CARACTERÍSTICAS FISIO-AGRONÔMICAS DO FEIJOEIRO DE CICLO SUPERPRECOCE TRATADO COM PROMOTORES DE CRESCIMENTO

Laylla Luanna de Mello Frasca[1], Adriano Stephan Nascente[2], Anna Cristina Lanna[3], Maria da Conceição Santana Carvalho[4]

[1]Universidade Federal de Goiás – UFG, Mestranda na área de concentração de produção vegetal. [2]Pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, Embrapa Arroz e Feijão. [3]Pesquisadora da Embrapa Arroz e Feijão. [4]Pesquisadora da, Embrapa Arroz e Feijão. E-mail: laylla.frasca@gmail.com

RESUMO

O feijão-comum apresenta grande importância econômica e social para a população brasileira. Dentre as tecnologias contributivas para alta produtividade das culturas estão os promotores de crescimento. Objetivou-se determinar o efeito dessas substâncias, aplicadas via semente ou via semente e folha, sobre o crescimento e desenvolvimento de plantas de feijoeiro de ciclo superprecoce, cultivar FC-104, quanto aos indicadores de qualidade fisiológica (trocas gasosas e teor de nutrientes em folhas e grãos) e agronômica (produtividade e componentes de produção). O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com 13 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos foram constituídos pelos promotores de crescimento: (I) Complexo de micronutrientes, (II) Leonardita; (III) Micronutrientes + ácidos fúlvicos, (IV) Micronutrientes + aminoácidos; (V) Micronutrientes + *Ascophyllum*; (VI) Micronutrientes + *Eklonya*; (VII) N + Zn; (VIII) N + K + aminoácidos; (IX) Reguladores de crescimento; (X) *Trichoderma asperellum,* (XI) *T. asperellum* + *Bacillus methylotrophicus* e (XII) Turfa. O tratamento das sementes com água foi considerado controle (XIII). Nos tratamentos IV e XI, plantas de feijoeiro apresentaram valores de condutância estomática (gs) e número de vagens por planta (NVP), significativamente, superiores. No tratamento V, plantas de feijoeiro se destacaram pelo alto valor de fósforo (P) foliar. Os referidos parâmetros (gs, NVP e P) foram superiores, comparativamente, ao tratamento controle. No entanto, não houve aumento significativo no rendimento de grãos do feijoeiro tratado com promotores de crescimento.

Palavras-chave: biomassa seca de parte aérea*; Phaseolus vulgaris*; produtividade; reguladores de crescimento; trocas gasosas.

PHYSIO-AGRONOMIC TRAITS OF SUPER EARLY CYCLE COMMON BEAN TREATED WITH GROWTH PROMOTERS

ABSTRACT

Common bean has an economic and social relevance for the Brazilian population. Among the technologies that contribute to high crop yield are growth promoters. This study objected to determine the growth promoters' effect, applied via seed or via seed and leaf, on the performance of super early common bean, cultivar FC-104, regarding the physiological (gas exchange and nutrient content) and agronomic (yield and its components) indicators. The experimental design was a randomized complete block, with 13 treatments and four replicates. The treatments were constituted by the growth promoters (I) Micronutrients Complex, (II) Leonardite; (III) Micronutrients + fulvic acids, (IV) Micronutrients + amino acids; (V) Micronutrients + *Ascophyllum*; (VI) Micronutrients + *Eklonya*; (VII) N + Zn; (VIII) N + K + amino acids; (IX) Growth regulators; (X) *Trichoderma asperellum*, (XI) *T. asperellum* + *Bacillus methylotrophicus* and (XII) Peat. Seeds treated with water was considered control treatment (XIII). In treatments IV and XI, the plants had significantly higher stomatal conductance (gs) and number of pods per plant (NVP). In treatment V, the plants presented higher value of leaf phosphorus (P), in both cases in relation to the control. However, there was no significant increase in grain yield of common bean treated with growth promoter.

Keywords: gas exchange; growth regulators; *Phaseolus vulgaris*; productivity; shoot dry matter biomass.

INTRODUÇÃO

Feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) faz parte da alimentação básica em diversos países

em desenvolvimento, principalmente, América Latina e África (YANG et al., 2011). Sua importância transpõe aspectos econômicos devido ao fator segurança alimentar e nutricional (PERIN et al., 2016). No Brasil, a produção de feijão-comum destaca-se em todo território, sendo os maiores produtores o estado do Paraná (23,4%), Minas Gerais (20,7%) e Goiás (11,3%). Na safra 2017/18 foram cultivados em torno de 3,1 milhões de hectares, com uma produção de 3,3 milhões de toneladas e produtividade média de 1.043 kg ha^{-1} (CONAB, 2017).

Devido ao crescente aumento da população nos países em desenvolvimento e, consequentemente, a demanda pela elevação dos níveis de produtividade, novas tecnologias vêm sendo desenvolvidas com o objetivo de estimular o crescimento e a produtividade do feijoeiro (ABRANTES et al., 2011). Dentre as tecnologias citam-se os promotores de crescimento, definidos como a mistura de reguladores vegetais, ou de um ou mais reguladores vegetais com outros compostos de natureza química diferente como aminoácidos, nutrientes e vitaminas (CASTRO; VIEIRA, 2001).

O emprego de promotores de crescimento como técnica agronômica para se otimizar a produção das culturas promove vários benefícios como o estímulo da emergência e do crescimento inicial, gerando plantas menos suscetíveis aos estresses da fase inicial de estabelecimento da cultura (BINSFELD et al., 2014). Nas principais culturas como algodão, cana-de-açúcar, trigo e soja, reguladores de crescimento de plantas têm sido comumente usados para reduzir a altura da planta e fornecer maior uniformidade do dossel (NASCIMENTO et al., 2009; ESPÍNDULA et al., 2011). Além disso, os promotores de crescimento 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). Grande parte dos promotores de crescimento são compostos de giberelinas, citocininas e auxinas, (BONTEMPO et al., 2016), ou destes com outras substâncias (aminoácidos, nutrientes e vitaminas) (KLAHOLD et al., 2006).

