



# Bioestimulante vegetal associado a indutor de resistência nos componentes da produção de feijoeiro<sup>1</sup>

## *Plant biostimulant associated with a resistance inducer in the production components of the common bean*

João William Bossolani<sup>2\*</sup>, Marco Eustáquio de Sá<sup>3</sup>, Luis Fernando Merloti<sup>4</sup>, João Vítor Trombeta Bettiol<sup>5</sup>, Gustavo Roberto Fonseca de Oliveira<sup>6</sup>, Diego dos Santos Pereira<sup>7</sup>

**Resumo:** Em busca do aumento da produtividade do feijoeiro e de várias outras culturas de interesse econômico, foram realizadas inúmeras pesquisas utilizando reguladores de crescimento, hormônios e nutrientes, principalmente em aplicações foliares com a finalidade de acelerar o desenvolvimento da planta, melhorar suas características agrônomicas, garantir maior sanidade e desempenho em campo. A aplicação de reguladores vegetais bioestimulantes com a finalidade de aumentar a produtividade das culturas é prática ainda pouco usual na agricultura. Assim, objetivou-se com este estudo avaliar o efeito da aplicação de bioestimulante vegetal associado a um indutor de resistência nos componentes de produção do feijoeiro. Foram utilizadas cinco doses de um bioestimulante (ácido indolbutírico, cinetina e ácido giberélico), sendo 0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 L ha<sup>-1</sup>, combinado com quatro doses de um indutor de resistência (0,5; 1,0; 2,0 e 3,0 L ha<sup>-1</sup>) no feijão comum, cv. IAC Formoso, em sistema de plantio direto. O experimento foi conduzido em Selvíria-MS, no ano agrícola 2013/14. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial (5x4), com quatro repetições. Foram avaliados os componentes da produção e a produtividade de sementes da cultura. O indutor de resistência proporcionou maiores valores de matéria verde (52,08 g planta<sup>-1</sup>) e seca (17,29 g planta<sup>-1</sup>) de feijoeiro, respectivamente, nas doses de 2,04 L ha<sup>-1</sup> e 2,15 L ha<sup>-1</sup>. A maior produtividade (3756 kg ha<sup>-1</sup>) foi obtida na dose de 0,78 L ha<sup>-1</sup> do bioestimulante. O uso do bioestimulante vegetal pode ser uma alternativa viável para o aumento de produtividade do feijoeiro.

**Palavras-chave:** *Phaseolus vulgaris*. Fitohormônios. Ácido acetilsalicílico. Aplicação foliar.

**Abstract:** In the search for increased productivity in the common bean and in various other crops of economic interest, much research has been carried out using growth regulators, hormones and nutrients, especially in foliar application, with the aim of accelerating plant development, improving agronomic characteristics, and ensuring better plant health and performance in the field. The application of biostimulant plant regulators with the purpose of increasing crop productivity is a still not a common practice in agriculture. The aim of this study therefore, was to evaluate the effect of the application of plant biostimulants together with a resistance inducer on the production components of the common bean. Five doses of a biostimulant (indolebutyric acid, kinetin and gibberellic acid) were used (0, 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0 L ha<sup>-1</sup>), combined with four doses of a resistance inducer (0.5, 1.0, 2.0 and 3.0 L ha<sup>-1</sup>) in the common bean "IAC Formoso" under a no-tillage system. The experiment was carried out in Selvíria, in the State of Mato Grosso do Sul, during the 2013/14 agricultural year. The experimental design was of randomised blocks, in a 5x4 factorial scheme, with four replications. Production components and seed productivity were evaluated in the crop. The resistance inducer gave higher values for green matter (52.08 g plant<sup>-1</sup>) and dry matter (17.29 g plant<sup>-1</sup>) in the common bean at a dose of 2.04 L ha<sup>-1</sup> and 2.15 L ha<sup>-1</sup> respectively. The greatest productivity (3,756 kg ha<sup>-1</sup>) was obtained with a dose of 0.78 L ha<sup>-1</sup> of biostimulant. The use of vegetable biostimulant can be a viable alternative for increasing productivity in the common bean.

**Key words:** *Phaseolus vulgaris*. Phytohormones. Acetylsalicylic acid. Foliar application.

\*Autor para correspondência

Enviado para publicação em 14/01/2017 e aprovado em 10/08/2017

<sup>1</sup>Parte do projeto de iniciação científica fomentada ao primeiro autor pela FAPESP (Processo n° 2013/02378-0)

<sup>2</sup>Bolsista CNPq, Mestrando em Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia (DFTASE), UNESP/FEIS, Av. Brasil Sul, 56 - Centro, Ilha Solteira - SP, 15385-000 Brasil - bossolani.agro@gmail.com

<sup>3</sup>Prof. Dr. Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia (DFTASE), UNESP/FEIS, Ilha Solteira, SP, Brasil - marcosa@agr.feis.unesp.br

