

Aplicação de fertilizante foliar: efeito sobre desempenho do feijoeiroFlávio Carlos Dalchiavon¹, Graciele Neves², Marco Eustáquio de Sá²

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso-Campus Campo Novo do Parecis, curso de Bacharelado em Agronomia, CP 100, MT 235, km 12, Zona Rural, CEP 78360-000 Campo Novo do Parecis, MT, Brasil.

²Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia (FE), Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia (DFTASE), Campus de Ilha Solteira, Brasil

E-mail autor correspondente: flavio.dalchiavon@cnp.ifmt.edu.br

Artigo enviado em 05/09/2017, aceito em 02/07/2018.

Resumo: Os fertilizantes têm a finalidade de nutrir e estimular o desenvolvimento vegetal, podendo também proteger a planta contra microrganismos quando estes contêm hormônios de plantas, que podem induzir resistência, além de potencializar o efeito dos fertilizantes. A sua aplicação, quando via foliar, é um ótimo complemento da adubação via solo. Objetivou-se verificar o efeito da aplicação foliar de um fertilizante nitrogenado (10%N), contendo hormônios de plantas (ácido salicílico 5 mM), sob o desenvolvimento produtivo do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). O experimento foi realizado na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da UNESP (FEIS), a qual está localizada no município de Selvíria, MS, repetido em duas safras, 2012 e 2013. Os tratamentos foram dispostos em delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial (5x3x2), com quatro repetições, constituídos por cinco doses do fertilizante nitrogenado (0; 1; 1,5; 2,0 e 2,5 L ha⁻¹), aplicadas em três estádios fenológicos (V₄₋₃, V₄₋₆ e R₅) e em duas cultivares de feijão (IAC-Alvorada e Verde-ISA). Foi verificado o desenvolvimento produtivo, clorofila total e teor de nitrogênio foliar no feijoeiro. As doses do nitrogênio, contendo ácido salicílico, aplicado via foliar não influenciaram na produtividade de grãos das cultivares IAC-Alvorada e Verde-ISA. Porém, para o fator estágio fenológico em 2012, o estágio V₄₋₃ teve incremento na produtividade de grãos quando comparado ao estágio R₅. A cultivar IAC-Alvorada, no geral, apresentou desempenho superior à Verde-ISA. Para todas as características agrônômicas, exceto vagens chochas, houve potencialização da resposta (seja da dose, do momento ou da cultivar) em função da aplicação do fertilizante foliar (10%N) associado ao ácido salicílico (5 mM).

Palavras-chave: ácido salicílico, estágio fenológico, indutor de resistência, *Phaseolus vulgaris* L.

Application of foliar fertilizer: effects on common bean performance

Abstract: Fertilizers are intended to nourish and stimulate plant development and may also protect the plant against micro-organisms when they contain plant hormones, which can induce resistance, in addition to potentiating the effect of fertilizers. Its application, when via leaf, is a great complement of fertilization via soil. This study aimed to verify the effect of foliar application of a nitrogen fertilizer (10% N) containing plant hormones (5 mM salicylic acid), under the productive development of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). This study was conducted in Selvíria county, Mato Grosso do Sul,

Brazil, in 2012 and 2013. The treatments arranged in a randomized block design in a factorial scheme (5x3x2) with four replications, which consisted of five doses of leaf fertilizer (0; 1; 1.5; 2.0 and 2.5 L ha⁻¹), applied in three phenological stages (V₄₋₃, V₄₋₆ and R₅), in two cultivars of common bean (IAC-Alvorada and Verde-ISA). It was verified the productive development, total chlorophyll and leaf nitrogen content in common bean. Nitrogen doses, containing salicylic acid, applied through the leaves did not influence the grain yield of the cultivars IAC-Alvorada and Verde-ISA. However, for the phenological stage factor in 2012, the V₄₋₃ stage had an increase in grain yield when compared to the R₅ stage. The cultivar IAC-Alvorada, in general, presented superior performance to Verde-ISA. For all the agronomic characteristics, except blank pods, the response (dose, time or cultivar) was potentiated according to the application of foliar fertilizer (10% N) associated with salicylic acid (5 mM).

Keywords: salicylic acid, phenological stage, resistance inducers, *Phaseolus vulgaris* L.