As giberelinas atuam ativamente na germinação das sementes por induzirem, via ação gênica, a síntese de enzimas que promovem a quebra e a mobilização de substâncias de reserva no endosperma das sementes. As citocininas possuem grande capacidade de promover divisão celular por atuarem no ciclo celular, participando no processo de diferenciação celular e alongamento, principalmente quando interagem com as auxinas. E estas apresentam como principal efeito fisiológico a indução do alongamento celular pela ativação de bombas de prótons (ATPases), promovendo, dessa forma, a acidificação da parede celular, possibilitando a ação das enzimas hidrolíticas sintetizadas pela ação das giberelinas (TAIZ; ZEIGER, 2012). Os promotores de crescimento podem ser utilizados tanto no tratamento de sementes como no sulco de semeadura e/ou pulverizações foliares (ABRANTES et al., 2011).

Resultados positivos têm sido verificados em várias culturas, como feijão-comum (COBUCCI et al., 2005, PERIN et al., 2016), soja (BERTOLIN et al., 2010), mamona (ALBUQUERQUE et al., 2004), algodão (LIMA et al., 2006), dentre outras. No entanto, a maioria dos estudos têm somente avaliado os efeitos dos promotores de crescimento sobre a altura de planta e produtividade da cultura (NASCIMENTO et al., 2009), sem levar em consideração características fisiológicas cruciais como trocas gasosas e absorção, assimilação e acúmulo de nutrientes. Por exemplo, Reddy et al. (1996) relataram que mepiquat chloride (PIX), um inibidor da biossíntese de giberelinas, tem sido apontado como redutor da capacidade fotossintética, área foliar e atividade da Ribulose‑1,5‑carboxylase/oxygenase (Rubisco) em plantas de algodão. Por outro lado, Fagan et al. (2010) mostraram que plantas de soja tratadas com estrobilurina apresentaram elevação da taxa fotossintética e produtividade. O uso adequado, o tipo correto de promotor de crescimento e o período de aplicação pode ajudar a reduzir altura da planta sem perder a eficiência das trocas gasosas, o que possivelmente teria um efeito direto sobre o rendimento de grãos (ALVAREZ et al., 2012).

Portanto, testamos a hipótese de que pode haver efeito dos diferentes tipos de promotores de crescimento, aplicados de diferentes formas (tratamento de sementes e pulverizações foliares ou associados), sobre as características fisiológicas e agronômicas das plantas de feijoeiro. O objetivo deste trabalho foi, então, medir parâmetros de trocas gasosas como

taxas fotossintética e transpiratória, condutância estomática e concentração interna de CO_2; teor de nutrientes na folha e no grão; produtividade e componentes de produção de plantas de feijoeiro de ciclo superprecoce, cultivar FC-104, tratadas com promotores de crescimento comerciais.

MATERIAL E MÉTODOS

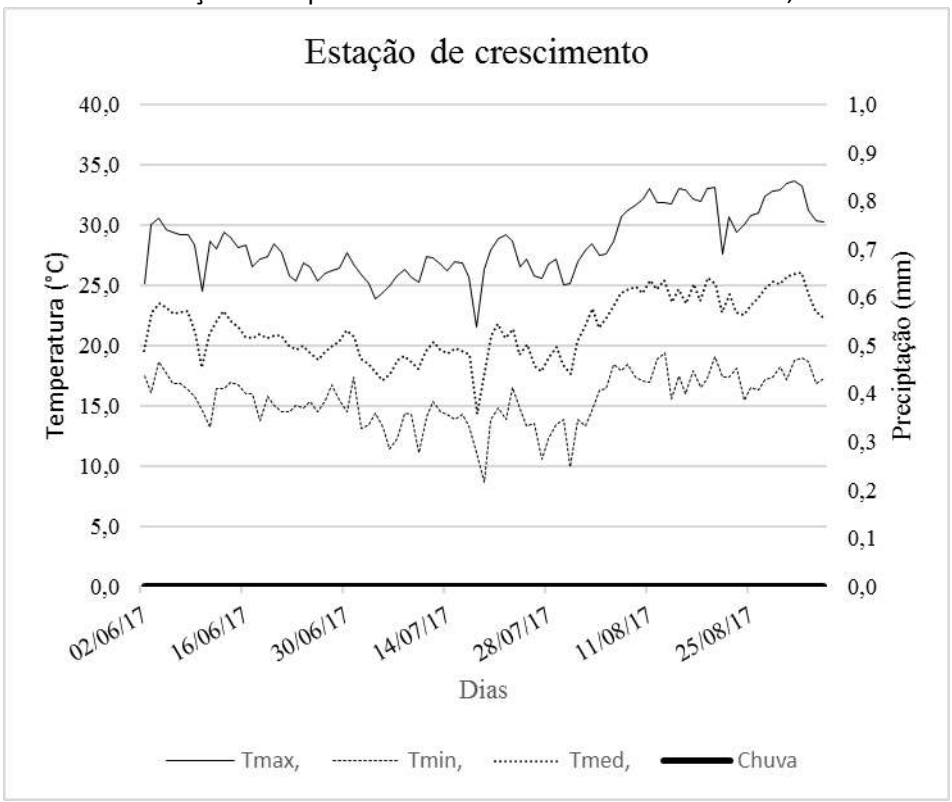
O experimento, conduzido em campo, foi implantado na área experimental da Embrapa Arroz e Feijão, no município de Santo Antônio de Goiás - GO, latitude 16°28´00" (S), longitude 49°17´00" (O) e altitude de 823 m, entre junho e agosto de 2017. Segundo a classificação de Koppen, o clima da região é Aw, tropical savana, mesotérmico. Além disso, os dados de precipitação e temperatura foram medidos durante a condução do experimento (Figura 1).