<sup>4</sup>Mestrando em Ciências, Departamento de Biologia na Agricultura, USP/CENA, Piracicaba, SP, Brasil - merloti.fernando@gmail.com

<sup>5</sup>Graduando em Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia (DFTASE), UNESP/FEIS, Ilha Solteira, SP, Brasil - joaovictor\_bettiol@gmail.com

<sup>6</sup>Graduando em Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia (DFTASE), UNESP/FEIS, Ilha Solteira, SP, Brasil - matias.agronomia@gmail.com

<sup>7</sup>Mestrando em Agronomia, Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos (DEFERS), UNESP/FEIS, Ilha Solteira, SP, Brasil - diego\_360@gmail.com

## INTRODUÇÃO

Tendo em vista sua utilização na alimentação da população, a cultura do feijoeiro é uma das principais do Brasil, constituindo-se como uma das principais fontes de proteína para uma grande parcela da população (SOUZA; WANDER, 2014). Na última safra (2016/17), o Brasil apresentou uma área cultivada de feijão de 3 milhões de hectares, considerando as 3 safras realizadas no ano agrícola, e apresentou uma produtividade média em torno de 1.105 kg ha<sup>-1</sup>. Em Goiás, estado que detém a maior produtividade média, os valores estão próximos de 2.470 kg ha<sup>-1</sup>, seguido dos estados de São Paulo (2.440 kg ha<sup>-1</sup>) e Santa Catarina (2.055 kg ha<sup>-1</sup>). O estado do Mato Grosso do Sul apresenta média inferior aos estados acima citados, média de 1.512 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2017), por apresentar maior restrição hídrica.

Novas tecnologias vêm sendo empregadas em sistemas produtivos, principalmente a fim de reduzir custos e aumentar a viabilidade de cultivo em regiões com algum tipo de restrição, como a hídrica, por exemplo. Entre as tecnologias empregadas para o feijoeiro, destacam-se: aplicação de nutrientes e reguladores vegetais via foliar, produção de novos cultivares, irrigação e plantio direto (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

A associação de produtos que contém reguladores vegetais com aqueles que têm nutrientes e outros compostos parece se constituir numa alternativa viável para ser estudada, visando o aumento na produtividade (BERNARDES *et al.* 2010). Conforme Du Jardin (2015), os biorreguladores vegetais são eficientes quando aplicados em baixas doses, modificando e alterando processos metabólicos e fisiológicos vegetais, aumentando a absorção e eficiência dos nutrientes e, conseqüentemente, a produtividade das culturas, além de reduzir perdas em condições ambientais adversas. Resultados obtidos por Vieira e Castro (2001), com uso de regulador de crescimento, contendo ácido indolbutírico (0,005%), cinetina (0,009%) e ácido giberélico (0,005%), nas culturas de feijoeiro, arroz e milho, mostraram efeitos positivos e significativos nos componentes relativos à produtividade, quando comparadas à testemunha.

A aplicação de reguladores de crescimento nos primeiros estágios de desenvolvimento das culturas estimula o crescimento radicular, promove a recuperação da planta de forma mais rápida após período de estresse hídrico, confere maior resistência a insetos, pragas, doenças e nematoides, bem como estabelecimento mais rápido e uniforme das plantas, garantindo bom desempenho na absorção de nutrientes e, conseqüentemente, expressando seu potencial produtivo (LANA *et al.*, 2009).

Com a mesma finalidade de reduzir danos provenientes de condições desfavoráveis às culturas, o ácido acetilsalicílico vem sendo investigado nos últimos anos. A indução de resistência contra fatores ambientais (abióticos)

e até mesmo contra fatores bióticos em plantas pode ser adquirida por meio dessa substância e seus análogos (DONG *et al.*, 2010). Pesquisas mostram que a aplicação exógena de ácido acetilsalicílico é capaz de induzir respostas de defesa nas plantas, promovendo, por exemplo, alterações na produção de Espécies Reativas de Oxigênio (EROs), na atividade de enzimas antioxidantes e no conteúdo de compostos fenólicos (DURANGO *et al.*, 2013).

Dessa forma, objetivou-se com este estudo avaliar o efeito da combinação de doses de um bioestimulante e de um indutor de resistência a fatores bióticos e abióticos sobre a produção de sementes de feijoeiro de inverno, em condições de cerrado de baixa altitude.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento de campo foi instalado na área experimental pertencente à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, localizada no Município de Selvíria-MS, apresentando como coordenadas geográficas 55° 22' de longitude Oeste de Greenwich e 20° 22' de Latitude Sul, com altitude de 335 metros. A precipitação média anual é de 1313 mm, a temperatura média anual é de 25 °C e a umidade relativa do ar entre 70 e 80% de média anual (PORTUGAL *et al.*, 2015). Os dados de precipitação pluvial, temperatura máxima, mínima e umidade relativa média do ar durante a condução do experimento estão apresentados na Figura 1.

