

USO DE BIOESTIMULANTES NO CRESCIMENTO DE PLANTAS DE *Zea mays* L.

VALDERE MARTINS DOS SANTOS¹, AURÉLIO VAZ DE MELO¹,
DIONE PEREIRA CARDOSO¹, ANDRÉ HENRIQUE GONÇALVES¹,
MARCO ANTÔNIO FERREIRA VARANDA¹ e MARKUS TAUBINGER¹

¹Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, TO, Brasil, valderemartins25@hotmail.com, vazdemelo@uft.edu.br, cardoso.dione@gmail.com, andrehg@uft.edu.br, marco_uft@hotmail.com, mtaubinger@hotmail.com

Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.12, n.3, p. 307-318, 2013

RESUMO - Objetivou-se avaliar o efeito bioestimulante de produtos comerciais no desenvolvimento inicial de plântulas de milho da cultivar BRS 1055 quanto aos indicadores de qualidade fitotécnica. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em esquema fatorial, três bioestimulantes e cinco épocas de amostragem, com quatro repetições. Os indicadores de qualidade fitotécnica avaliados foram altura da planta, diâmetro do caule, área foliar, massa seca das folhas, massa seca do caule e massa seca das raízes. O tratamento T6 (BU-RG + BU-VG) apresentou a maior taxa de crescimento para altura da planta (1,84 cm dia⁻¹). Os tratamentos T5 (BU-EC + BU-VG) e T6 (BU-RG + BU-VG) apresentaram a maior taxa de crescimento em diâmetro do caule (0,25 cm dia⁻¹) e em área foliar (45,76 cm² dia⁻¹), respectivamente. O tratamento T2 (BU-RG) apresentou a maior taxa de crescimento para a massa seca das folhas (0,15 g dia⁻¹). Os tratamentos T2 (BU-RG), T4 (BU-VG) e T6 (BU-RG + BU-VG) apresentaram maior massa seca do caule (0,10 g dia⁻¹); e T4 (BU-VG) e T6 (BU-RG + BU-VG) para massa seca das raízes (0,17 g dia⁻¹). Os bioestimulantes resultam em efeitos positivos na maioria das características, sendo que proporcionaram o melhor incremento da massa seca das raízes. A forma de aplicação via sementes ou foliar favorece o incremento das características fitotécnicas.

Palavras-chave: milho; bioestimulante; cultivar BRS 1055; características fitotécnicas.

USE OF BIOSTIMULANTS ON THE GROWTH OF *Zea mays* L PLANTS

ABSTRACT - The objective of the present study was to evaluate the effect of commercial products, biostimulants, on the initial development of maize seedlings of the cultivar BRS 1055, regarding the indicators of the phenological cycle quality. A completely randomized blocks experimental design in a factorial scheme was used with three biostimulants and five sampling periods, with four replications. The indicators of the phenological cycle quality assessed were plant height, stem diameter, leaf area, leaf dry mass, stem dry mass and root dry weight. The treatment T6 (BU-RG + BU-VG) showed the highest growth rate for plant height (1.84 cm day⁻¹). The treatments T5 (BU-EC + BU-VG) and T6 (BU-RG + BU-VG) showed the highest growth rate of stem diameter (0.25 cm day⁻¹) and leaf area (45.76 cm² day⁻¹), respectively. The treatment T2 (BU-RG) presented the highest growth rate for leaf dry mass (0.15 g day⁻¹). The treatments T2 (BU-RG), T4 (BU-VG) and T6 (BU-RG + BU-VG) showed greater stem dry mass (0.10 g day⁻¹); and T4 (BU-VG) and T6 (BU-RG + BU-VG) superior root dry weight (0.17 g day⁻¹). The biostimulants caused positive effects in most of the features but the highest increase was observed for root dry weight. The method of application via seed or leaf favors the increase of the phytotechnical characteristics.

Key words: maize; biostimulants; cultivar BRS 1055; phytotechnical characteristics.

A cultura do milho desempenha papel fundamental nos sistemas de produção brasileiro e mundial, sendo considerado um dos mais importantes cereais cultivados e consumidos no mundo, em função do seu elevado potencial produtivo, de sua composição química e de seu valor nutritivo (Dourado Neto et al., 2004).

Novas tecnologias têm sido empregadas visando ao incremento na produção da cultura do milho, incluindo o uso crescente de sementes melhoradas associado à aplicação via semente de fungicidas, herbicidas e reguladores de crescimento (Silva et al., 2008).

Os bioestimulantes são definidos, por muitos autores, como substâncias naturais ou sintéticas, oriundos da mistura de dois ou mais biorreguladores vegetais ou destes com outras substâncias (aminoácidos, nutrientes e vitaminas), que podem ser aplicados diretamente nas plantas ou em tratamento de sementes (Klahold et al., 2006). Busca-se, assim, obter maiores produções e melhorias na qualidade das sementes. Esses biorreguladores favorecem a expressão do potencial genético das plantas mediante alterações nos processos vitais e estruturais, promovem o equilíbrio hormonal e estimulam o desenvolvimento do sistema radicular (Castro & Vieira, 2001; Silva et al., 2008). Muitos desses produtos aumentam a absorção de água e de nutrientes pelas plantas, bem como sua resistência aos estresses hídricos e aos efeitos residuais de herbicidas no solo, fazendo com que seu uso na agricultura seja crescente (Vasconcelos, 2006).