O solo predominante é Latossolo Vermelho distrófico, com textura argilosa (argila, silte e areia, 404; 206 e 391 g kg^{-1}, respectivamente), segundo classificação da Embrapa (SILVA, 2013). A fertilidade do solo foi determinada (0 – 20 cm) e os resultados foram: pH (H_2O), 5,5; matéria orgânica, 20,91 g kg^{-1}; P, K, Cu, Zn, Fe e Mn, 12,5; 101; 0,8; 4,1; 19 e 7,5 mg dm^{-3}, respectivamente; além de Ca, Mg, Al e acidez potencial (H +Al), 23,9; 9,7; 1 e 27 $mmol_c$ dm^{-3}, respectivamente.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com 13 tratamentos e quatro repetições. As dimensões das parcelas foram de 4 m (dez linhas de feijoeiro espaçadas em 0,4 m) x 5 m. A área útil da parcela foi composta pelas duas linhas centrais de 4 m, desprezando-se 0,5 m das extremidades de cada lado.

Utilizou-se o feijão-comum cultivar FC-104, grupo comercial carioca, ciclo superprecoce de 65 dias (EMBRAPA, 2017). A semeadura manual foi realizada no dia 2 de junho de 2017, dispondo-se 15 sementes por metro. A emergência das plântulas ocorreu seis dias após a semeadura.

Figura 1: Dados climáticos de precipitação pluvial, temperatura máxima, mínima, média e umidade relativa do ar, registrados durante a condução do experimento. Santo Antônio de Goiás - GO, 2017.



Antes do tratamento com os promotores de crescimento, as sementes foram tratadas com 1,6 ml do fungicida Vitavax - Thiram® (20% de Carboxina + 20% Tiram + 24,9% Etileno glicol) 24 horas antes da semeadura. No dia do plantio, sementes (1 kg) foram separadas em embalagens plásticas e tratadas com os promotores de crescimento: (I) Complexo de micronutrientes, (II) Leonardita; (III) Micronutrientes + ácidos fúlvicos, (IV)

Micronutrientes + aminoácidos; (V) Micronutrientes + *Ascophyllum*; (VI) Micronutrientes + *Eklonya*; (VII) N + Zn; (VIII) N + K + aminoácidos; (IX) Regurladores de crescimento; (X) *Trichoderma asperellum*, (XI) *T. asperellum + Bacillus methylotrophicus*, (XII) Turfa. O Controle (XIII) correspondeu as sementes tratadas com água (Tabela 1). Conforme recomendação comercial, foram realizadas, além do tratamento das sementes, aplicações foliares nas plantas dos tratamentos V; VI; VIII e XII. No tratamento V, a aplicação foi realizada aos nove DAE (dias após a emergência); nos tratamentos VI e XII, aos 15 DAE, e no tratamento VIII, aos 15, 30 e 45 DAE.

Tabela 1. Composição e dosagem dos promotores de crescimento utilizados em tratamento de sementes de feijoeiro superprecoce, cultivar FC-104. Santo Antônio de Goiás (GO), safra inverno 2017.

Tratamentos		Composição	Dose (mL kg^{-1} semente)
I	Complexo de micronutrientes	4% S + 0,5% B + 0,6% Cu +3% Mn e 5% Zn	2,0
II	Leonardita	Substancias húmicas + fúlvicas	2,0
III	Micro + Ac. fúlvicos	3,5% Co + 5% Mo + 2,5% Zn + ácidos fúlvicos	1,5
IV	Micro + aminoácidos	2% Mo + 3% Co + 3% P + aminoácidos	2*2,0
V	Micro + *Ascophyllum*	5% Mo + extrato de algas *Ascophyllum*	2,0
VI	Micro + *Eklonya*	3,5% Zn + 2,5% Mo + extrato de algas *Eklonya*	1,6
VII	N + Zn	7,0% N + 8,5% Zn + acetato de Zn amoniacal	3,5
VIII	N + K + aminoácidos	11% N + 1% K_2O + 6% Carbono orgânico	$1,0^{**}$+$1,0^{**}$+$1,0^{**}$
IX	Reguladores de crescimento	9% cinetina + 9% ácido indolbutírico+ 5% ácido giberélico	3,0
X	*Trichoderma asperellum*	*Trichoderma asperellum*	1,0
XI	*Trichoderma* + *Bacillus*	*Trichoderma asperellum + Bacillus methylotrophicus*	1,0 + 1,0
XII	Turfa	Ácidos húmicos + fúlvicos	2*2,5
XIII	Controle	Sem promotor de crescimento	--

** dose dada em L ha^{-1}.

O manejo dos nutrientes foi baseado em práticas comuns prescritas para o sistema de cultivo do feijoeiro de inverno (EMBRAPA, 2012). Assim, com base na análise do solo, para adubação de plantio, 200 kg ha^{-1} de MAP (fosfato monamônico) foi adicionado por meio de uma semeadora-adubadora acoplada ao trator New Holand T85. Para adubação de cobertura, aos 14 DAE, estádio de desenvolvimento V4 (terceira folha trifoliolada), foi usado 60 kg ha^{-1} de N (sulfato de amônio) e 30 kg ha^{-1} de K (cloreto de potássio) e, aos 30 DAE, estádio de desenvolvimento R5 (botão floral) 45 kg ha^{-1} de N (ureia). O manejo da água, pragas, doenças e plantas daninhas foi realizado de acordo com as necessidades da cultura (EMBRAPA, 2012).

