	6,98	7,09	5,56	5,13	5,35
P.25-2	8,16	8,01	8,09	7,18	6,31	6,74
P.12-2	7,79	7,41	7,60	4,90	5,57	5,23
P.15-3	7,75	6,71	7,23	3,90	4,22	4,06
P.16-1	8,11	6,68	7,39	2,02	4,74	3,38
P.30-3	8,45	7,30	7,89	1,00	1,81	1,40
P.21-5	7,29	6,48	6,88	3,71	4,68	4,20
P.12-5	7,56	6,39	6,97	3,76	5,21	4,48
P.12-3	7,91	8,64	8,28	3,84	0,94	2,39
P.10-1	7,34	6,82	7,08	4,21	2,93	3,57

Comerc. = População de polinização aberta comercial. P. = populações experimentais.

O genótipo P.12-3 ainda obteve valores de AP-49 DAS e AP-10 DAS classificados no grupo estatístico superior, com 110,13 e 29,23 cm, respectivamente, reforçando a ideia de crescimento inicial superior aos demais, quanto à altura da planta. Dentre as vantagens deste rápido crescimento pode-se citar que o maior crescimento no período inicial da cultura pode, em alguns casos, refletir no potencial produtivo do genótipo (Lacerda et al., 2010). O genótipo Comerc. obteve os menores valores de β , tanto no experimento 0 N quanto no 150 N (Tabela 4) passível, portanto, de reforçar a superioridade dos genótipos experimentais avaliados no presente estudo quanto ao que já é comercializado, resultados que concordam com Cui et al. (2009), que relatam que a grande variabilidade existente na cultura do milho permite, através de programas de melhoramento, chegar a genótipos superiores aos já existentes. Este resultado pode ser atribuído à capitalização dos efeitos da interação genótipos por ambiente, já que estes genótipos foram desenvolvidos para o uso na região de instalação do presente trabalho e o genótipo Comerc. desenvolvido para comercialização em todo país.

Com relação à análise de correlação linear, não houve correlação entre as características avaliadas no experimento 150 N com as características avaliadas a campo com o mesmo nível de N (Tabela 5), verificando-se o mesmo com a maioria das características do experimento 0 N com as características avaliadas a campo com o mesmo nível de N.

Fato que concorda com o encontrado por Almeida et al. (2003) que, avaliando a correlação do crescimento inicial e a produtividade do milho em duas safras, não encontraram correlação entre as produtividade e os parâmetros de crescimento inicial estimados, em condições de suprimento nutricional adequado e, com Liu & Wiatrak (2011) que a encontraram mesmo com referência à altura de plantas e produtividade.

Tabela 5. Coeficientes de Correlação de Pearson entre as características avaliadas em 22 genótipos de milho com ou sem adubação de nitrogênio (150 N; 0 N, respectivamente) em vaso e as avaliadas a campo nos mesmos níveis do nutriente, Gurupi-TO, 2010

	150 N			0 N		
	-	PROD ¹	FISCHER	-	PROD ¹	FISCHER
CR ²	0,02		0,26	CR ²	-0,36	0,03
DC	0,23		-0,2	DC	0,06	-0,08
MS F	0,21		-0,11	MS F	-0,02	-0,37
MS C	-0,32		0,09	MS C	0,18	-0,1
MS R	0,1		-0,16	MS R	0,15	-0,14
MS PA	-0,13		0,008	MS PA	0,11	-0,25
MSTOTAL	0,02		-0,13	MSTOTAL	0,18	-0,23
% MS	-0,33		0,17	% MS	-0,07	-0,004
AP-49 DAS	-0,02		-0,04	AP-49 DAS	-0,18	-0,38
AP-10 DAS	0,41		0,01	AP-10 DAS	0,54**	0,07
β	0,03		0,21	β	0,52**	0,08
α	0,39		-0,16	α	0,08	-0,13

¹ Diferença significativa a 5 e 1%, respectivamente, pelo teste t. ² Características avaliadas em campo: PROD = produtividade de grãos; FISCHER = eficiência do uso do nitrogênio, segundo Fischer et al. (1983). ³ Características avaliadas em vaso: CR = Comprimento de Raiz; DC = Diâmetro de Caule; MS F = Massa Seca da Folha; MS C = Massa Seca do Caule; MS R = Massa Seca da Raiz; MS PA = Massa Seca da Parte Área; MSTOTAL = Massa Seca Total; % MS = % Massa Seca; AP-49 DAS = Altura de Planta - 49 DAS; AP-10 DAS = Altura de Planta - 10 DAS.

AAP-10DAS e o β obtidos no experimento 0 N demonstraram correlação com a produtividade obtida a campo em baixo nitrogênio, com valor significativo e positivo, $r = 0,54^{**}$ e $r = 0,52^{**}$, respectivamente. Em algumas situações específicas Katsvairo et al. (2003) também encontraram correlação da medição da altura de plantas de milho com a produtividade.