Diversos resultados de pesquisa demonstram que algumas culturas têm obtido ganhos significativos na produtividade e incrementos no sistema radicular, como nos trabalhos de Alleoni et al. (2000) em feijão, quando observaram que

a utilização de bioestimulantes favoreceu alguns parâmetros produtivos da cultura, como peso de 100 sementes e produtividade; Vieira & Santos (2005) e Albrecht et al., (2009), em algodão, observaram que os bioestimulantes podem aumentar a porcentagem de emergência das plântulas e a velocidade de crescimento radicular, além de originar plântulas mais vigorosas. Klahold et al. (2006), Ávila et al. (2008) e Campos et al. (2008), em soja, mostraram que os bioestimulantes podem influenciar a germinação e a biomassa da matéria seca das sementes e promover o crescimento das plantas em altura. Porém, alguns trabalhos mostram que os bioestimulantes podem não favorecer ou até mesmo diminuir a absorção de nutrientes pelas plantas, indicando que as respostas às suas aplicações dependem de outros fatores, tais como a espécie a planta e a composição das substâncias húmicas presentes nos produtos usados, sendo necessárias mais informações sobre o verdadeiro efeito desses produtos no desenvolvimento das plantas (Ferreira et al., 2007).

Diante deste contexto, objetivou-se avaliar o efeito dos produtos bioestimulantes, BU-RG, BU-EC e BU-VG, no desenvolvimento inicial das plantas de milho da cultivar BRS 1055 quanto aos indicadores de qualidade fitotécnica das plântulas.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Federal do Tocantins, Campus de Gurupi. As coordenadas geográficas da estação experimental correspondem a 11° 43' 45" S e 49° 04' 07" W, com altitude média de 287 m. Na Tabela 1, verifica-se a caracterização química desse solo.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por três bioestimulantes (BU-RG, BU-EC e BU-VG) utilizados de forma isolada e em diferentes combinações (Tabela 2). O experimento foi avaliado em cinco épocas de amostragem (9, 18, 27, 36 e 45 dias após a emergência).

Os bioestimulantes utilizados são produtos da empresa Nitral Urbana, linha 2009. Conforme informações dos fabricantes, as características dos bioestimulantes são as seguintes.

O BU-RG é um bioestimulante do sistema radicular, tendo como principais características promover o desenvolvimento do sistema radicular, garantir um bom crescimento da parte aérea da planta e assegurar rendimento satisfatório dos cultivos. Sua composição contém aminoácidos, sulfatos de Zn e Mn, citrato de Fe, ácido bórico, molibdato de amônio e citrato de ferro.

O BU-EC é formulado a base de extrato de algas marinhas (*Ascophyllum nodosum*), molibdênio e ácido fosforoso para estimular o desenvolvimento de frutos e corrigir carências de molibdênio. Contém extrato de algas composto de fitohormônios naturais, como auxinas, citocininas e giberelinas, que aumentam a fertilidade de gemas produtivas.

O BU-VG é um fertilizante orgânico obtido por fermentação biológica natural através da bactéria do gênero *Brevibacterium* sp., que ativa e potencializa o crescimento da planta, acelera a recuperação de plantas submetidas a estresse, aumenta a resistência a pragas e a doenças, aumenta o crescimento e o vigor das plantas.

Os produtos foram utilizados em duas formas de aplicação: na primeira forma, os bioestimulantes BU-RG e BU-EC foram aplicados via sementes no dia 05/01/2012, momentos antes da semeadura, na dosagem de 100 ml de cada produto para cada 50 kg⁻¹ de sementes; e na segunda forma, em

TABELA 1. Análise química do solo utilizado nos vasos do experimento em casa de vegetação.¹

Profundidade (cm)	0-20
pH (H ₂ O)	5,6
P (mg dm ⁻³)	1,5
K (mg dm ⁻³)	27,6
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,0
H + Al (cmol _c dm ⁻³)	3,1
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,5
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,2
SB (cmol _c dm ⁻³)	0,8
T (cmol _c dm ⁻³)	0,8
V (%)	19,6
MO (g dm ⁻³)	0,0

¹Atributos químicos da profundidade de 0-20 cm; pH em água - Relação 1:2,5; P e K - extrator Mehlich 1; Al³⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ - Extrator KCl (1 mol l⁻¹); H + Al - Extrator SMP; SB = Soma de Bases Trocáveis; (T) = Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; V - Índice de Saturação de Bases; e MO = matéria orgânica (oxidação: Na₂Cr₂O₇ 4N + H₂SO₄ 10N).

pulverização foliar, BU-EC e BU-VG, sendo aplicados no dia 30/01/2012, aos 25 dias após a emergência, quando as mesmas encontravam-se no estágio V4, na dosagem de 800 ml ha⁻¹ do produto BU-VG e 200 ml ha⁻¹ do produto BU-EC (Tabela 2).

Os bioestimulantes foram aplicados diretamente sobre as sementes com o auxílio de uma pipeta graduada. Posteriormente, as sementes foram acondicionadas em sacos de plástico transparente com capacidade de dois kg, sendo agitados durante dois minutos. Após, as sementes ficaram em contato com os bioestimulantes durante um período de uma hora.