Trocas gasosas

As medições foram realizadas utilizando um analisador portátil de trocas gasosas (LCpro + ADC BioScientific) no período das 8:00 às 10:00 h, seguindo metodologia proposta por Lanna et al. (2018). Três plantas de feijoeiro por parcela foram empregadas para realizar as medições, totalizando 12 plantas para cada tratamento. Foram analisados os folhetos centrais do terço superior das plantas de feijoeiro (completamente expandidas e expostas à luz solar) entre os 52 e 56 DAE (estádio reprodutivo R6 - florescimento pleno). Foram medidas as taxas fotossintética (µmol m^{-2} s^{-1}) e transpiratória (mmol H_2O m^{-2} s^{-1}), condutância estomática (mol H_2O m^{-2} s^{-1}), concentração interna de CO_2 (vpm) e temperatura foliar (°C). O equipamento foi configurado para usar concentrações de 370 - 400 mol mol^{-1} CO_2 no ar, que é a condição de referência usada na câmara de fotosíntese IRGA. A densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativa utilizada foi 1200 µmol [quanta] m^{-2} s^{-1}. O tempo mínimo de equilíbrio definido para a realização da leitura foi de 2 minutos. A largura foliar foi mensurada com paquímetro Starrett® 125 aos 50 DAE.

Teor de macro e micronutrientes nas folhas e grãos

A coleta de 30 trifólios por parcela de cada tratamento foi feita aos 50 DAE (florescimento pleno), em 1 metro de área da parcela fora da área útil. As amostras foram ensacadas, identificadas e secas em estufa a 65 °C. Em seguida, as amostras foram levadas ao laboratório para moagem e determinação do teor de macro e micronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn). Para os grãos, amostras também foram secas em estufa a 65 °C, moídas e avaliadas quanto ao teor de macro e micronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn). Utilizou-se metodologia de Malavolta et al. (1987), para determinação de macro e micronutrientes em folhas e grãos.

Produtividade e componentes de produção

A colheita foi realizada manualmente aos 87 DAE. Sementes de plantas contidas na área útil (duas linhas centrais de 4 m) foram secas, trilhadas e limpas com auxílio da abanadora de sementes. A umidade foi medida em aparelho Gehaka 6800® até umidade constante de 13%. A massa das sementes foi determinada e os dados de produtividade foram expressos em kg ha^{-1}. Para avaliação dos componentes de produção, amostras de 10 plantas foram utilizadas para determinação do número de vagens $planta^{-1}$ e massa de 100 grãos.

Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e teste F (p<0,05). As médias, quando necessário, foram comparadas pelo teste de LSD (p < 0,05). O teste de Dunnett foi realizado (p<0,05) para comparar o tratamento controle (ausência de promotor de crescimento) com os tratamentos I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X, XI e XII. As análises foram realizadas usando o software estatístico SISVAR® 5.1.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise de variância mostrou que não houve diferença nos valores de trocas gasosas em plantas de feijoeiro, cultivar FC-104, tratadas com os diferentes promotores de crescimento comerciais (Tabela 2).

Tabela 2. Taxa fotossintética (A), taxa transpiratória (E), condutância estomática (gs), concentração interna (Ci), temperatura foliar (Tleaf) e largura foliar (LF) em plantas de feijoeiro de ciclo superprecoce, cultivar FC-104, em função do uso de promotores de crescimento. Santo Antônio de Goiás (GO), safra inverno 2017.

Tratamento°	A	E	gs	Ci	Tleaf	LF
	µmol CO_2 m^{-2} s^{-1}	mmol H_2O m^{-2} s^{-1}	mol H_2O m^{-2} s^{-1}	vpm	°C	cm
I	26,25	3,08	0,22 a	231	26,3	12,70
II	27,45	4,08	0,24 a	246	27,5	13,13
III	26,50	4,04	0,31 a	247	26,5	13,48
IV	25,10	3,56	0,29 a	251	25,1	14,09
V	24,75	3,69	0,37 a	256	24,8	13,13
VI	28,45	4,45	0,28 a	244	28,5	15,03
VII	27,85	3,95	0,25 a	259	27,9	13,58
VIII	28,35	4,43	0,33 a	245	28,4	13,41
IX	24,05	3,25	0,25 a	257	24,1	13,56
X	27,85	3,95	0,25 a	259	27,9	13,58
XI	23,60	4,58	0,48 b*	279	23,6	14,14
XII	25,85	3,98	0,29 a	252	25,9	13,90
XIII	28,70	2,62	0,10	224	28,7	13,56
FV	ANAVA (Probabilidade do teste de F)					
Tratamento	$0,65^{ns}$	$0,62^{ns}$	$0,02^{**}$	$0,75^{ns}$	$0,6^{ns}$	$0,21^{ns}$

^{ns} médias não significativas ao Teste LSD para p<0,05. * médias diferem do tratamento de controle (sem promotores de crescimento) pelo teste de Dunnett para p<0,05. ** médias significativas ao Teste LSD para p<0,05.

°Tratamentos: (I) Complexo de micronutrientes, (II) Leonardita; (III)Micronutrientes + ácidos fúlvicos, (IV) Micronutrientes + aminoácidos; (V) Micronutrientes + *Ascophyllum*; (VI) Micronutrientes + *Eklonya*; (VII) N + Zn; (VIII) N + K + aminoácidos; (IX) Reguladores de crescimento; (X) *Trichoderma asperellum*, (XI) *T. asperellum + Bacillus methylotrophicus*, (XII) Turfa e (XIII) Controle.