Introdução

A cultura do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) ocupa lugar de destaque na agricultura brasileira, tanto em área plantada como em volume de produção, tendo forte influência econômica, social e cultural (MELO FILHO et al., 2011). Para tal representatividade, é indispensável que o feijoeiro tenha plantas saudáveis e bem nutridas, resultando em significativa produtividade (SOUZA e SORATTO, 2012; SORATTO et al., 2013; SANTOS et al., 2015).

Os fertilizantes foliares são ótimos suplementos e têm a função principalmente de complementar à adubação de solo (HAIM et al., 2012). Atualmente, os fertilizantes foliares tem-se apresentado em conjunto com compostos secundários. Dentre esses compostos, destacam-se os hormônios vegetais que promovem, inibem ou modificam processos morfológicos e fisiológicos na planta (ALBRECHT, 2009; 2011).

A aplicação exógena do ácido salicílico induz o mecanismo da Resistência Sistêmica Adquirida (SAR), que por sua vez envolve uma série de eventos. Desta forma, sinais são emitidos e conduzidos para outras partes da planta, promovendo a redução da severidade de doenças, com a formação de agentes de defesa como proteínas relacionadas à pato-

gênese e a barreiras estruturais (DURNER et al., 1997). Este hormônio tem amplo funcionamento contra incidência de microorganismos, sendo importante ferramenta no controle de fitopatógenos. Tem ainda participação no desenvolvimento e regulação do crescimento vegetal e no amadurecimento e senescência das plantas (KERBAUY, 2012; TAIZ e ZEIGER, 2017).

Neste contexto, pode ser conveniente a utilização de fertilizantes em conjunto com reguladores vegetais, uma vez que tais composições aumentaram a produtividade em diversas culturas, como o algodoeiro (ALBRECHT et al., 2009), milho (DOURADO NETO et al., 2004), soja (BERTOLIN et al., 2010) e feijoeiro (ABRANTES et al., 2011).

Portanto, objetivou-se com este trabalho verificar o efeito da aplicação foliar de um fertilizante nitrogenado (10%N), contendo hormônios de plantas (ácido salicílico 5 mM), sob o desenvolvimento produtivo do feijoeiro.

Material e Métodos

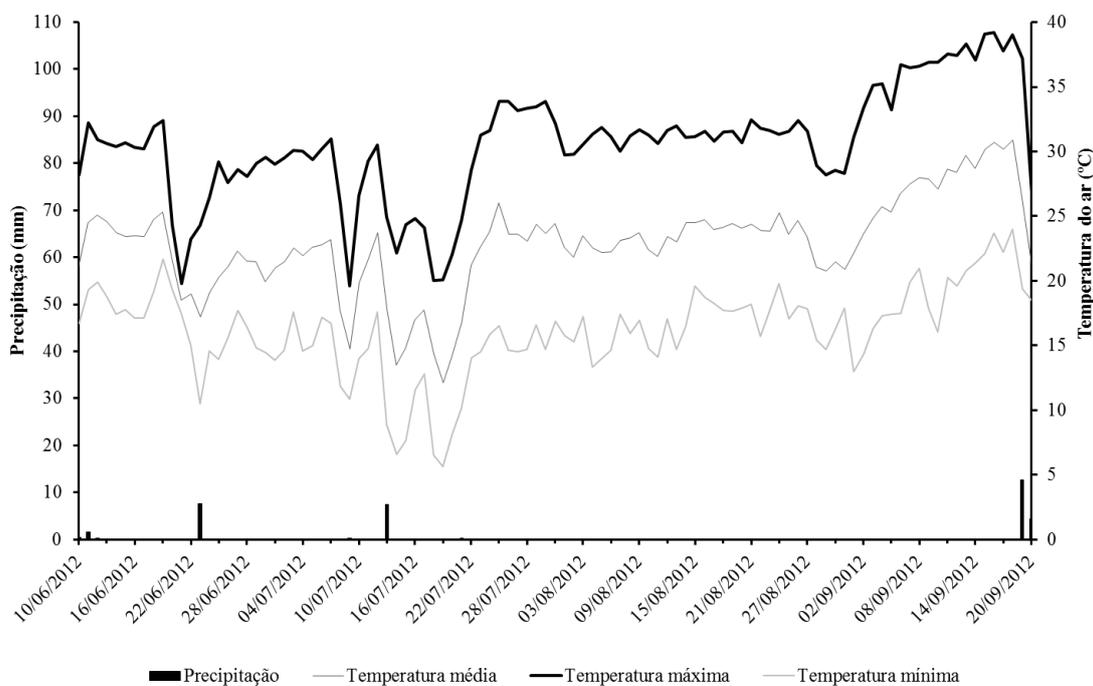
O experimento foi desenvolvido em condições de campo, no período de outono/inverno, nos anos de 2012 e 2013, portanto duas safras, na Fazenda Experimental de Ensino, Pesquisa e ex-

tensão da UNESP (Universidade Estadual Paulista), Campus de Ilha Solteira - SP, embora esteja situada no município de Selvíria, MS, Brazil, localizada em região de Cerrado, a 20°22' de latitude Sul, 51°22' de longitude Oeste e altitude de 335 metros