No plantio, foram utilizadas sementes de milho da cultivar BRS 1055, por apresentar elevada produtividade e estabilidade de produção, por ser indicada para a região Norte e por ter ciclo semiprecoce. A semeadura foi realizada manualmente no dia 05 de janeiro de 2012. As sementes de milho foram semeadas em vasos de polietileno com capacidade para 3 kg, preenchidos com Latossolo Amarelo. O solo foi previamente corrigido com calcário Filler, para V% de 70, na dosagem de 605 kg ha⁻¹. Em seguida, fez-se a adubação de plantio utilizando 1,875 g de P₂O₅, 1,5 g K₂O e 0,3 g de N por vaso, baseando-se nos resultados da análise química do

solo. Os cálculos para adubação foram realizados considerando-se o volume de solo contido no vaso e relacionando com o volume de solo de um hectare, considerando uma camada de 0,20 m.

Foram semeadas 5 sementes por vaso e o desbaste foi realizado aos 5 dias após a emergência das plântulas, deixando uma planta por vaso. Os bioestimulantes utilizados no estágio V3, quando as plantas apresentavam 3 folhas completamente desenvolvidas, foram aplicados mediante um pulverizador costal de um bico JD – 12P, com capacidade de 20 l e um gasto de calda equivalente a 150 l ha⁻¹.

Durante a condução do experimento, foram realizados todos os tratamentos fitossanitários necessários à cultura. As plantas foram irrigadas duas vezes por dia, para manter o solo sempre úmido. Esse procedimento garantiu a disponibilidade hídrica necessária durante todo o experimento, evitando a restrição ou o excesso de água para as plantas. Os vasos apresentavam orifícios no fundo, os quais evitavam o acúmulo de água em eventuais excessos de aplicação.

Os indicadores de qualidade fitotécnica avaliados foram altura de plântulas, diâmetro do caule, área foliar, massa seca das folhas, massa seca do caule e massa seca das raízes.

TABELA 2. Relação dos tratamentos avaliados e produtos comerciais, BU-VG e BU-EC, doses em ml do produto comercial por hectare (1 ha⁻¹) ou 1 100 kg⁻¹. Gurupi, TO, 2012.

Tratamentos	Produtos	Doses (ml ha ⁻¹)
T1	Testemunha	-
T2	BU-RG ¹	100 ml/60.000 sementes
T3	BU-EC ¹	100 ml/60.000 sementes
T4	BU-VG ²	500 ml
T5	BU-EC ¹ + BU-VG ²	100 + 500
T6	BU-RG ¹ + BU-VG ²	100 + 500

¹Em tratamento de sementes. ²Pulverização foliar, as plantas encontravam-se no o estágio V3.

A altura da planta (ALT) foi feita medindo a distância desde a superfície do solo até a extremidade da folha mais expandida da planta. O diâmetro do caule (DC) foi determinado com o auxílio de um paquímetro digital (Zaas 150 mm 6") de aço. A área foliar (AF) foi estimada utilizando-se a expressão $AF = C \times L \times 0,75$, em que C e L correspondem ao comprimento e à largura de cada folha expandida, respectivamente. A seguir, a parte aérea das plantas foi cortada rente ao solo, seccionada em diferentes partes (folhas, caules e raízes). O sistema radicular foi lavado em água corrente com utilização de peneira com malha de 0,053 mm. Posteriormente, as diferentes partes da planta foram acondicionadas em sacos de papel e secas em estufas de circulação forçada de ar (65 °C), até atingirem massa constante. Procedeu-se, então, à determinação da massa seca em balança de precisão, obtendo-se a massa seca das folhas (MSF), a massa seca do caule (MSC) e a massa seca das raízes (MSR).

Os resultados foram submetidos a análise de variância. Quando significativo, efetuou-se o teste de média Tukey, ao nível de 0,05 de probabilidade. Após, realizou-se a análise de regressão para verificar o comportamento das características em função das épocas de avaliação. Os parâmetros para escolha dos modelos foram a expectativa do comportamento da variável, a não significância do desvio de regressão, o maior valor do coeficiente de determinação (R^2) e a significância dos parâmetros do modelo.

Resultados e Discussão

Nas Tabelas 3 e 4, estão apresentadas as equações de regressão ajustadas para as características em função dos dias após a emergência. Nestas

características, foram ajustados modelos lineares, em todos os tratamentos, com aumentos crescentes em função do tempo.

Na Figura 1, observam-se as relativas características fitotécnicas de crescimento. Nota-se que os tratamentos com bioestimulantes resultaram em efeitos positivos na maioria das características, destacando-se o melhor incremento da massa seca das raízes (Figura 1F).

A altura de plantas de milho em função do efeito da aplicação dos produtos bioestimulantes apresentou comportamento linear em todos os tratamentos, sendo observada significância ($p \leq 0,01$) quanto aos betas e aos coeficientes de determinação da regressão (Tabela 3). Na primeira, na segunda e na quinta épocas de colheita, não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre os tratamentos quanto à variável altura de plântulas. De acordo com as equações ajustadas, o tratamento T6 apresentou a maior taxa de crescimento em altura, 1,84 cm dia⁻¹, passando de 25,91 cm aos 9 dias após a emergência para 92,15 cm na última época de colheita. O tratamento T1 (controle) apresentou taxa de crescimento em altura de 1,68 cm dia⁻¹.