Por outro lado, houve aumento de 48% na gs (condutância estomática) de plantas de feijoeiro tratadas com *Trichoderma asperellum + Bacillus methylotrophicus* (tratamento XI*)* em relação ao tratamento controle (XIII) (Tabela 1). Apesar do aumento da condutância estomática nas plantas do tratamento XI, de forma geral, os promotores de crescimento não proporcionaram incrementos na capacidade fotossintética. Esses resultados contradizem aos obtidos por Grossmann e Retzlaff (1997), Fagan et al. (2010) e Nonato (2016), os quais constataram aumento significativo na taxa fotossintética (A) de plantas de trigo, soja e feijão-comum, respectivamente. Segundo os autores, muitos promotores de crescimento podem favorecer diretamente a fotossíntese, embora possam também inibir, temporariamente, a respiração da planta. Por outro lado, nossos dados estão em concordância com os dados obtidos por Neves et al. (2002) e Alvarez et al. (2012), os quais não observaram aumento na taxa de troca gasosa de plantas de banana e arroz de terras altas tratadas com promotores de crescimento.

A ausência de resposta das trocas gasosas nas plantas de feijão-comum frente à aplicação de promotores de crescimento é um resultado relevante, pois indica que esses produtos podem não afetar características fisiológicas importantes, relacionadas diretamente ao rendimento de grãos, e, portanto, sem necessidade de seu uso, uma vez que aumentam os custos de produção. Estudos devem ser realizados no sentido de identificar em que condições os promotores de crescimento poderiam proporcionar impacto positivo na fisiologia das plantas de feijoeiro. De forma similar, teor de macro e micronutrientes de folhas do feijoeiro, cultivar FC-104, não apresentaram diferenças significativas entre os promotores de crescimento, com exceção do fósforo (P) e do zinco (Zn) (Tabela 3).

Tabela 3. Teor de macronutrientes: N (nitrogênio), P (fósforo), K (potássio), Ca (cálcio), Mg (magnésio) e S (enxofre) e de micronutrientes: Cu (cobre), Fe (ferro), Mn (manganês) e Zn (zinco), nas folhas de feijão-comum superprecoce, cultivar FC-104, em função do uso de promotores de crescimento. Santo Antônio de Goiás (GO), safra de inverno 2017.

Tratamento°	**N**	**P**	**K**	**Ca**	**Mg**	**S**	**Cu**	**Fe**	**Mn**	**Zn**
			g kg^{-1}					mg kg^{-1}		
I	47	3,45abc	22	11,28	4,55	3,99	7,90	268	51	36a
II	49	3,44abc	23	11,55	4,38	4,20	7,40	253	57	44ab
III	47	3,08abc	21	10,48	4,10	3,80	6,38	289	59	39ab
IV	50	3,96abc	26	13,91	5,26	4,38	7,99	235	54	44abc
V	46	4,04 c	24	14,00	5,46	4,51	8,15	267	50	46abc
VI	46	3,87abc	29	12,83	4,78	4,35	8,21	204	52	49c
VII	49	2,76 a	20	10,84	4,14	3,67	6,75	218	55	36a
VIII	48	3,02abc	21	10,78	4,15	3,80	6,75	273	59	39abc
IX	51	3,62abc	25	13,09	4,71	4,56	8,47	310	66	49c
X	47	3,11abc	22	11,63	4,33	3,80	7,34	236	61	40abc
XI	47	3,11abc	22	11,63	4,33	3,86	7,34	236	61	40abc
XII	47	3,45abc	22	11,28	4,55	3,99	7,90	268	51	42abc
XIII	48	2,99	23	10,84	4,21	3,81	6,50	260	51	40
CV (%)	8,39	15,41	14,79	14,65	16,09	13,11	17,50	39,51	24,95	13,51
FV			ANAVA (Probabilidade do teste de F)							
Tratamento	0,8^{ns}	0,04**	0,1^{ns}	0,2^{ns}	0,3^{ns}	0,1^{ns}	0,5^{ns}	0,8^{ns}	0,9^{ns}	0,05**

^{ns} médias não significativas ao Teste LSD para p<0,05. ** médias significativas ao Teste LSD para p<0,05. * médias diferem do tratamento de controle (sem promotores de crescimento) pelo teste de Dunnett para p<0,05.

°Tratamentos: (I) Complexo de micronutrientes, (II) Leonardita; (III) Micronutrientes + ácidos fúlvicos, (IV) Micronutrientes + aminoácidos; (V) Micronutrientes + *Ascophyllum*; (VI) Micronutrientes + *Eklonya*; (VII) N + Zn; (VIII) N + K + aminoácidos; (IX) Reguladores de crescimento; (X) *Trichoderma asperellum*, (XI) *T. asperellum + Bacillus methylotrophicus*, (XII) Turfa e (XIII) Controle.

Para o P, o destaque foram as plantas tratadas com Micronutrientes + *Ascophyllum*

(tratamento V). E para o Zn, o destaque foram as plantas tratadas com Micronutrientes + *Eklonya* (tratamento VI) e Reguladores de crescimento (IX).

A análise de variância mostrou que não houve diferenças significativas entre produtividade (PROD), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV) e massa de 100 grãos (M100) em plantas de feijoeiro tratadas com promotores de crescimento (Tabela 4). Ao contrário, a quantidade de biomassa seca acumulada na parte aérea foi significativamente diferente entre os tratamentos.

Tabela 4. Produtividade (PROD) e componentes de produção: biomassa, número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NVP) e massa de 100 grãos (M100) de plantas de feijão-comum superprecoce, cultivar FC-104, em função do uso de promotores de crescimento. Santo Antônio de Goiás (GO), safra de inverno 2017.