A característica do solo da área experimental, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013), é um Latossolo Vermelho distroférico típico muito argiloso (Typic Acrustox). O clima é do tipo A_w , segundo a classificação de Köppen, definido como tropical úmido com estação

chuvosa no verão e seca no inverno. A precipitação média anual é de 1370 mm, as médias anuais da temperatura e umidade relativa do ar são de 23,5 °C e 70-80%, respectivamente. Os dados climáticos referentes aos períodos de condução dos experimentos encontram-se nas Figuras 1a,b. Nelas é possível constatar uma precipitação acumulada de 34,8 (2012) e 266,1 mm (2013), assim como médias térmicas de 16,1; 22,8 e 30,6 °C (2012) e de 15,9; 22,2 e 29,0 °C (2013), respectivamente para as temperaturas mínima, média e máxima.

a)



b)

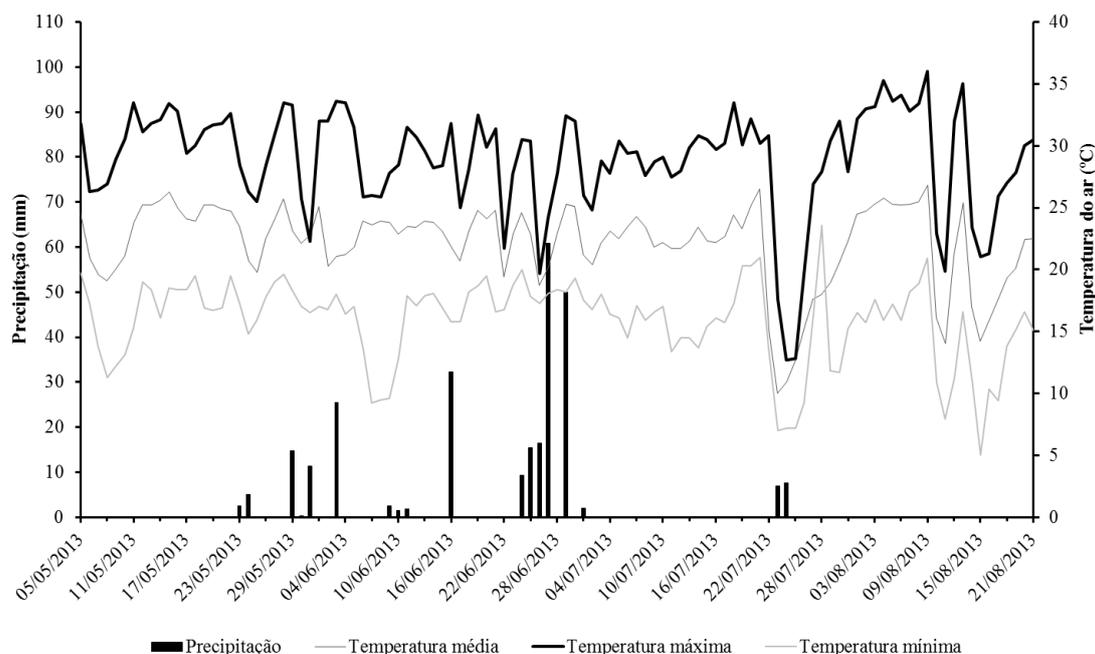


Figura 1. Valores médios diários de precipitação pluvial (mm), temperatura média, máxima e mínima ($^{\circ}\text{C}$), durante os períodos experimentais de 2012 (a) e 2013 (b). Selvíria, MS, Brasil