No tratamento T3, verificou-se a menor taxa de crescimento em altura, 1,67 cm dia⁻¹. Aos 9 dias após a emergência, esse tratamento estava com 24,41 cm, atingindo 84,53 cm na última época de avaliação, aos 45 dias após a emergência, sendo esse tratamento influenciado negativamente com a aplicação de bioestimulante (Figura 1A). Na Tabela 3, observa-se que houve diferença entre os bioestimulantes apenas quando a avaliação foi feita aos 36 dias, quando o tratamento T6 proporcionou maior altura em relação ao T1, sem adição de bioestimulantes. Desta forma, é possível afirmar que os biofertilizantes pouco afetam a altura do milho.

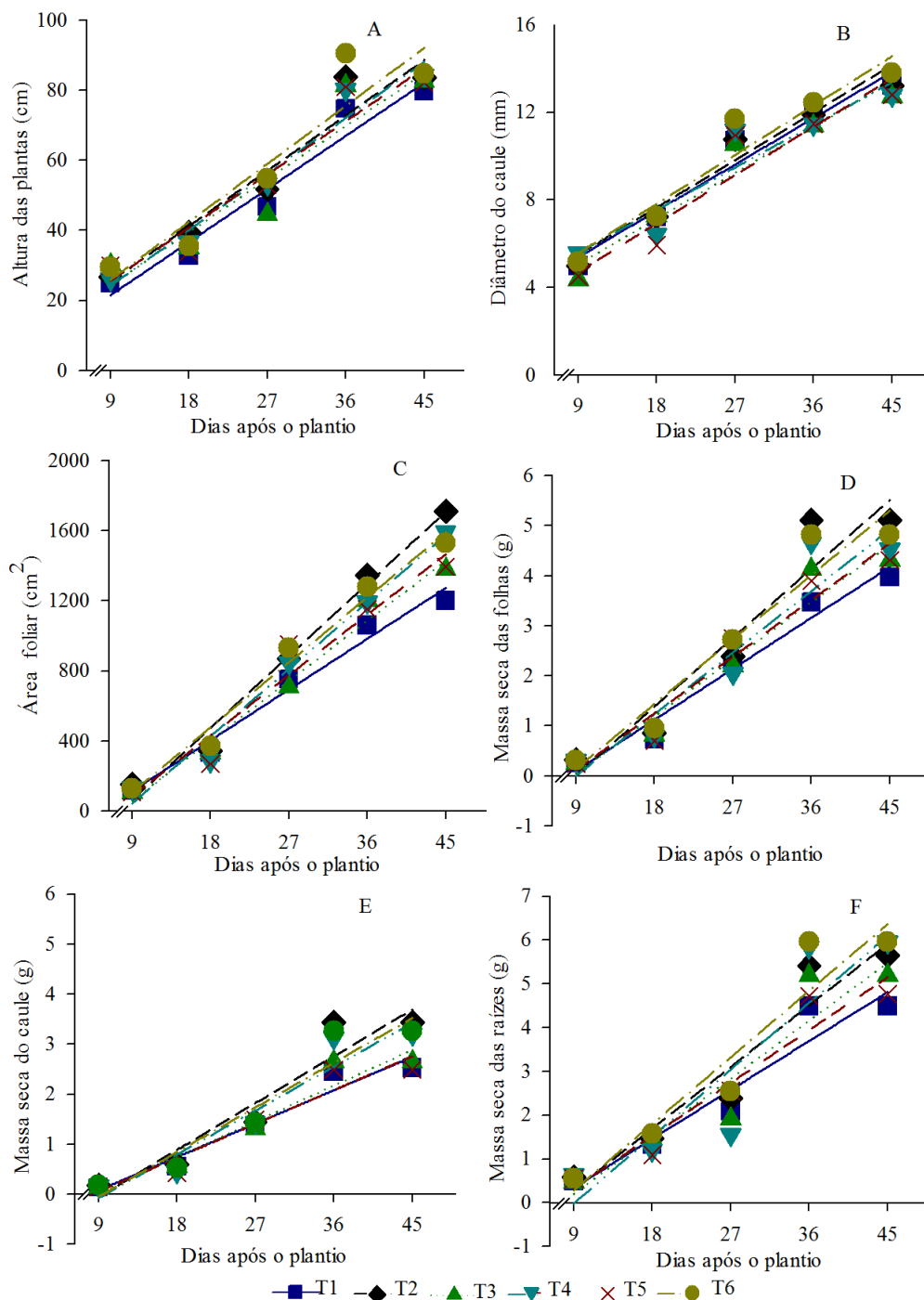


FIGURA 1. Valores médios de altura das plantas (a), diâmetro do caule (b), área foliar (c), massa seca das folhas (d), massa do caule (e) e massa das raízes (f) do milho em função do efeito de aplicação de produtos bioestimulantes, no período de 9 a 45 dias após o plantio. T1 = testemunha; T2 = BU-RG¹; T3 = BU-EC¹; T4 = BU-VG²; T5 = BU-EC¹ + BU-VG²; e T6 = BU-RG¹ + BU-VG², sendo: ¹Em tratamento de sementes e ²Pulverização foliar, as plantas encontravam-se no estágio V3.