Tratamentos°	**PROD**	**Biomassa**	**NVP**	**NGV**	**M100**
	kg ha^{-1}	kg ha^{-1}	Unidade	Unidade	g m^{-1}
I	3760*	155 a	15	4	22,92
II	3884	173 ab	18	5	21,08
III	4751	229 b*	22	5	21,14
IV	3948	210 a	19	5	20,03
V	4194	184 ab	19	4	20,69
VI	4001	170 a	17	5	20,66
VII	4044	186 ab	18	5	20,09
VIII	4385	197 ab	21	5	19,06
IX	4060	176 ab	17	5	21,60
X	4495	188 ab	19	5	21,50
XI	3819*	219 b*	15	5	25,43
XII	3832	184 ab	19	5	19,70
XIII	4536	169	17	6	17,18
CV (%)	12,84	23,54	19,4	26,57	20,69
FV	ANAVA (Probabilidade do teste de F)				
Tratamento	0,7 ^{ns}	0,005 **	0,2 ^{ns}	0,9 ^{ns}	0,5 ^{ns}

^{ns} médias não significativas ao Teste LSD para $p<0,05$. * médias diferem do tratamento de controle (sem promotores de crescimento) pelo teste de Dunnett para $p<0,05$. ** médias significativas ao Teste LSD para $p<0,05$. °Tratamentos: (I) Complexo de micronutrientes, (II) Leonardita; (III) Micronutrientes + ácidos fúlvicos, (IV) Micronutrientes + aminoácidos; (V) Micronutrientes + *Ascophyllum*; (VI) Micronutrientes + *Eklonya*; (VII) N + Zn; (VIII) N + K + aminoácidos; (IX) Regurladores de crescimento; (X) *Trichoderma asperellum*, (XI) *T. asperellum* + *Bacillus methylotrophicus*, (XII) Turfa e (XIII) Controle (XIII).

No entanto, plantas de feijoeiro do tratamento XI apresentaram aumento da quantidade de biomassa de parte aérea (30%) e do número de vagens por planta (47%), comparativamente ao tratamento controle (Tabela 4). Número de grãos por vagem e massa de 100 grãos não foram afetados.

Esses resultados não significativos em relação ao número de grãos por vagem e massa de 100 grãos (Tabela 4) podem ser um indicativo de que esses componentes de produção sejam pouco influenciados pelas práticas culturais utilizadas na cultura, ou ainda, que a ação do promotor de crescimento não é tão evidente sobre esses parâmetros (ROSSI, 2011). Vellini e Rosolen (1997), em experimento com a cultura do feijoeiro, verificaram também um incremento no número de vagens por planta em resposta a aplicação de Stimulate®; porém, o número de grãos por vagem e a massa de 100 grãos não foram afetados. Para ervilha, Mishriky et al. (1990) relataram aumento no número de vagens por planta. Ao contrário, para a cultura da soja, Milléo e Monferdini (2004) observaram que o número de vagens por planta, peso de 1000 grãos e produtividade nos tratamentos com promotores de crescimento foram maiores que na testemunha.

A ausência de aumento na produtividade de grãos do feijoeiro em função do uso de promotores de crescimento pode ter sido reflexo direto das boas condições da área experimental utilizada, como altos teores de matéria orgânica e nutrientes (Tabela 1), bem como das condições climáticas. Essa favorabilidade

permitiu um adequado desenvolvimento das plantas de feijoeiro, já que no tratamento controle (sem promotores de crescimento) as plantas apresentaram produtividade igual a 4.536 kg ha^{-1}, valor superior à média nacional. Diante desse cenário, pode-se dizer que as plantas de feijoeiro não necessitaram da adição de promotores de crescimento para melhorar a sua performance agronômica nas condições experimentais do presente estudo.

As análises dos teores de macro e micronutrientes nos grãos revelaram que não houve efeito significativo dos promotores de crescimento sobre a qualidade nutricional dos grãos de feijão-comum de ciclo superprecoce (Tabela 5).

Tabela 5. Teor de macronutrientes: N (nitrogênio), P (fósforo), K (potássio), Ca (cálcio), Mg (magnésio) e S (enxofre) e de micronutrientes: Cu (cobre), Fe (ferro), Mn (manganês) e Zn (zinco), em grãos de feijão-comum superprecoce, cultivar FC-104, em função do uso de promotores de crescimento. Santo Antônio de Goiás (GO), safra de inverno 2017.

Tratamentos°	**N**	**P**	**K**	**Ca**	**Mg**	**S**	**Cu**	**Fe**	**Mn**	**Zn**
			g kg^{-1}					mg kg^{-1}		
I	33,41	3,77	6,30	1,46	2,20	2,64	9,05	52,39	17,62	41,37
II	32,34	3,86	6,78	1.34	2,18	2,45	8,34	48,56	18,75	37,56
III	33,09	3,59	6,49	1,33	2,18	2,43	8,73	47,08	17,25	36,64
IV	33,41	3,77	6,30	1,46	2,20	2,64	9,05	52,39	17,62	41,37
V	35,29	3,77	7,85	1,59	2,15	2,60	8,56	50,69	17,82	39,57
VI	35,91	3,41	6,48	1,43	2,13	2,55	8,98	44,86	19,16	37,03
VII	32,91	4,04	7,74	1,47	2,24	2,64	9,42	53,88	20,4	39,70
VIII	33,05	4,04	7,88	1,57	2,16	2,57	8,75	51,36	16,66	39,37
IX	34,86	3,57	6,84	1,29	2,05	2,5	8,66	48,85	17,10	36,29
X	34,38	3,97	8,38	1,45	2,21	2,61	9,27	51,11	20,40	40,54
XI	32,60	3,78	8,25	1,53	2,20	2,55	8,74	51,50	17,73	38,41
XII	35,77	3,46	6,39	1,40	2,19	2,54	9,18	49,8	18,15	37,82
XIII	34,79	3,68	6,88	1,49	2,19	2,56	8,12	48,37	18,84	37,85
CV (%)	6,83	11,9	17,3	13,1	7,00	8,42	7,87	9,57	11,5	8,29
FV					ANAVA (Probabilidade do teste de F)					
Tratamento	$0,7^{ns}$	$0,4^{ns}$	$0,4^{ns}$	$0,6^{ns}$	$0,6^{ns}$	$0,8^{ns}$	$0,3^{ns}$	$0,3^{ns}$	$0,3^{ns}$	$0,3^{ns}$