A caracterização inicial da fertilidade (0-0,20 m) apresentou, respectivamente para os anos de 2012 e 2013, os seguintes valores: pH (CaCl_2) = 5,0 e 5,1; MO = 23 e 23 g dm^{-3} ; P (resina) = 18 e 56 mg dm^{-3} ; K, Ca, Mg e H+Al = 2,4 e 2,6; 30 e 33; 20 e 20 e 34 e 34 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$, respectivamente; com V = 61 e 62%.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 5x3x2 com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de cinco doses do fertilizante nitrogenado (0; 1; 1,5; 2,0 e 2,5 L ha^{-1}), que possui em sua formulação ácido salicílico (5 mM) e nitrogênio (10%), aplicadas em três estádios fenológicos (V_{4-3} , V_{4-6} e R_5), em duas cultivares de feijão (IAC-Alvorada e Verde-ISA). As parcelas foram constituídas de 7 linhas com 5 m de comprimento cada e 0,45 m entrelinhas. Foi considerada área útil as duas linhas centrais, desprezando-se 0,5 m em cada extremidade.

A semeadura foi realizada mecanicamente no dia 18 de junho de 2012 e 2 de maio de 2013, em sistema plantio direto na palhada de milho, que tinha em torno de 9 t ha^{-1} de matéria seca, que foi dessecada com 1,56 kg ha^{-1} de herbicida glyphosate. A densidade de semeadura foi ajustada para 12 sementes por metro, visando obtenção de estande final com aproximadamente 240000 plantas ha^{-1} .

A cultivar IAC-Alvorada possui característica do grupo carioca com hábito de crescimento indeterminado (tipo III) e porte semi-ereto, ciclo de 100 dias e resistência moderada à antracnose. A cultivar Verde-ISA tem características do grupo bico de ouro, com hábito de crescimento indeterminado (tipo II) e porte semi-ereto, com ciclo entre 90-100 dias.

Na adubação de semeadura foram utilizados no sulco 250 kg ha^{-1} da fórmu-

la 08-28-16 e 04-30-10 (N-P₂O₅-K₂O), respectivamente, nos anos de 2012 e 2013, mediante as características químicas do solo e as recomendações de AMBROSANO et al. (1996). A adubação de cobertura foi realizada aos 30 (2012) e 21 (2013) dias após a emergência das plantas (DAE), com aplicação de 45 kg de N ha⁻¹ (ureia).

As doses do fertilizante foliar, administradas em aplicação única nos estádios fenológicos anteriormente mencionados, foram aplicadas com o auxílio de um pulverizador costal de 20 litros, trabalhando-se com volume de calda equivalente a 200 L ha⁻¹, sempre no período da manhã.

O controle de plantas daninhas foi realizado no momento em que as plantas de feijão apresentavam o segundo trifólio completamente desenvolvido, aplicando-se o herbicida Fomesafen (225 g ha⁻¹ do i.a.). Quando apresentavam o quarto trifólio completamente desenvolvido, aplicou-se a mistura de herbicidas Fluazifop-p-butil + Fomesafen (160 + 200 g ha⁻¹ do i.a.), com o objetivo de controlar gramíneas e plantas de folhas largas. Com relação aos tratos fitossanitários, aplicaram-se preventivamente os fungicidas mancozeb (1600 g ha⁻¹ do i.a.) aos 10 e 45 DAE e procimidona (500 g ha⁻¹ do i.a.) aos 66 DAE bem como o inseticida clorpirifós (480 g ha⁻¹ do i.a.) aos 10 e 45 DAE em 2012, enquanto que em 2013 aplicou-se os fungicidas mancozeb (1600 g ha⁻¹ do i.a.) aos 22, 35, 50 e 68 DAE e os inseticidas deltrametrina + triazofós (7,5 + 262 g ha⁻¹ do i.a.) aos 22 e 35 DAE e a deltrametrina (3,75 g ha⁻¹ do i.a.) aos 50 e 68 DAE.

As colheitas foram realizadas nos dias 19/09/2012 e 21/08/2013, mo-

mentos em que as vagens se apresentaram com a coloração típica de vagem seca (R9; maturação fisiológica).

Foram avaliadas as seguintes características agronômicas:

Matéria fresca (MF): proveniente da massa de 10 plantas arrancadas manualmente da área útil de cada parcela e pesadas em balança (0,005 g);

Vagens granadas e chochas (VG e VC): retiradas de 10 plantas na área útil de cada parcela e contabilizadas manualmente;

Massa de 100 sementes (MCS): obtida após a debulha manual das vagens de 10 plantas de cada repetição e pesadas em balança (0,001 g);

Teor de clorofila total (CT): expresso em unidade denominada Índice de Clorofila Foliar (ICF), aferindo-se as folhas localizadas no terço médio da planta, de 5 exemplares da área útil de cada parcela, no pré-florescimento (R5). A metodologia pode ser verificada em Felisberto et al. (2016);