Abrantes et al. (2011), avaliando o efeito da aplicação do regulador vegetal Stimulate® em duas cultivares de feijão de inverno, observaram que a aplicação do produto no estágio vegetativo proporcionou maior altura de plantas. Segundo os autores, na fase vegetativa, a planta deve possuir maior quantidade de regulador de crescimento em relação à fase reprodutiva e, com a aplicação das doses do Stimulate® no estágio vegetativo, aumentou-se a quantidade destes reguladores nas plantas. Como consequência, houve maior crescimento vegetativo. Resultados semelhantes foram encontrados neste trabalho, em que os tratamentos que apresentaram a maior taxa de crescimento foram os que tiveram a utilização de bioestimulantes na fase vegetativa do milho.

TABELA 3. Valores médios das características altura da planta (ALT), diâmetro do caule (DC) e área foliar (AF) em função das épocas de avaliação, suas equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação em função do efeito da aplicação de bioestimulantes em Gurupi, TO, 2012.

Trat.	Épocas de amostragem (dias após a emergência) ¹					Equações de regressão ²	R ²
	9	18	27	36	45		
ALT (cm)							
T1	25,00A	32,75A	46,75AB	74,75C	79,75A	$\hat{Y}_1 = -6,35 + 1,68EP^{**}$	0,95
T2	26,63A	39,50A	51,75AB	82,75AB	83,50A	$\hat{Y}_2 = 9,62 + 1,76EP^{**}$	0,93
T3	30,13A	35,00A	44,50B	81,25BC	82,50A	$\hat{Y}_3 = 9,38 + 1,67EP^{**}$	0,89
T4	26,13A	36,75A	53,25A	80,25BC	84,25A	$\hat{Y}_4 = 8,20 + 1,78EP^{**}$	0,96
T5	29,88A	33,88A	53,00A	81,00BC	82,25A	$\hat{Y}_5 = 10,44 + 1,68EP^{**}$	0,93
T6	29,50A	35,50A	54,75A	83,50A	85,75A	$\hat{Y}_6 = 9,35 + 1,84EP^{**}$	0,88
DC (mm)							
T1	4,99A	7,22AB	10,75A	11,90A	13,23A	$\hat{Y}_1 = 3,27 + 0,23EP^{**}$	0,96
T2	4,87A	7,76 A	10,84A	12,17A	13,50A	$\hat{Y}_2 = 3,32 + 0,24EP^{**}$	0,96
T3	4,34A	7,25AB	10,51A	11,38A	12,71A	$\hat{Y}_3 = 2,97 + 0,23P^{**}$	0,94
T4	5,58A	6,41AB	11,19A	11,45A	12,78A	$\hat{Y}_4 = 3,65 + 0,22EP^{**}$	0,89
T5	4,52A	5,93A	10,95A	11,47A	12,80A	$\hat{Y}_5 = 2,50 + 0,25EP^{**}$	0,91
T6	5,16A	7,24AB	11,68A	12,45A	13,78A	$\hat{Y}_6 = 3,32 + 0,25EP^{**}$	0,93
Área Foliar (cm ²)							
T1	116,33A	333,67A	754,3BC	1061,59C	1200,94C	$\hat{Y}_1 = -175,76 + 32,19EP^{**}$	0,98
T2	153,03A	346,04A	869,61ABC	1348,09A	1711,13A	$\hat{Y}_2 = -349,90 + 45,76EP^{**}$	0,98
T3	104,18A	329,98A	707,33C	1200,17ABC	1378,41BC	$\hat{Y}_3 = -281,58 + 37,98EP^{**}$	0,98
T4	130,98A	285,21A	844,07ABC	1193,86ABC	1594,03A	$\hat{Y}_4 = -340,80 + 42,61EP^{**}$	0,98
T5	108,90A	270,30A	952,49A	1153,84BC	1394,72B	$\hat{Y}_5 = -260,50 + 38,39EP^{**}$	0,95
T6	129,69A	371,42A	931,41AB	1278,34AB	1532,72AB	$\hat{Y}_6 = -265,18 + 41,26EP^{**}$	0,98

¹Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna, não diferem entre si (p<0,05) pelo teste de Tukey; ** e ²significativo (p<0,01) pelo teste “t” a 1% de probabilidade.

O diâmetro do caule (DC) apresentou comportamento linear em todos os tratamentos, sendo observada significância ($p \leq 0,01$) quanto aos betas e aos coeficientes de determinação da regressão (Tabela 3). Nas épocas, não houve diferença estatística ($p > 0,05$) entre os tratamentos quanto à característica diâmetro do caule. O tratamento T6 apresentou tendência de maior taxa de crescimento em diâmetro, $0,25 \text{ mm dia}^{-1}$, passando de $5,57 \text{ mm}$ aos 9 dias após a emergência para $14,57 \text{ mm}$ na última época de colheita. Por outro lado, o tratamento T4 apresentou a menor inclinação da reta (Figura 1B), com aumentos menores de diâmetro do caule a cada intervalo de tempo de $0,22 \text{ cm dia}^{-1}$, atingindo $13,55 \text{ mm}$ na última época de colheita, aos 45 dias após a emergência.