O solo da área experimental é da classe Latossolo Vermelho, textura média, fase relevo suave ondulado (EMBRAPA, 2013). Antes da instalação do experimento em campo, foi realizada amostragem do solo na camada de 0 – 0,20 m para análise química, de acordo com a metodologia descrita por Raij (2011), cujos resultados foram: P (resina): 25 mg dm<sup>-3</sup>, Matéria Orgânica: 21 g dm<sup>-3</sup>, pH (CaCl<sub>2</sub>): 5,5, K: 1,8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, Ca - 22 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, Mg - 19 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, H+Al - 22 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, SB - 42,8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, CTC - 64,5 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e V% - 66.

A cultura do feijoeiro foi instalada em sistema de plantio direto sobre palhada de *Urochloa ruziziensis* no dia 23 de março de 2013. Foram semeadas sementes do cultivar IAC-Formoso, pertencente ao grupo Carioca. As sementes foram tratadas com fungicida carboxin + thiram na dose de 200 mL 100 kg<sup>-1</sup> e semeadas mecanicamente, no espaçamento de 0,45 m entre linhas e densidade de 15 sementes m<sup>-1</sup>, para se obter uma população final de 240.000 plantas ha<sup>-1</sup>, considerando o poder germinativo de 85%. A adubação de semeadura foi realizada de acordo com análise química do solo (250 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 04-30-10). A adubação em cobertura foi realizada por ocasião da emissão do terceiro trifólio totalmente aberto, estágio V<sub>4-3</sub> com 50 kg ha<sup>-1</sup> de N. A ureia foi utilizada como fonte de N.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial (5 x 4), com 4 repetições.

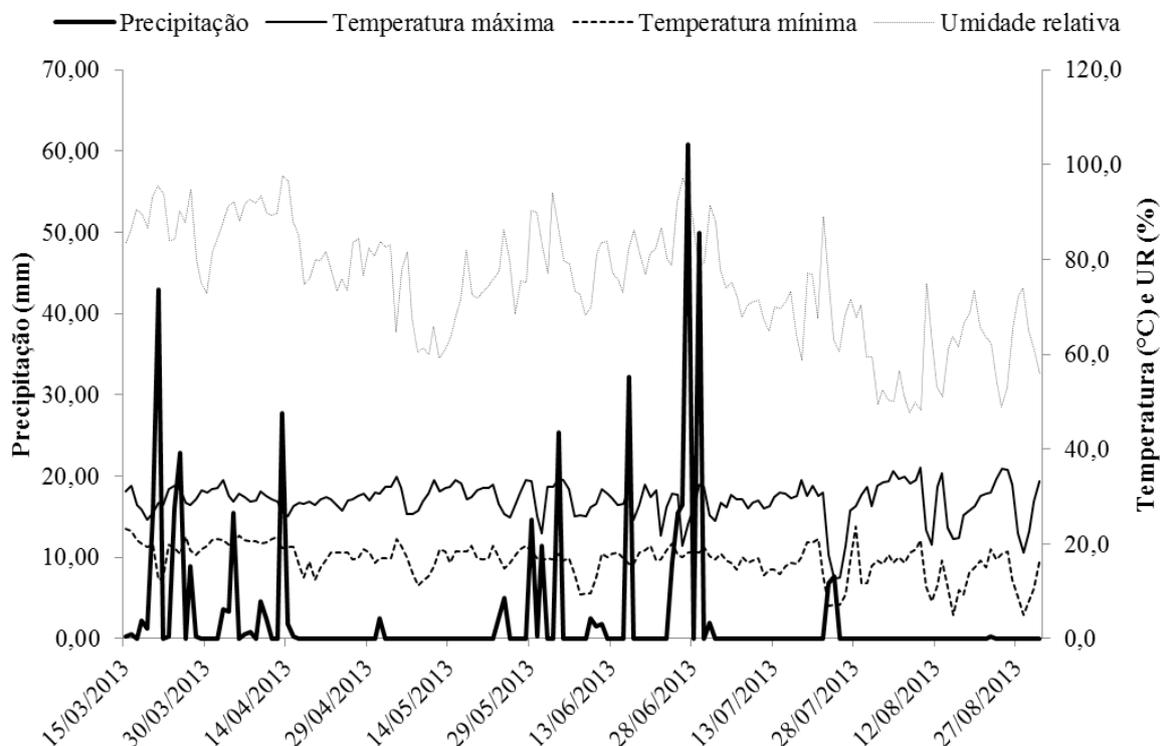


Figura 1 - Dados climáticos de precipitação pluvial, temperatura máxima, mínima e umidade relativa do ar registrados durante a condução do experimento. Selvíria - MS, 2012/2013.

Figure 1 – Climatic data for rainfall, maximum temperature, minimum temperature, and relative humidity recorded during the experiment. Selvíria, MS, 2012/2013.