Teor de Nitrogênio nas Folhas (NF): avaliado por meio das folhas coletadas de cinco plantas do terceiro trifólio (do ápice para a base) de cada parcela, em R5. Após secagem em estufa a 60 °C por 72 horas, as folhas foram moídas em moinho tipo Wiley e procedeu-se a digestão sulfúrica para quantificar o teor de nitrogênio conforme metodologia proposta por Malavolta et al. (1997), e:

Produtividade de grãos (PD): determinada após a trilha mecânica das plantas que foram retiradas da área útil de cada parcela, pesagem dos grãos e transformação em kg ha⁻¹ (13% em base úmida).

Os dados foram submetidos ao teste F (p<0,05) da análise de variância.

Para número de vagens chochas por planta os dados foram transformados para raiz quadrada de $X+1$ para obter a homogeneidade das variâncias e para a normalização de sua distribuição. As médias das cultivares foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) e para as doses foram realizadas análises de regressões polinomiais e o desdobramento das interações, quando significativas ($p < 0,05$). O aplicativo computacional utilizado foi o SISVAR - Sistema de Análise de Variância (FERREIRA, 2011).

Resultados e Discussão

A análise de variância revelou que as doses do fertilizante foliar contendo nitrogênio e ácido salicílico, aplicadas nos três estádios fenológicos sobre as cultivares de feijão não apresentaram interação entre esses três fatores para os atributos estudados nos dois anos experimentais (Tabelas 1 a 3).

Tabela 1. Matéria fresca de plantas e massa de 100 sementes em função da aplicação de doses de fertilizante foliar contendo ácido salicílico e nitrogênio nos diferentes estádios fenológicos de cultivares de feijão na safra outono/inverno em 2012 e 2013. Selvíria, MS, Brasil

Tratamentos	Matéria Fresca de Plantas		Massa de 100 Sementes		
	2012	2013	2012	2013	
-----g-----					
<i>Cultivar</i>					
IAC-Alvorada	71a	99a	30,2a	32,8a	
Verde-ISA	61b	78b	20,2b	20,3b	
<i>Estádio Fenológico</i>					
V ₄₋₃	56b	86ab	25,7	26,2	
V ₄₋₆	60b	85b	25,0	26,5	
R ₅	81a	95a	24,9	26,9	
<i>Dose do Produto (L ha⁻¹)</i>					
0	67	90	25,2	26,4	
1,0	68	89	25,9	27,2	
1,5	63	86	24,7	26,7	
2,0	63	92	24,9	26,1	
2,5	66	86	25,4	26,4	
Valor de F	Cult (C)	13,6**	40,0**	797,8**	777,9**
	Estád (E)	30,3**	3,6*	2,2 ^{NS}	0,7 ^{NS}
	Dose (D)	0,2 ^{NS}	0,4 ^{NS}	1,5 ^{NS}	0,8 ^{NS}
	CxD	1,1 ^{NS}	0,3 ^{NS}	0,2 ^{NS}	1,6 ^{NS}
	CxE	0,2 ^{NS}	0,4 ^{NS}	0,7 ^{NS}	0,2 ^{NS}
	DxE	0,6 ^{NS}	1,9 ^{NS}	1,4 ^{NS}	0,4 ^{NS}
	CxDxE	0,5 ^{NS}	1,3 ^{NS}	0,6 ^{NS}	1,1 ^{NS}
DMS	Cult.(C)	5	6	0,7	0,8
	Estád (E)	8	10	-	-
CV (%)	23,5	21,4	7,6	9,2	

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *, ** e ^{NS}: significativo a 5% e 1% e não significativo respectivamente, pelo teste F. DMS: diferença mínima significativa; CV: coeficiente de variação
Fonte: elaboração dos autores

Tabela 2. Número de vagens granadas e vagens chochas em função da aplicação de doses de fertilizante foliar contendo ácido salicílico e nitrogênio nos diferentes estádios fenológicos de cultivares de feijão na safra outono/inverno em 2012 e 2013. Selvíria, MS, Brasil