Para área foliar (AF), observa-se a mesma tendência das outras características com crescimento linear em todos os tratamentos (Figura 1C), significância ($p \leq 0,01$) quanto aos betas e aos coeficientes de determinação da regressão (Tabela 3). Na primeira e na segunda épocas de colheita, não houve diferença estatística ($p > 0,05$) entre os tratamentos quanto à área foliar. De acordo com as equações de regressão ajustadas, o Tratamento T2 teve a maior taxa de crescimento de área foliar ($45,76 \text{ cm}^2 \text{ dia}^{-1}$), passando de $61,94 \text{ cm}^2$ aos 9 dias após a emergência para $1709,3 \text{ cm}^2$ na última época de colheita. Por outro lado, o Tratamento T1 (controle) apresentou a menor inclinação da reta (Figura 1C), significando aumentos menores de área foliar a cada intervalo de tempo, com taxa de crescimento de $32,19 \text{ cm}^2 \text{ dia}^{-1}$. Aos 9 dias após a emergência, esse tratamento estava com $113,95 \text{ cm}^2$, atingindo $1272,79 \text{ cm}^2$ na última época de colheita, aos 45 dias após a emergência. Dessa forma, embora o tratamento T1 (controle) tenha apresentado menor taxa de crescimento em

área foliar, ele obteve maior altura na primeira época de colheita do que o tratamento T2.

Resultados semelhantes foram encontrados por Garcia et al. (2009), ao avaliar o crescimento aéreo e radicular de arroz de terras altas em função da adubação fosfatada e do bioestimulante ($0,009\%$ de cinetina, $0,005\%$ de ácido giberélico e $0,005\%$ de ácido indolbutírico). Os autores observaram eficiência do produto nas menores doses de adubo fosfatado (0 e $12,5 \text{ mg dm}^{-3}$). De acordo com os mesmos autores, a área foliar e a massa seca da parte aérea tiveram acréscimos em relação à ausência de produto. Em baixa disponibilidade de fósforo, a utilização desses bioestimulantes em sementes pode proporcionar incrementos na produção das massas da parte aérea.

A característica massa seca da folha (MSF) apresentou comportamento linear em todos os tratamentos (Figura 1D), sendo observada significância ($p \leq 0,01$) quanto aos betas e aos coeficientes de determinação da regressão (Tabela 4). Não houve diferença ($p > 0,05$) entre os tratamentos na primeira, na segunda e na terceira épocas de colheita quanto à característica massa seca da folha. O tratamento T2 apresentou a maior taxa de crescimento de massa seca da folha de $0,15 \text{ g dia}^{-1}$, atingindo aos 45 dias após a emergência $5,37 \text{ g planta}^{-1}$. O tratamento T1 (controle) apresentou menores aumentos a cada intervalo de tempo, com uma taxa de crescimento em massa seca da folha de $0,11 \text{ g dia}^{-1}$, apresentando também a menor inclinação na reta, comprovando o efeito positivo dos bioestimulantes (Figura 1D).

Os reguladores de crescimento vegetal possuem papel de suma importância na síntese de substâncias de reserva e, conforme Castro (2006), aumentam a absorção e a utilização de nutrientes. Dois bioestimulantes utilizados neste estudo, BU-RG e

BU-EC, estão relacionados ao desenvolvimento do sistema radicular, podendo possibilitar um melhor aproveitamento dos nutrientes disponíveis no solo. Conseqüentemente, propiciar maior desenvolvimento das plantas de milho. Santos & Vieira (2005), avaliando o bioestimulante Stimulate® (0,009% de citocinina, 0,005% de ácido giberélico, 0,005% de ácido indolbutírico e 99,981% de ingredientes

inertes) aplicado via sementes, observaram que o produto é capaz de originar plantas de algodoeiro mais vigorosas, com maior comprimento, massa seca e percentagem de emergência.

A variável massa seca do caule (MSC) apresentou comportamento linear em todos os tratamentos (Figura 1E), sendo observada significância ($p \leq 0,01$) quanto aos betas e aos coeficientes

TABELA 4. Valores médios das características massa seca das folhas (MSF), massa seca do caule (MSC) e massa seca das raízes (MSR) em função das épocas de avaliação, suas equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação em função do efeito da aplicação de bioestimulantes. Gurupi, TO, 2012.

Trat.	Épocas de amostragem (dias após a emergência) ¹					Equações de regressão ²	R ²
	9	18	27	36	45		
MSF (g)							
T1	0,25A	0,74A	2,25A	3,48C	3,98B	$\hat{Y}_1 = -0,92 + 0,11EP^{**}$	0,97
T2	0,33A	0,87A	2,39A	5,11A	5,11A	$\hat{Y}_2 = -1,38 + 0,15EP^{**}$	0,92
T3	0,24A	0,81A	2,19A	4,12BC	4,30AB	$\hat{Y}_3 = -1,10 + 0,13EP^{**}$	0,95
T4	0,30A	0,79A	2,04A	4,66AB	4,53AB	$\hat{Y}_4 = -1,23 + 0,14EP^{**}$	0,91
T5	0,24A	0,70A	2,75A	3,90BC	4,32AB	$\hat{Y}_5 = -1,02 + 0,13EP^{**}$	0,95
T6	0,31A	0,95A	2,72A	4,82AB	4,82AB	$\hat{Y}_6 = -1,14 + 0,14EP^{**}$	0,94
MSC (g)							
T1	0,14A	0,56A	1,38A	2,45D	2,53C	$\hat{Y}_1 = -0,59 + 0,07EP^{**}$	0,95
T2	0,18A	0,60A	1,44A	3,43A	3,44A	$\hat{Y}_2 = -0,99 + 0,10EP^{**}$	0,92
T3	0,13A	0,55A	1,31A	2,65BCD	2,65BC	$\hat{Y}_3 = -0,69 + 0,08EP^{**}$	0,94
T4	0,16A	0,44A	1,43A	3,12ABC	3,20AB	$\hat{Y}_4 = -0,96 + 0,10EP^{**}$	0,93
T5	0,14A	0,43A	1,48A	2,49CD	2,49C	$\hat{Y}_5 = -0,62 + 0,08EP^{**}$	0,93
T6	0,18A	0,52A	1,44A	3,27AB	3,27AB	$\hat{Y}_6 = -0,94 + 0,10EP^{**}$	0,92
MSR (g)							
T1	0,49A	1,32A	2,09A	4,49C	4,49C	$\hat{Y}_1 = -0,78 + 0,12EP^{**}$	0,92
T2	0,59A	1,46A	2,38A	5,40ABC	5,65AB	$\hat{Y}_2 = -1,13 + 0,16EP^{**}$	0,93
T3	0,47A	1,45A	1,90A	5,19ABC	5,19ABC	$\hat{Y}_3 = -1,12 + 0,15EP^{**}$	0,89
T4	0,64A	1,19A	1,56A	5,84AB	5,96A	$\hat{Y}_4 = -1,55 + 0,17EP^{**}$	0,84
T5	0,55A	1,09A	2,56A	4,72BC	4,76BC	$\hat{Y}_5 = -0,88 + 0,13EP^{**}$	0,93
T6	0,56A	1,57A	2,54A	5,96A	5,96A	$\hat{Y}_6 = -1,24 + 0,17EP^{**}$	0,91