Os fatores corresponderam a 5 doses do bioestimulante (0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 L do p.c. ha<sup>-1</sup>), composto por ácido indolbutírico (0,005%), cinetina (0,009%) e ácido giberélico (0,005%), e 4 doses do produto indutor de resistência (0,5; 1,0; 2,0 e 3,0 L do p.c. ha<sup>-1</sup>), composto por 10% de nitrogênio e ácido acetilsalicílico, totalizando 20 tratamentos. As parcelas constaram de 5 linhas de 5 m de comprimento, sendo considerada como área útil as três linhas centrais, descartando-se 0,5 m de cada extremidade.

Dois dias após a realização da adubação de cobertura, foram realizadas as aplicações dos tratamentos, fazendo uso de um pulverizador costal, com volume calculado pra 150 L ha<sup>-1</sup>, equipado com bico tipo cone cheio. Os produtos foram aplicados às 9 h da manhã, com temperatura de 26°C, umidade relativa do ar (UR) de 75% e solo úmido.

Por ocasião do florescimento pleno das plantas, foram coletadas, ao acaso, as partes aéreas de 10 plantas da área útil de cada parcela, que foram acondicionadas em sacos de papel devidamente identificado e, em seguida, foi mensurada a massa de matéria verde (MMV). Posteriormente, as plantas foram colocadas para secagem em estufa de ventilação forçada à temperatura média de 65 °C, até atingir peso constante, obtendo-se a massa de matéria seca (MMS).

Na colheita da cultura, realizada no dia 24 de agosto de 2013, foram coletadas 10 plantas em local pré-determinado, na área útil de cada parcela, para determinar altura de planta (AP), altura de inserção da primeira vagem (IV), número de vagens por planta (NVP), número de sementes por planta (NSP) e massa de cem sementes (M100S), segundo as recomendações das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

A produtividade (PROD) de sementes foi avaliada pela colheita manual das plantas das duas linhas centrais de cada parcela, desprezando-se 0,5 m de cada extremidade. O material foi arrancado e colocado em sacos de juta, previamente identificados, sendo posteriormente levados para terreiro de alvenaria, onde se procedeu a secagem final. Então foi feita batida e limpeza do material em trilhadora estacionária, com posterior pesagem em balança de precisão 0,1 g. A partir dos dados obtidos, a produção foi transformada em kg ha<sup>-1</sup>, ao grau de umidade a 130 g kg<sup>-1</sup> de água.

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F e de regressão polinomial ( $p \leq 0,05$ ). A análise estatística foi realizada com auxílio do software SISVAR® (FERREIRA, 2014).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, encontram-se os valores médios e o teste F para as variáveis morfológicas avaliadas na cultura do feijoeiro, em função dos tratamentos utilizados. Não houve

interação entre os fatores estudados, passando-se a estudar os efeitos médios de cada fator. As variáveis MMV e MMS foram afetadas apenas pelo indutor de resistência.

Observa-se que houve ajuste significativo a um modelo quadrático para as variáveis MMV e MMS de plantas de

**Tabela 1** - Médias observadas de massa da matéria verde e seca de plantas, altura de plantas e inserção da 1ª vagem de feijoeiro cv IAC Formoso em função dos tratamentos utilizados. Selvíria – MS, 2013

*Table 1* - Mean values seen for green matter weight (GMW), dry matter weight (DMW), plant height (PH) and first bean pod insertion (PI) in the common bean "IAC Formoso", as a function of treatment. Selvíria, MS, 2013

Tratamentos	MMV	MMS	AP	IV
	(g planta <sup>-1</sup> )		(cm)	(cm)
<b>Bioestimulante (L ha<sup>-1</sup>)</b>				
0	39,87	15,23	72,83	10,23
0,5	45,92	16,71	79,08	10,48
1,0	48,70	15,34	70,65	10,30
1,5	41,39	15,23	77,06	11,01
2,0	44,46	15,40	74,23	10,42
<b>Média</b>	<b>44,06</b>	<b>15,58</b>		
<b>Indutor de Resistência (L ha<sup>-1</sup>)</b>				
0,5	32,58	13,26	74,26	10,58
1,0	47,62	15,66	77,26	10,59
2,0	49,68	17,09	73,22	10,48
3,0	46,04	16,31	74,06	10,36
<b>F da ANOVA</b>				
Bioestimulante (B)	0,9 <sup>ns</sup>	1,1 <sup>ns</sup>	1,3 <sup>ns</sup>	1,3 <sup>ns</sup>
Indutor de Resistência (IR)	5,8 <sup>**</sup>	9,5 <sup>**</sup>	0,6 <sup>ns</sup>	0,2 <sup>ns</sup>
B x IR	0,9 <sup>ns</sup>	0,4 <sup>ns</sup>	1,0 <sup>ns</sup>	1,2 <sup>ns</sup>
<b>Média</b>	<b>43,98</b>	<b>15,58</b>	<b>74,85</b>	<b>10,50</b>
<b>C.V. %</b>	<b>32,81</b>	<b>15,38</b>	<b>15,44</b>	<b>10,56</b>

ns, \* e \*\* são, respectivamente, não significativo, significativo a 5% e a 1% pelo Teste F.

ns, \* and \*\* is, respectively, not significant, significant at 5% and 1% probability by F test.

feijoeiro em função das doses do indutor de resistência (Tabela 2). As plantas alcançaram 52,08 g por planta de MMV e 17,29 g por planta de MMS nas doses de máxima eficiência de 2,04 L ha<sup>-1</sup> e 2,15 L ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Esses valores correspondem a um incremento de 51 e 29%, respectivamente, para MMV e MMS.