Tratamentos	Vagens granadas		Vagens chochas		
	-----unidade-----				
	2012	2013	2012	2013	
<i>Cultivar</i>					
IAC-Alvorada	11,0b	10,1b	0,6	0,7	
Verde-ISA	12,5a	12,9a	0,6	0,6	
<i>Estádio Fenológico</i>					
V ₄₋₃	11,9	10,7	0,6	0,8	
V ₄₋₆	12,0	10,8	0,6	0,8	
R ₅	11,2	11,4	0,5	0,9	
<i>Dose do Produto (L ha⁻¹)</i>					
0	11,9	11,1	0,5	0,8	
1,0	11,8	9,9	0,7	0,7	
1,5	11,4	10,3	0,6	0,8	
2,0	11,6	12,9	0,5	0,8	
2,5	11,9	10,7	0,5	0,8	
Valor de F	Cult (C)	12,9**	26,3**	2,0 ^{NS}	0,9 ^{NS}
	Estád (E)	1,5 ^{NS}	0,3 ^{NS}	0,2 ^{NS}	0,3 ^{NS}
	Dose (D)	0,2 ^{NS}	1,9 ^{NS}	1,3 ^{NS}	0,9 ^{NS}
	CxD	0,4 ^{NS}	1,3 ^{NS}	1,1 ^{NS}	0,0 ^{NS}
	CxE	0,5 ^{NS}	2,4 ^{NS}	0,0 ^{NS}	0,7 ^{NS}
	DxE	0,7 ^{NS}	0,6 ^{NS}	0,8 ^{NS}	0,5 ^{NS}
	CxDxE	1,3 ^{NS}	0,7 ^{NS}	1,2 ^{NS}	0,9 ^{NS}
	DMS	Cult (C)	0,8	1,5	0,1
	Estád (E)	1,2	2,8	0,1	0,1
CV (%)		19,3	37,2	20,5	14,6

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *, ** e ^{NS}: significativo a 5% e 1% e não significativo respectivamente, pelo teste F. DMS: diferença mínima significativa; CV: coeficiente de variação

Fonte: elaboração dos autores

Contudo, a matéria fresca de plantas teve significância para os fatores cultivar e estágio fenológico, nos dois anos experimentais em que a cultura recebeu as doses do produto com indutor de resistência (Tabela 1). Em ambos os anos, a cv. IAC-Alvorada obteve maior matéria fresca de plantas, o que está provavelmente relacionado ao seu hábito de crescimento ser tipo III, caracterizado

por ter muitos ramos laterais bem desenvolvidos, o que também foi evidenciado por Fancelli e Dourado-Neto (2007). Tal incremento na matéria fresca pode estar relacionado com o ácido salicílico, pois, conforme Maia et al. (2000), quando aplicado via sementes, nas doses de 20, 50 e 100 mg kg⁻¹, este proporcionou incremento na matéria verde da parte aérea e das raízes de plântulas de soja.

Tabela 3. Clorofila total, nitrogênio foliar e produtividade de grãos em função da aplicação de doses de fertilizante foliar contendo ácido salicílico e nitrogênio nos diferentes estádios fenológicos de cultivares de feijão na safra outono/inverno em 2012 e 2013. Selvíria, MS, Brasil

Tratamento	Teor de clorofila total (ICF)		Nitrogênio foliar (g kg ⁻¹)		Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)		
	2012	2013	2012	2013	2012	2013	
<i>Cultivar</i>							
IAC-Alvorada	35,55a	25,83a	35,7b	42,29	2033	2924	
Verde-ISA	30,50b	24,21b	38,1a	43,58	2135	2712	
<i>Estádio Fenológico</i>							
V ₄₋₃	31,70b	25,11	37,9a	41,34	2209a	2873	
V ₄₋₆	32,09ab	25,06	37,3a	43,62	2075ab	2895	
R ₅	33,80a	24,88	35,5b	43,85	1968b	2685	
<i>Dose do Produto (L ha⁻¹)</i>							
0	32,50	25,16	36,87 ⁽¹⁾	42,98	2121	2905	
1,0	32,97	25,05	38,47	43,31	2049	2914	
1,5	31,65	25,70	37,03	43,79	2081	2745	
2,0	32,06	25,07	36,46	42,65	2111	2714	
2,5	33,36	25,11	35,76	41,95	2057	2812	
Valor de F	Cult. (C)	33,9**	70,1**	13,6**	1,4 ^{NS}	2,9 ^{NS}	3,6 ^{NS}
	Estád.(E)	3,4*	0,5 ^{NS}	30,4**	2,1 ^{NS}	5,5**	1,4 ^{NS}
	Dose (D)	0,8 ^{NS}	0,7 ^{NS}	0,2 ^{NS}	0,3 ^{NS}	0,2 ^{NS}	0,5 ^{NS}
	CxD	1,3 ^{NS}	1,7 ^{NS}	1,1 ^{NS}	0,5 ^{NS}	0,4 ^{NS}	0,4 ^{NS}
	CxE	1,9 ^{NS}	4,7 ^{NS}	2,2 ^{NS}	1,0 ^{NS}	2,8 ^{NS}	1,5 ^{NS}
	DxE	0,9 ^{NS}	0,7 ^{NS}	0,6 ^{NS}	2,0 ^{NS}	0,5 ^{NS}	1,5 ^{NS}
	CxDxE	1,2 ^{NS}	0,6 ^{NS}	0,5 ^{NS}	0,9 ^{NS}	0,9 ^{NS}	1,2 ^{NS}
DMS	Cult (C)	1,3	0,3	1,2	2,1	117,4	222,6
	Estád (E)	2,0	-	1,7	-	172,6	-
CV (%)	11,7	4,2	15,0	13,8	15,5	21,8	