¹Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna, não diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey; ² e ³ significativo ($p < 0,01$) pelo teste “t” a 1% de probabilidade.

de determinação da regressão (Tabela 4). Não houve diferença ($p > 0,05$) entre os tratamentos na primeira, na segunda e na terceira épocas de colheita quanto à característica massa seca do caule. De acordo com as equações de regressão ajustadas, o tratamento T2 apresentou o maior aumento de massa seca do caule a cada intervalo de tempo, com uma taxa de crescimento de $0,10 \text{ g dia}^{-1}$. Por outro lado, o tratamento T1 (controle) apresentou a menor inclinação da reta (Figura 1E), com aumentos menores de massa seca do caule a cada intervalo de tempo de $0,07 \text{ g dia}^{-1}$, passando de $0,04 \text{ g planta}^{-1}$ aos 9 dias após a emergência para $2,56 \text{ g planta}^{-1}$ na última época de colheita.

Os bioestimulantes, além de atuar nos processos de divisão e de alongamento celular, podem aumentar a absorção e a utilização dos nutrientes, atuando em diversos passos do metabolismo das plantas, sendo eficientes quando aplicados com fertilizantes foliares, e também são compatíveis com defensivos (Scalon et al., 2009).

A massa seca das raízes em função do efeito da aplicação de produtos bioestimulantes apresentou comportamento linear em todos os tratamentos (Figura 1F), sendo observada significância ($p \leq 0,05$) no tratamento T4 e significância ($p \leq 0,01$) nos demais tratamentos quanto aos betas e aos coeficientes de determinação da regressão (Tabela 4). Não foi observada diferença ($p > 0,05$) entre os tratamentos na primeira, na segunda e na terceira épocas de colheita quanto à variável massa seca das raízes. Os tratamentos T4 e T6 apresentaram a maior taxa de crescimento de massa seca das raízes de $0,17 \text{ g dia}^{-1}$. Visto que o tratamento T1 (controle) apresentou menores aumentos a cada intervalo de tempo com taxa de crescimento em massa seca das raízes de $0,12 \text{ g dia}^{-1}$, devido à menor inclinação na reta (Figura 1F),

passando de $0,3 \text{ g planta}^{-1}$ aos 9 dias após a emergência para $4,62 \text{ g planta}^{-1}$ na última época de colheita.

A superfície radicular é o parâmetro que melhor indica a capacidade da planta em obter água e nutrientes disponíveis ao seu desenvolvimento (Siqueira et al., 2002). Observa-se, com os resultados deste trabalho, que o uso de bioestimulantes estimulou o maior desenvolvimento do sistema radicular das plantas de milho, possibilitando melhor e maior área de exploração do solo, aspecto que influenciou no maior crescimento e no desenvolvimento das plantas tratadas com os bioestimulantes.

Na cultura da soja com utilização de produto composto por reguladores vegetais de ação promotora que tem em sua constituição auxina, citocinina e giberelina, Castro & Vieira (2001) observaram resultados semelhantes, em que esses hormônios vegetais atuam como mediadores de processos fisiológicos. Os mesmos autores verificaram plantas com sistemas radiculares mais desenvolvidos, com raízes mais vigorosas e valores de massa seca, crescimento e comprimento total superiores aos encontrados nas plantas não tratadas. Esse maior desenvolvimento radicular é atribuído ao estímulo da divisão, diferenciação e alongamento celular.

As plantas que apresentam sistemas radiculares extensos, de elevada área superficial e comprimento, com raízes de menor diâmetro, promovem uma exploração mais efetiva do solo, facilitando a adaptação em ambientes de baixa fertilidade, com restrição de água (Machado et al., 2004).

É importante destacar que os produtos estudados neste trabalho contêm na sua composição aminoácidos e substâncias húmicas. Estas substâncias participam de importantes reações, influenciando a fertilidade do substrato pela liberação de nutrientes, pela detoxificação de elementos químicos,

pela melhoria das condições físicas e biológicas e pela produção de substâncias fisiologicamente ativas, estimulando o crescimento da parte aérea e do sistema radicular das plantas de milho.