De acordo com Pacheco *et al.* (2007), o ácido acetilsalicílico presente no indutor funciona como um regulador vegetal que tem efeito positivo na redução de transpiração das folhas, sendo muito encontrado em plantas termogênicas. Esse é um fato importante ao se considerar períodos que a planta fica exposta a altas temperaturas e baixa umidade relativa do ar. Conforme Araujo e Menezes (2009), esse composto pode contribuir para a redução do

estresse, seja ele biótico ou abiótico, nas plantas cultivadas, o que pode ter promovido um maior acúmulo de massa de matéria seca nas plantas até o ponto de máxima, dose de 2,04 L ha<sup>-1</sup> (SILVA *et al.*, 2014).

Para altura média de plantas e de inserção da primeira vagem, verifica-se que os tratamentos utilizados não proporcionaram diferenças estatísticas (Tabela 1). Esses caracteres, de maneira geral, são intrínsecos ao cultivar, apresentando maior influência dos fatores ambientais (ZUCARELI *et al.*, 2010).

Para número de vagens por planta, verifica-se que houve efeito significativo tanto do bioestimulante quanto do indutor de resistência de maneira isolada (Tabela 3). Para ambos, ocorreram ajustes quadráticos, sendo que para

**Tabela 2** - Equações referentes à MMV e MMS de feijoeiro em função das doses de indutor de resistência, coeficiente de determinação, significância estatística, dose de máxima eficiência (DME), incremento e eficiência

**Table 2** - Equations relating to GMW and DMW in the common bean for doses of resistance inducer, coefficient of determination, statistical significance, dose of maximum efficiency (DME), increment, and efficiency

	MMV	MMS
Equação	$\hat{Y} = 21,25 + 30,179X - 7,3842^{**}X^2$	$\hat{Y} = 10,678 + 6,156X - 1,432^{**}X^2$
R <sup>2</sup>	0,87	0,98
DME <sup>1</sup>	2,04 L ha <sup>-1</sup>	2,15 L ha <sup>-1</sup>
Variável na DME (g por planta)	52,08	17,29
Incremento (g por planta) <sup>2</sup>	17,59	3,89
Eficiência (%) <sup>3</sup>	51	29

<sup>1</sup>DME - Dose de máxima eficiência; <sup>2</sup>Incremento = variável na dose MET - variável na menor dose do indutor de resistência; <sup>3</sup>Eficiência (%) =  $\{[(\text{Variável na dose de MET} \times 100) / (\text{variável na menor dose do indutor de resistência})] - 100\}$ .

<sup>1</sup>DME - Dose of maximum efficiency; <sup>2</sup>Increment = variable at the MET dose - variable at the lowest inducer dose; <sup>3</sup>Efficiency (%) =  $\{[(\text{Variable at the MET dose} \times 100) / (\text{variable at lowest inducer dose})] - 100\}$ .

**Tabela 3** - Médias observadas de número de vagens por planta (NVP), número de sementes por vagem (NSV), massa de 100 sementes (M100S) e produtividade (PROD) de sementes de feijoeiro, cv IAC Formoso, em função dos tratamentos. Selvíria – MS, 2013

**Table 3** - Observed mean values for number of pods per plant (NPP), number of seeds per pod (NSP), 100-seed weight (W100S) and seed productivity (PROD) in the common bean "IAC Formoso" as a function of treatment. Selvíria, MS, 2013

Tratamentos	NVP	NSV	M100S (g)	PROD (kg ha <sup>-1</sup> )
<b>Bioestimulante (L ha<sup>-1</sup>)</b>				
0	8,94	5,13	28,91	3229
0,5	11,5	5,31	29,50	4143
1,0	10,8	4,90	28,70	3548
1,5	9,32	5,36	29,47	3202
2,0	8,25	5,70	29,10	3017
<b>Indutor de Resistência (L ha<sup>-1</sup>)</b>				
0,5	8,7	5,43	28,92	3548
1,0	10	5,25	29,67	3687
2,0	10	5,42	29,40	3258
3,0	10,35	5,03	28,59	3227
Média	-	-	-	3430
<b>F CALC</b>				
Bioestimulante (B)	3,98**	1,60 <sup>ns</sup>	0,47 <sup>ns</sup>	6,894**
Indutor de resistência (IR)	3,10*	0,85 <sup>ns</sup>	1,13 <sup>ns</sup>	2,22 <sup>ns</sup>
B x IR	1,64 <sup>ns</sup>	1,40 <sup>ns</sup>	2,96 <sup>ns</sup>	1,45 <sup>ns</sup>
Média	-	5,28	29,15	-
<b>C.V. (%)</b>	<b>18,72</b>	<b>17,54</b>	<b>6,99</b>	<b>19,59</b>

ns, \* e \*\* são, respectivamente, não significativo, significativo a 5% e a 1% pelo Teste F.