Sowinski et al. (2005) relatam que a diminuição do crescimento inicial em condições de baixa temperatura (estresse térmico) pode não ser recompensada em fases posteriores, com condições ótimas de temperatura, ou seja, os genótipos que foram mais afetados por algum estresse no crescimento inicial, não conseguiram ressarcir as perdas sofridas durante este período.

Assim, em boas condições de desenvolvimento vegetal os benefícios podem manifestar-se mais tardiamente, explicando a não correlação das características avaliadas no crescimento inicial deste trabalho e na produtividade entre os experimentos em vaso e a campo, com alta disponibilidade de nitrogênio. Ao passo que os genótipos que conseguiram maior crescimento inicial em relação aos demais em condições de estresse (experimento 0 N), podem, em parte, ter obtido produtividades superiores às dos demais em baixo nitrogênio a campo, como pode ser o caso dos genótipos P.12-3, P.25-5, P.12-6 e P.1-5. Genótipos, esses que merecem destaque e novos estudos visto que, visando aumentar o suprimento de alimentos no mundo, a produção deve chegar a áreas com algum estresse biótico e abiótico e a utilização de genótipos que toleram estresse de nitrogênio pode garantir a estabilidade da produção de milho, frente às intempéries ambientais (Badu-Apraku et al., 2011).

Conclusões

O efeito positivo do nitrogênio na altura das plantas somente foi significativo após 10 dias da semeadura nos genótipos de milho avaliados.

A mensuração de altura de plantas foi estatisticamente mais precisa na determinação do crescimento inicial dos genótipos de milho, em relação às demais características avaliadas.

Por meio da altura de plantas após 10 dias da semeadura e do coeficiente de regressão linear da altura de plantas em

condições de baixa disponibilidade de nitrogênio em estufa não climatizada, pode-se detectar, parcialmente, genótipos de milho com boa produtividade de grãos a campo na mesma condição nutricional.

Os genótipos P.12-6, P.1-5, P.25-2, P.12-5 e P.12-3 se mostraram os mais promissores no crescimento inicial, com relação à altura de plantas.

Agradecimentos

À CAPES, pela bolsa de estudos, e o CNPq, pela bolsa de estudos e pelo apoio financeiro ao projeto.