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *, ** e ^{NS}: significativo a 5% e 1% e não significativo respectivamente, pelo teste F. DMS: diferença mínima significativa; CV: coeficiente de variação. ⁽¹⁾ $y=38,483-2,6015x+0,764x^2$ ($R^2=0,86$). Fonte: elaboração dos autores

Na safra 2012, a aplicação do fertilizante foliar no estágio R₅ possibilitou obter maior massa fresca de plantas que as aplicações nos estádios V₄₋₃ e V₄₋₆ (Tabela 1), que, por sua vez, não diferiram entre si, ao passo que em 2013, a aplicação no estágio V₄₋₆ apresentou o menor valor, não diferindo de V₄₋₃, de-

monstrando que, independentemente do ano, a possibilidade de maior resposta à aplicação do referido fertilizante ocorre por ocasião da aplicação em R₅.

As médias da massa de 100 sementes, em ambos os anos, diferiram entre, e apenas para, as cultivares, com destaque novamente à IAC-Alvorada (Tabela 1).

Essa diferença é em virtude da característica inerente à IAC-Alvorada, por ser do Grupo Carioca, corroborando com os dados obtidos por Arf et al. (2008), haja vista que a massa de 100 sementes pode ser influenciada pelas características genéticas da cultivar utilizada. Por outro lado, Meira et al. (2005) também não verificaram efeito da aplicação de diferentes doses de N em cobertura, nos estádios V₄₋₅, R₅ e R₆, sobre os componentes de produção.

A característica vagens granadas apresentou significância apenas para o fator cultivar, tanto em 2012 quanto em 2013 (Tabela 2), tendo a Verde-ISA demonstrado as maiores quantidades de vagens granadas por planta. Em ambos os anos experimentais, a característica vagens chochas não foi afetada pelos fatores estudados, assim como não houve interação entre estes fatores.

Os dados de teor de clorofila total (ICF) no ano de 2012 apresentaram efeito de tratamento tanto para o fator cultivar (está também para 2013) quanto para o estágio fenológico em que o fertilizante foliar foi aplicado (Tabela 3), de modo que para a cultivar, a IAC-Alvorada apresentou os maiores ICF, independentemente do ano, com 35,55 em 2012 e 25,83 em 2013. Essa diferença também foi bem nítida em nível de campo, onde foi observado que a coloração das folhas da IAC-Alvorada era verde escura, com tonalidade bem mais intensa que a das folhas da Verde-ISA, o que pode ser um indício de maior teor de clorofila nestas folhas, pois de acordo com Carvalho et al. (2003), o teor de clorofila correlaciona-se positivamente com a concentração de N na planta, tendendo a beneficiar a produtividade de grãos do feijoeiro.

Em relação ao fator estágio fenológico, a aplicação do fertilizante foliar em V₄₋₆ ou R₅ possibilitou os maiores ICF, com um valor sensivelmente maior em favor da aplicação em R₅, por se destacar

com maior teor de clorofila foliar (Tabela 3). Carvalho et al. (2003) verificaram que a aplicação de N em cobertura nos estádios mais tardios (R₅) possibilitou obter o maior ICF, ficando de acordo com o constatado nessa pesquisa.