ns, \* and \*\* is, respectively, not significant, significant at 5% and 1% probability by F test.

o bioestimulante, obteve-se dose ótima estimada de 0,84 L ha<sup>-1</sup>, correspondendo a uma média de 11 vagens por planta,

valor 18% maior que o obtido na menor dose do produto (Tabela 4).

**Tabela 4** - Equações referentes à NVP de feijoeiro em função das doses de bioestimulante e indutor de resistência, coeficiente de determinação, significância estatística, dose de máxima eficiência (DME), incremento e eficiência

**Table 4** - Equations relating to the number of pods for plant (NVP) in the common bean for doses of biostimulant and resistance inducer, coefficient of determination, statistical significance, dose of maximum efficiency (DME), increment, and efficiency

	Número de vagens por planta (NVP)		PROD (kg ha <sup>-1</sup> )
	Bioestimulante	Indutor de Resistência	
Equação	$\hat{y} = 9,325 + 3,88X - 2,29 * X^2$	$\hat{y} = 8,106 + 1,834X - 0,371 ** X^2$	$\hat{y} = 3422,4 + 840,71X - 556,86 ** X^2$
R <sup>2</sup>	0,81	0,79	0,60
DME <sup>1</sup>	0,84 L ha <sup>-1</sup>	2,46 L ha <sup>-1</sup>	0,78
Variável na DME	11,0	10,36	3756
Incremento <sup>2</sup>	1,68	1,43	334
Eficiência (%) <sup>3</sup>	18	16	9,76

<sup>1</sup>DME - Dose de máxima eficiência; <sup>2</sup>Incremento = variável na dose MET - variável na menor dose do produto; <sup>3</sup>Eficiência (%) =  $\{[(\text{Variável na dose de MET} \times 100) / (\text{variável na menor dose do produto})] - 100\}$ .

<sup>1</sup>DME - Dose of maximum efficiency; <sup>2</sup>Increment = variable at the MET dose - variable at the lowest product dose; <sup>3</sup>Efficiency (%) =  $\{[(\text{Variable at the MET dose} \times 100) / (\text{variable at lowest product dose})] - 100\}$ .

O incremento nos valores obtidos para NVP pode estar relacionado com a auxina presente no bioestimulante que participa de processos metabólicos do crescimento, principalmente pelo alongamento celular, além de retardar a abscisão de flores recém-fecundadas e vagens em formação, sendo assim, é uma substância que desempenha papel importante na fisiologia da planta. A cinetina, presente no bioestimulante, também possui papel decisivo na fixação biológica de nitrogênio (SUZAKI *et al.*, 2013), que, além de contribuir para a nutrição da planta, também promove o carregamento de nitrato, sulfato e fosfato, garantindo adequada nutrição para a planta, podendo assim expressar produtividade (ALMEIDA; SORATTO, 2014).

Grande parte das pesquisas utiliza bioestimulantes vegetais no tratamento de sementes, sendo poucos os estudos relacionados aos efeitos e eficiência do produto via foliar, bem como as doses utilizadas variam entre os testes realizados. De maneira geral, as doses utilizadas para pulverização via foliar variam de 0,250 L p.c. ha<sup>-1</sup> até 1,0 L p.c. ha<sup>-1</sup> (ALFLEN KLAHOLD *et al.*, 2006; LANA *et al.*, 2009; COMELIS BERTOLIN *et al.*, 2010), corroborando com as doses ótimas obtidas neste trabalho.

Com relação ao indutor de resistência, observa-se que os dados se ajustaram a função quadrática, obtendo ponto de máxima na dose 2,46 L ha<sup>-1</sup>, proporcionando produção de 10,36 vagens por planta, sendo 16% superior ao encontrado na menor dose utilizada (Tabela 4).