Literatura Citada

- Almeida, M. L.; Sangoi, L.; Nava, I. C.; Gallo, J.; Trentin, P. S.; Rampazzo, C. Crescimento inicial de milho e sua relação com o rendimento de grãos. *Ciência Rural*, v.33, n.2, p.184-194, 2003. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782003000200002>>.
- Badu-Apraku, B.; Fakorede, M. A. B.; Oyekunle, M.; Akinwale, R. O. Selection of extra-early maize inbreds under low N and drought at flowering and grain-filling for hybrid production. *Maydica*, v.56, n.2, p.29-41, 2011. <http://www.maydica.org/articles/56_14_1.pdf> 11 Out. 2012
- Bastos, E. A.; Cardoso, M. J.; Melo, F. B.; Ribeiro, V. Q.; Andrade Júnior, A. S. Doses e formas de parcelamento de nitrogênio para a produção de milho sob plantio direto. *Revista Ciência Agronômica*, v.39, n.2, p.275-280, 2008. <<http://www.ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/viewFile/60/56>> 11 Out. 2012.
- Cathcart, R. J.; Swanton, C. J. Nitrogen and green foxtail (*Setaria viridis*) competition effects on corn growth and development. *Weed Science*, v.52, n.6, p.1039-1049, 2004. <<http://dx.doi.org/10.1614/WS-03-071R1>>.
- Chen, P.; Haboudane, D.; Tremblay, N.; Whang, J.; Vigneault, P.; Li, B. New spectral indicator assessing the efficiency of crop nitrogen treatment in corn and wheat. *Remote Sensing of Environment*, v.114, n.9, p.1987-1997, 2010. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2010.04.006>>.
- Cüi, Z.; Zhang, F.; Mi, G.; Chen, F.; Li, F.; Chen, X.; Li, J.; Shi, L. Interaction between genotypic difference and nitrogen management strategy in determining nitrogen use efficiency of summer maize. *Plant and Soil*, v.317, n.1-2, p.267-276, 2009. <<http://dx.doi.org/doi:10.1007/s11104-008-9807-x>>.
- Duarte, A. P.; Manson, S. C.; Jackson, D. S.; Kiehl, C. Grain quality of brazilian maize genotypes as influenced by nitrogen level. *Crop Science*, v.45, n.5, p.1958-1964, 2005. <<http://dx.doi.org/10.2135/cropsci2004.0587>>.
- Evans, S. P.; Knezevic, S. Z.; Lindquist, J. L.; Shapiro, C. A. Influence of nitrogen and duration of weed interference on corn growth and development. *Weed Science*, v.51, n.4, p. 546-556, 2003. <[http://dx.doi.org/10.1614/0043-1745\(2003\)051\[0546:IONADO\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1614/0043-1745(2003)051[0546:IONADO]2.0.CO;2)>.
- Ferreira, A. O.; Sá, J. C. M.; Briedis, C.; Figueiredo, A. G. Desempenho de genótipos de milho cultivados com diferentes quantidades de palha de aveia-preta e doses de nitrogênio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.44, n.2, p.173-179, 2009. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2009000200009>>.
- Fischer, K. S.; Johnson, E. C.; Edmeads, G. O. Breeding and selection for drought in tropical maize. México: CIMMYT, 1983. 16 p.
- Katsvairo, T. W.; Cox, W. J.; Van Es, H. M. Spatial growth and nitrogen uptake variability of corn at two nitrogen levels. *Agronomy Journal*, v.95, n.4, p.1000-1011, 2003. <<http://dx.doi.org/10.2134/agronj2003.1000>>.
- Lacerda, C. F.; Carvalho, C. M.; Vieira, M. R.; Nobre, J. G. A.; Neves, A. L. R.; Rodrigues, C. F. Análise de crescimento de milho e feijão sob diferentes condições de sombreamento. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.5, n.1, p.18-24, 2010. <<http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v5i1a485>>.
- Liu, K.; Wiatrak, P. Corn (*Zea mays* L.) plant characteristics and grain yield response to N fertilization programs in No-Tillage system. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, v.6, n.2, p.279-286, 2011. <<http://dx.doi.org/10.3844/ajabssp.2011.279.286>>.
- Lorenzana, R. E.; Bernardo, R. Genetic correlation between corn performance in organic e conventional production system. *Crop Science*, v.48, n.3, p.903-910, 2008. <<http://dx.doi.org/10.2135/cropsci2007.08.0465>>.
- Majerowicz, N.; Pereira, J. M. S.; Medici, L. O.; Bison, O.; Pereira, M. B.; Santos Júnior, U. M. Estudo da eficiência de uso do nitrogênio em variedades locais e melhoradas de milho. *Revista Brasileira de Botânica*, v.25, n.2, p.129-136, 2002. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84042002000200002>>.
- Oliveira, F. A.; Cavalcante, L. F.; Silva, I. F.; Pereira, W. E.; Oliveira, J. C.; Filho, J. F. C. Crescimento de milho adubado com nitrogênio e fósforo em um Latossolo Amarelo. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.4, n.3, p.238-244, 2009. <<http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v4i3a1>>.
- Pimentel-Gomes, F. Curso de estatística experimental. São Paulo: ESALQ, 1985. 467 p.
- Presterl, T.; Seitz, G.; Landbeck, M.; Thiemt, E. M.; Schmidt, W.; Geiger, H. H. Improving nitrogen-use efficiency in European maize: estimation of quantitative genetic parameters. *Crop Science*, v.43, n.4, p.1259-1265, 2003. <<http://dx.doi.org/10.2135/cropsci2003.1259>>.
- Sowinski, P.; Rudzinska-Langwald, A.; Adamczyk, J.; Kubica, I.; Fronk, J. Recovery of maize seedling growth, development and photosynthetic efficiency after initial growth at low temperature. *Journal of Plant Physiology*, v.162, n.1, p.67-80, 2005. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jplph.2004.03.006>>.
- Taiz, L.; Zeiger, E. Fisiologia vegetal. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 820 p.
- Tian, Q.; Chen, F.; Liu, J.; Zhang, F.; Mi, G. Inhibition of maize root growth by high nitrate supply is correlated with reduced IAA levels in roots. *Journal of Plant Physiology*, v.165, n.9, p.942-951, 2008. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jplph.2007.02.011>>.
- Wu, Q.; Chen, F.; Chen, Y.; Yuan, L.; Zhang, F.; Mi, G. Root growth in response to nitrogen supply in Chinese maize hybrids released between 1979 and 2009. *Science China: Life Sciences*, v.54, n.7, p.642-650, 2011. <<http://dx.doi.org/10.1007/s11427-011-4186-6>>.

- Zhao, D.; Reddy, K. R.; Kakani, V. G.; Read, J. J.; Cartes, G. A. Corn (*Zea mays* L.) growth, leaf pigment concentration, photosynthesis and leaf hyperspectral reflectance properties as affected by nitrogen supply. *Plant and Soil*, v.257, n.1, p.205-217, 2003. <<http://dx.doi.org/10.1023/A:1026233732507>>.
- Zotarelli, L.; Shcolberg, J. M.; Dukes, M. D.; Muñoz-Capriena, R. Fertilizer Residence Time Affects Nitrogen Uptake Efficiency and Growth of Sweet Corn. *Journal of Environmental of Quality*, v.37, n.3, p.1271-1278, 2008. <<http://dx.doi.org/10.2134/jeq2007.0460>>.