^{ns} médias não significativas ao Teste LSD para $p<0,05$.

°Tratamentos: (I) Complexo de micronutrientes, (II) Leonardita; (III) Micronutrientes + ácidos fúlvicos, (IV) Micronutrientes + aminoácidos; (V) Micronutrientes + *Ascophyllum*; (VI) Micronutrientes + *Eklonya*; (VII) N + Zn; (VIII) N + K + aminoácidos; (IX) Regurladores de crescimento; (X) *Trichoderma asperellum*, (XI) *T. asperellum + Bacillus methylotrophicus*, (XII) Turfa e (XIII) Controle (XIII).

Portanto, mesmo que o efeito fisiológico dos promotores de crescimento ainda não esteja totalmente elucidado, nossos resultados não foram inteiramente inesperados. Embora o efeito dos promotores de crescimento não tenha sido significativo sobre as taxas fotossintética e transpiratória, teor de nutrientes e rendimento de grãos; sua influência sobre a condutância estomática, o acúmulo de biomassa seca na parte aérea e o número de vagens por planta sugerem que eles podem estar agindo em processos fisiológicos não avaliados nesse estudo, já que os processos fisio-agronômicos impactados positivamente não foram suficientes para proporcionar aumentos significativos na produtividade de grãos da cultura. Pesquisas devem ser aprofundadas a fim de elucidar mecanismos de remobilização de fotoassimilados entre estruturas vegetativas e reprodutivas das plantas de feijoeiro e em que condições ocorrerá efeitos positvos dos promotores de crescimento na produtividade da cultura de feijoeiro.

CONCLUSÃO

- O uso de promotores de crescimento não apresentou efeito sobre as características de trocas gasosas, com exceção da condutância estomática e da quantidade de biomassa seca de parte aérea de plantas de feijão-comum tratadas com *Trichoderma asperellum + Bacillus methylotrophicus* e do teor de nutrientes nas folhas, com exceção dos teores de P e de Zn de plantas;
- O uso de promotores de crescimento não proporcionou incrementos significativos nos parâmetros fisio-agronômicos das plantas de

feijão-comum, o que pode ser devido, em parte, aos altos teores de matéria orgânica e fertilidade do solo.

REFERÊNCIAS

ABRANTES, F. L.; SÁ, M.E.; SOUZA, L.C.D.; SILVA, M.P.; SIMIDU, H.M.; ANDREOTTI, M.; BUZETTI, S.; FILHO, W. V. V.; ARRUDA, N. Uso de regulador de crescimento em cultivares de feijão de inverno. **Revista Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.41, n.2, p. 148-154, 2011. https://doi.org/10.5216/pat.v41i2.8287

ALBUQUERQUE, R. C.; SÁ, M. E.; SOUZA, de L. C.; SILVA, M. P.; SIMIDU, H. M.; ANDREOTTI, M.; BUZETTI, S.; VALÉRIO, F. W. V.; ARRUDA, N. Efeitos do bioestimulante Stimulate® em sementes pré-embebidas de mamona (Ricinus communis L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA: ENERGIA E SUSTENTABILIDADE, 1. 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004.

ALVAREZ, R. C. F.; CRUSCIOL, C. A. C.; NASCENTE, A. S.; RODRIGUES, J. D.; HABERMANN, G. Gas exchange rates, plant height, yield components, and productivity of upland rice as affected by plant regulators. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.10, p.1455-1461, out. 2012. https://doi.org/10.1590/S0100-204X2012001000007

BERTOLIN, D. C.; SÁ, M. E.; ARF, O.; FURLANI, J. E.; COLOMBO, A. S.; CARVALHO, F. L. B. M. Aumento da produtividade de soja com a aplicação de bioestimulantes. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 2, p. 339-347, 2010. https://doi.org/10.1590/S0006-87052010000200011

BINSFELD, J. A.; BARBIERI, A. P. P.; HUTH, C.; CABRERA, I. C.; HENNING, L. M. M. Uso de bioativador, bioestimulante e complexo de nutrientes em sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 44, n. 1, p. 88-94, 2014. https://doi.org/10.1590/S1983-40632014000100010

BONTEMPO, A. F.; ALVES, F. M.; CARNEIRO, G. D. O. P.; SILVA, L. O. D.; AQUINO, L. A. Influência de bioestimulantes e nutrientes na emergência e no crescimento inicial de feijão, soja e milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.15, n.1, p. 86-93, 2016.

CASTRO, P.R.C.; VIEIRA, E.L. Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical. Guaíba: **Agropecuária**, 2001.

COBUCCI, T.; CURUCK, F. J; SILVA, J. G. **Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) às aplicações de bioestimulante e complexos nutritivos**. Goiânia: Conafe, 2005.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira**. Brasília: Conab, v.4, n.2, 2017. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 15.nov.2017.