Dessa maneira, o NVP pode ter sido influenciado positivamente pela presença do ácido acetilsalicílico, o qual pode promover benefícios às plantas por aumentar sua resistência contra estresses bióticos e abióticos, fatores que afetam diretamente no pegamento de flores e vagens nas culturas, uma vez que um desequilíbrio pode

promover abscisão de órgãos reprodutivos (GUIMARÃES *et al.*, 2011). Esse aumento da resistência das plantas pode estar relacionado à intensificação da atividade de várias enzimas redutoras do estresse celular. O ácido acetilsalicílico propicia aumento nos teores de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> na planta, sendo este composto um sinalizador de estresse e protetor contra fatores bióticos. Neste mesmo sentido, enzimas antioxidantes, como superóxido dismutase (SOD), catalases (CAT), peroxidases (POD), glutathione redutase (GSH) e polifenol oxidase (PPO), também aumentam sua expressão, reduzindo o acúmulo de espécies reativas de oxigênio (EROs), como OH<sup>-</sup>, O<sub>2</sub><sup>-</sup> e até mesmo o H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, que possui seus efeitos benéficos, mas em altas concentrações também possui ação oxidante, os quais são produzidos em situações de estresses (BAXTER; MITTLER; SUZUKI, 2014). Esses compostos causam peroxidação lipídica das camadas lipoproteicas das células, e essas enzimas acima citadas possuem a capacidade de eliminá-las do metabolismo vegetal, reduzindo os danos às plantas (DOS SANTOS SOARES; MACHADO, 2007).

Quanto à massa de 100 sementes, não houve incremento nos valores obtidos em função dos tratamentos utilizados, com média de 29,15 g (Tabela 3). Esse resultado indica que os tratamentos não interferiram no carregamento de fotoassimilados para as sementes, fato esse encontrado por vários pesquisadores (LANA *et al.*, 2009; BERNARDES *et al.*, 2010; ALMEIDA; SORATTO, 2014; SANTOS *et al.*, 2014).

Para produtividade de sementes, o tratamento com bioestimulante mostrou-se significativo ao nível de 1% de probabilidade, sendo possível alcançar uma produtividade de 3756 kg ha<sup>-1</sup> quando associado à dose de maior eficiência, próxima de 0,78 L ha<sup>-1</sup>, incremento de 9,76% (Tabela 4).

Esse fato pode ser explicado pelo maior número de vagens por planta obtido com a aplicação do bioestimulante, sendo que o aumento no número de legumes proporcionou maior produtividade para a cultura.

Segundo Santos *et al.* (2014), quando reguladores vegetais são aplicados no período antecedente ao florescimento, esses induzem ao crescimento vegetativo intenso em diversas culturas, sendo às vezes, superior ao necessário para altas produtividades. Nesse caso, a maioria dos nutrientes e fotoassimilados é direcionada ao crescimento vegetativo, ao invés do reprodutivo (ZENY; TROJAN, 2016). Porém, de acordo com Andrade Silva *et al.* (2016), a aplicação de fitoreguladores são aplicados com a finalidade de garantir e aumentar a diferenciação de gemas, florescimento, uniformização e pegamento de flores e frutos de diversas espécies, fato verificado neste trabalho para o número de vagens por planta, o que refletiu em produtividade.

## CONCLUSÕES

A combinação entre bioestimulante e indutor de resistência não afetou os componentes de produção do feijoeiro;

O efeito do indutor de resistência, à base de ácido acetilsalicílico, incrementou a produção de massa de matéria verde, seca e número de vagens por planta de feijoeiro;

O efeito do bioestimulante se deu no aumento de produtividade, com dose ótima de 0,78 L ha<sup>-1</sup>.

## AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira pela infraestrutura cedida e à Agência FAPESP pelo financiamento do projeto (Processo n° 2013/02378-0), concedendo bolsa de iniciação científica.

## LITERATURA CIENTÍFICA CITADA

ALFLEN KLAHOLD, C.; GUIMARÃES, V. F.; DE MORAES ECHER, M.; KLAHOLD, A.; CONTIERO, R. L.; BECKER, A. Resposta da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) à ação de bioestimulante. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 28, n. 2, p. 179-185, 2006.

ALMEIDA, A. Q.; SORATTO, R. P. Teor e acúmulo de nutrientes no feijoeiro em função da aplicação de bioestimulante. **Semina - Ciências Agrárias**, v. 35, n. 4, p. 2259-2272, 2014.

ANDRADE SILVA, R.; FOGAÇA, J. J. N. L.; DE SOUZA MOREIRA, E.; PRADO, T. R.; DE VASCONCELOS, R. C. Morfologia e produção de feijão comum em função da aplicação de bioestimulante. **Scientia Plena**, v. 12, n. 10, p. 1-7, 2016.

ARAUJO, F. F.; MENEZES, D. Indução de resistência a doenças foliares em tomateiro por indutores biótico (*Bacillus subtilis*) e abiótico (Acibenzolar-S-Metil). **Summa phytopathologica**, v. 35, n. 3, p. 169-172, 2009.

BAXTER, A.; MITTLER, R.; SUZUKI, N. ROS as key players in plant stress signalling. **Journal of experimental botany**, v. 65, n. 5, p. 1229-1240, 2014.

BERNARDES, T. G.; SILVEIRA, P. M.; MESQUITA, M. A. M. Produtividade do feijoeiro irrigado devido a reguladores de crescimento e culturas antecessoras de cobertura. **Bragantia**, v. 69, n. 2, p. 371-375, 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/ACS. 2009. 399p.