Portanto, o uso de produtos bioestimulantes é passível de ser recomendado na cultura do milho, focando nas características fitotécnicas, conforme resultados da presente exposição, tanto em aplicações em tratamento de sementes como em aplicações foliares.

Conclusões

Os bioestimulantes resultam em efeitos positivos na maioria das características fisiológicas das plantas, sendo o melhor incremento da massa seca das raízes.

Referências

- ABRANTES, F. L.; SÁ, M. E.; SOUZA, L. C. D.; SILVA, M. P.; SIMIDU, H. M.; ANDREOTTI, M.; BUZETTI, S.; VALÉRIO FILHO, W. V.; ARRUDA, N. Uso de regulador de crescimento em cultivares de feijão de inverno. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 2, p. 148-154, 2011.
- ALBRECHT, L. P.; BRACCINI, A. L.; ÁVILA, M. R.; BARBOSA, M. C.; RICCI, T. T.; ALBRECHT, A. J. P. Aplicação de biorregulador na produtividade do algodoeiro e qualidade de fibra. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 10, p. 191-198, 2009.
- ALLEONI, B.; BOSQUEIRO, M.; ROSSI, M. Efeito dos reguladores vegetais de Stimulate no desenvolvimento e produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Publicatio UEPG**, Ponta Grossa, v. 6, p. 23-35, 2000.
- ÁVILA, M. R.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; ALBRECHT, L. P.; TONIN, T. A.; STÜLP, M. Bioregulator application, agronomic efficiency, and quality of soybean seeds. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 65, p. 567-691, 2008.
- CAMPOS, M. F.; ONO, E. O.; BOARO, C. S. F.; RODRIGUES, J. D. Análise de crescimento em plantas de soja tratadas com substâncias reguladoras. **Revista Biotemas**, Florianópolis, v. 21, p. 53-63, 2008.
- CASTRO, P. R. C. **Agroquímicos de controle hormonal na agricultura tropical**. Piracicaba: ESALQ, Divisão de Biblioteca e Documentação, 2006. 46 p. (Série produtor rural, 32).
- CASTRO, P. R. C.; VIEIRA, E. L. **Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical**. Guaíba: Agropecuária, 2001. 132 p.
- DOURADO NETO, D.; DARIO, G. J. A.; VIEIRA JÚNIOR, P. A.; MANFRON, P. A.; MARTINS, T. N.; BONNECARRÉRE, R. A. G.; CRESPO, P. E. N. Aplicação e influência do fitorregulador no crescimento das plantas de milho. **Revista da FZVA**. Uruguaiana, v. 11, n. 1, p. 1-9, 2004.
- FERREIRA, L. A.; OLIVEIRA, J. A.; VON PINHO, E. V. R.; QUEIROZ, D. L. Bioestimulante e fertilizante associados ao tratamento de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 29, n. 2, p. 80-89, 2007.
- GARCIA, R. A.; GAZOLA, E.; MERLIN, A.; VILLAS BÔAS, R. L.; CRUSCIOL, C. A. C. Crescimento aéreo e radicular de arroz de

- terras altas em função da adubação fosfatada e bioestimulante. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 4, p. 65-72, 2009.
- KLAHOLD, C. A.; GUIMARÃES, V. F.; ECHER, M. M.; KLAHOLD, A.; CONTIERO, R. L.; BECKER, A. Resposta da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) à ação de bioestimulante. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 2, p. 179-185, 2006.
- MACHADO, C. T. T.; MACHADO, A. T.; FURLANI, A. M. C. Variação intrapopulacional em milho para características relacionadas com a eficiência de absorção e utilização de fósforo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 3, n. 1, p. 77-91, 2004.
- SANTOS, C. M. G.; VIEIRA, E. L. Efeito de bioestimulante na germinação de sementes, vigor de plântulas e crescimento inicial do algodoeiro. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 17, n. 3, p. 124-130, 2005.
- SCALON, S. P. Q.; LIMA, A. A.; SCALON FILHO, H.; VIEIRA, M. C. Germinação de sementes e crescimento inicial de mudas de *Campomanesia adamantium* Camb.: Efeito da lavagem, temperatura e de bioestimulantes. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 31, n. 2, p. 96-103, 2009.
- SILVA, T. T. A.; VON PINHO, E. V. R.; CARDOSO, D. L.; FERREIRA, C. A.; ALVIM, P. O.; COSTA, A. A. F. Qualidade fisiológica de sementes de milho na presença de bioestimulantes. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 3, p. 840-846, 2008.
- SIQUEIRA, J. O.; LAMBAIS, M. R.; STÜRMER, S. L. Fungos micorrízicos arbusculares: origem e características dos fungos Glomaleanos. **Biocombustíveis, Ciência e Desenvolvimento**, Uberlândia, v. 25, p. 12-21, 2002.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819 p.
- VASCONCELOS, A. C. F. **Uso de Bioestimulantes nas culturas de milho e soja**. 2006. 112 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luíz de Queiroz, Universidade de São Paulo.
- VIEIRA, E. L.; SANTOS, C. M. G. Efeito de bioestimulante no crescimento e desenvolvimento inicial de plantas de algodoeiro. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 17, p. 1-8, 2005.