DOURADO, N. D.; DARIO, G. J. A.; BARBIERI, A. P. P.; MARTIN, T. N. Ação de bioestimulante no desempenho agronômico de milho e feijão. **Revista Bioscience Journal**, Uberlândia, v.30, n.3, p.371-379, 2014.

EMBRAPA. **ExpoTec 2017 terá pré-lançamento de feijão carioca superprecoce – RSS**. 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/noticias-rss /asset_publisher/HA73uEmvroGS/content/id/21328160>. Acesso em: 12 set. 2018.

EMBRAPA. **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro comum na Região Central-Brasileira**: 2012-2014. Embrapa Arroz e Feijão, 2012. 247 p.

ESPINDULA, M. C.; ROCHA, V. S.; SOUZA, L. T.; SOUZA, M. A.; CAMPANHARO, M.; GROSSI, J. A. S. Rates of nitrogen and growth retardant trinexapac‑ethyl on wheat. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, p.2045‑2052, 2011. https://doi.org/10.1590/S0103-84782011001200002

FAGAN, E. B.; DOURADO NETO, D.; VIVIAN, R.; FRANCO, R.B.; YEDA, M.P.; MASSIGNAM, L.F.; OLIVEIRA, R.F.; MARTINS, K.V. Efeito da aplicação de piraclostrobina na taxa fotossintética, respiração, atividade da enzima nitrato redutase e produtividade de grãos de soja. **Bragantia**, Campinas, v.69, p.771‑777, 2010. https://doi.org/10.1590/S0006-87052010000400001

GROSSMANN, K.; RETZLAFF, G. Bioregulatory effects of the fungicidal strobilurin kresoxim methyl in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Pesticide Science**, Tóquio, v.50, p.11‑20, 1997.

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.

LANNA, A. C.; SILVA, R. A.; FERRARESI, T. M., MENDONÇA, J. A.; COELHO, G. R. C.; MOREIRA, A. S.; VALDISSER, P. M. R.; BRONDANI, C.; VIANELLO, R. P. Physiological characterization of commom bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under abiotic stresses for breeding purposes. **Environmental Science and Pollution Research**, Helderberg, v.25, n.31, p.31149-31164, 2018.

LIMA, M. M.; AZEVEDO, C. A. V.; BELTRÃO, N. E. M.; LIMA, V. L. A.; NASCIMENTO, M. B. H.; FIGUEREDO, I. C. M. Níveis de adubação nitrogenada e bioestimulante na produção e qualidade do algodão BRS verde. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 3, p. 619-623, 2006. https://doi.org/10.1590/S1415-43662006000300012

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.

MILLÉO, M. V. R.; MONFERDINI, M. A. Avaliação da eficiência agronômica de diferentes dosagens e métodos de aplicação de Stimulate® em soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 3, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, 2004.

MISHRIKY, J.F.; FADATY, K.A.; BADAWI, M.A. Effect of gibberellic acid (GA3) and chlormequat (CCC) on growth, yield and quality of peas. **Bulletin of Faculty of Agriculture**, Cairo, v. 41, n. 3, p.785-797, 1990.

NASCIMENTO, V.; ARF, O.; SILVA, M. G.; BINOTTI, F. F. S.; RODRIGUES, R. A. F.; ALVAREZ, R. C. F. Uso do regulador de crescimento etil‑trinexapac em arroz de terras altas. **Bragantia,** Campinas, v.68, p.921‑929, 2009. https://doi.org/10.1590/S0006-87052009000400012

NEVES, L. L.M.; SIQUEIRA, D. L.; CECON, P. R.; MARTINEZ, C. A.; SALOMÃO, L. C. C. Crescimento, trocas gasosas e potencial osmótico da bananeira-'prata', submetida a diferentes doses de sódio e cálcio em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n. 2, p. 524-529, 2002. https://doi.org/10.1590/S0100-29452002000200049

NONATO, J. **Nutrição, fisiologia e produtividade de soja inoculada com** *Azospirillum brasilense* **e reguladores vegetais**. 2016. 79f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava.

PERIN, A.; GONÇALVES, E. L.; FERREIRA, A. C.; SALIB, G; RIBEIRO, J.M.; ANDRADE, E; SALIB, N. Uso de promotores de crescimento no tratamento de sementes de feijão carioca. **Global Science Technology**, Rio Verde, v.09, n.03, p.98 - 105, 2016.

REDDY, A. R.; REDDY, K. R.; HODGES, H. F. Mepiquat choride (PIX)‑induced changes in photosynthesis and growth of cotton. **Plant Growth Regulation**, Springer, v.20, p.179‑83, 1996. https://doi.org/10.1007/BF00043305

ROSSI, R. **Nitrogênio em cobertura e bioestimulante aplicado via foliar em feijoeiro de inverno no sistema plantio direto**. 2011. 61 f.Dissertação (Mestrado em Sistemas de produção) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual de São Paulo, Ilha Solteira-SP, 2011.

SILVA, O. F. **O feijão-comum no Brasil**: passado, presente e futuro. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2013. 63 p.

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.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2012.

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, 2006.

VELLINI, E. D.; ROSOLEM, C. A. **Eficácia agronômica de Stimulate**. Botucatu: UNESP, 1997.

YANG, Z. B.; ETICHA, D.; ROTTER, B.; RAO, I. M.; HORST, W. J. Physiological and molecular anlysis of polyethylene glycol-induced reduction of aluminium accumulation in the root tips of common bean (Phaseolus vulgaris). **New Phytologist**, Lancaster, v.192, p.99–113, 2011. https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2011.03784.x

Recebido para publicação em 18/03/2018
Revisado em 05/11/2018
Aceito em 26/12/2018