CAMPOS, M. F.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. Desenvolvimento da parte aérea de plantas de soja em função de reguladores vegetais. **Ceres**, v. 56, n. 1, p. 79-79, 2009.

COMELIS BERTOLIN, D.; DE SÁ, M. E.; ARF, O.; FURLANI JUNIOR, E. Aumento da produtividade de soja com a aplicação de bioestimulantes. **Bragantia**, v. 69, n. 2, p. 339-347, 2010.

Companhia nacional de abastecimento (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, v. 4 - Safra 2016/17, n. 9 - Nono levantamento, junho 2017, 161p. < [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17\\_06\\_08\\_09\\_02\\_48\\_boletim\\_graos\\_junho\\_2017.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_06_08_09_02_48_boletim_graos_junho_2017.pdf).

DONG, J.; WAN, G.; LIANG, Z. Accumulation of salicylic acid-induced phenolic compounds and raised activities of secondary metabolic and antioxidative enzymes in *Salvia miltiorrhiza* cell culture. **Journal of Biotechnology**, v. 148, p. 99-104, 2010.

DOS SANTOS SOARES, A. M.; MACHADO, O. L. T.; Defesa de plantas: Sinalização química e espécies reativas de oxigênio. **Revista Trópica-Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 1, n. 1, p. 10, 2007.

- DU JARDIN, P. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. **Scientia Horticulturae**, v. 196, p. 3-14, 2015.
- DURANGO, D.; PULGARIN, N.; ECHEVERRI, F.; ESCOBAR, G.; QUIÑONES, W. Efeito do ácido salicílico e compostos estruturalmente relacionados no acúmulo de fitoalexinas em cotilédones de cultivares de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Moléculas**, v. 18, n. 9, p. 10609-10628, 2013.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF. 3 ed., p.356, 2013.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.
- GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F.; PELOSO, M. J. D.; OLIVEIRA, J. D. Genótipos de feijoeiro comum sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 7, p. 649-656, 2011.
- LANA, R. M. Q.; LANA, A. M. Q.; GOZUEN, C. F.; BONOTTO, I.; TREVISAN, L. R. Aplicação de reguladores de crescimento na cultura do feijoeiro. **Bioscience Journal**, v. 25, n. 1, p. 13-20, 2009.
- OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; ALVES, R. C.; LIMA, L. A.; SANTOS, S. T.; RÉGIS, L. R. L. Produção de feijão caupi em função da salinidade e regulador de crescimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 11, p. 1049-1056, 2015.
- PACHECO, A. C.; CUSTÓDIO, C. C.; MACHADO NETO, N. B.; CARVALHO, P. R.; PEREIRA, D. N.; PACHECO, J. G. E. Germinação de sementes de camomila [*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert] e calêndula (*Calendula officinalis* L.) tratadas com ácido salicílico. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 9, p. 61-67, 2007.
- PORTUGAL, J. R.; PERES, A. R.; RODRIGUES, R. A. F. Aspectos climáticos no feijoeiro. In: ARF O, LEMOS LB, SORATTO RP, FERRARI S (Eds.) **Aspectos gerais da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L)**. Botucatu: FEPAF, 2015. p. 65-75.
- RAIJ, B.V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba, SP: IPNI, 2011. 420p.
- SANTOS, V. M.; DE MELO, A. V.; CARDOSO, D. P.; DA SILVA, Á. R.; BENÍCIO, L. P. F.; FERREIRA, E. A. Desenvolvimento de plantas de soja em função de bioestimulantes em condições de adubação fosfatada. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 4, p. 1087-1094, 2014.
- SILVA, T.; SILVA, R.; SILVA, E.; SANTOS, R.; ARAGÃO, C.; DANTAS, B. F. Germinação de sementes de melancia sob diferentes métodos de tratamento com reguladores vegetais. **Scientia Plena**, v. 10, n. 3, p. 1-15, 2014.
- SOUZA, R. S.; WANDER, A. E. Aspectos econômicos da produção de feijão no Brasil. **Revista de Política Agrícola**, v. 23, n. 3, p. 43-54, 2014.
- SUZAKI, T.; ITO, M.; KAWAGUCHI, M. Genetic basis of cytokinin and auxin functions during root nodule development. **Frontiers in Plant Science**, v. 4, p. 42, 2013.
- VIEIRA, E. L.; CASTRO, P. R. C. Ação de bioestimulante na germinação de sementes, vigor de plântulas, crescimento radicular e produtividade de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, n. 2, p. 222-228, 2001.
- ZENY, B.; TROJAN, D. G. Hormônios de plantas: uma prospecção sobre suas descobertas e aplicações. **Revista TechnoEng**, v. 1, n. 11, 2016.
- ZUCARELI, C.; JUNIOR, E. U. R.; DE OLIVEIRA, M. A.; CAVARIANI, C.; NAKAGAWA, J. Índices biométricos e fisiológicos em feijoeiro sob diferentes doses de adubação fosfatada. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 1, p. 1313-1324, 2010.