No que tange ao teor de nitrogênio foliar, foi constatado efeito para os fatores isolados cultivar, estágio fenológico em que o fertilizante foliar foi aplicado e dose do fertilizante foliar (Tabela 3), porém, o seu maior conteúdo em 2012 foi demonstrado para a cultivar Verde-ISA (38,1 g kg⁻¹), enquanto que em 2013 não foi identificada diferença entre as cultivares, assim como para o momento da aplicação foliar, não foi observado diferença desta quando foi feita em V₄₋₃ ou V₄₋₆, ao passo que, quando feita em R₅, foi constatado o menor teor de nitrogênio foliar, sugerindo que quanto mais tarde for realizada a aplicação foliar do fertilizante, maiores serão os prejuízos às plantas, uma vez que o nitrogênio foliar está diretamente relacionado com a nutrição da planta e com o teor de proteína dos seus grãos, conforme já havia sido mencionado por Carvalho et al. (2003). Outra explicação seria o fato de que em R₅, a translocação dos fotossintatos ocorre quase que exclusivamente para as vagens e grãos no estágio e apenas uma pequena parte é direcionada às partes vegetativas da planta (PORTES, 1996). Os valores médios referentes ao fator dose ajustaram-se a equação de segundo grau.

De qualquer forma, independente dos fatores ou ano considerado, os valores observados estão dentro da faixa considerada adequada (30 a 50 g kg⁻¹), segundo Malavolta (1997). Estes mesmos autores salientaram ainda que altos teores de N nas folhas devem-se provavelmente a uma melhoria nas condições do solo ocasionada por cultivos anteriores, disponibilizando, assim, elementos assimiláveis pelas plantas ou pela ação do N aplicado na semeadura ou da sua

fixação simbiótica pela associação com bactérias do gênero *Rhizobium* (FERREIRA et al., 2013).

Tais discussões são relevantes, pois, em ambos os anos, o experimento foi implantado sob a palhada de milho e, provavelmente, a sua decomposição/mineralização ocasionaram benefícios ao feijoeiro, embora as gramíneas apresentem relação C/N mais elevada, contudo, há que se considerar que adicionalmente ocorreu a aplicação do N em cobertura e do fertilizante foliar, proporcionando nutrição adequada às plantas.

Embora as cultivares utilizadas possuíssem características distintas, as médias da produtividade de grãos, em ambos os anos experimentais, não diferiram entre si, independente do fator considerado (Tabela 3). A resposta da cultura à aplicação de N é controversa no Brasil, pois Rapassi et al. (2003), testando doses de N no sistema plantio direto, constataram que não houve diferenças entre os níveis de produtividade, assim como Carvalho et al. (2003) e Meira et al. (2005), enquanto que Silveira e Damasceno (1993) constataram aumento linear da produtividade de grãos em função das doses de nitrogênio.

Todavia, em relação ao estágio fenológico, e sobretudo na safra de 2012, foi constatado que quanto mais cedo aplicar o fertilizante foliar, maiores serão as respostas das plantas, uma vez que os valores foram de 2209, 2075 e 1968 kg ha⁻¹, para as respectivas aplicações em V₄₋₃, V₄₋₆ e R₅, de modo que as duas primeiras aplicações proporcionaram produtividades de grãos cerca de 12,2 e 6,5% superiores, respectivamente, à produtividade de grãos obtida com a aplicação em R₅ (Tabela 3).

Isso decorre do fato que os componentes de produção responsáveis pela produtividade de grãos são definidos ainda na fase vegetativa da cultura e que aplicações tardias de N pode não ter o

efeito desejado por o período crítico já ter passado, pois é nos estádios iniciais do feijoeiro que se tem o início do processo de ramificação da planta, onde as folhas jovens funcionam mais como dreno, do que propriamente como fonte (PORTES, 1996; FANCELLI e DOURADONETO, 2007). Soratto et al. (2005) também verificaram que a aplicação de N em cobertura foi mais eficiente em aumentar a produtividade de grãos quando aplicado em V₄, que em momentos mais tardios, assim como Soratto et al. (2011).

Em 2013, embora não tenham ocorrido diferenças estatísticas, verificou-se maior produtividade de grãos de feijão quando comparado à 2012 (Tabela 3). Tal incremento deve-se à melhor distribuição das variáveis meteorológicas (precipitação e temperaturas do ar) ocorridas durante o ciclo da cultura em 2013 (Figuras 1a,b). Tal resultado reforça a hipótese de que o feijoeiro é uma espécie muito sensível a fatores climáticos extremos, ficando vulnerável a alterações em sua produtividade, de forma que o estresse hídrico pode provocar o abortamento de flores e redução no pegamento de vagens (PORTES, 1996), o que de fato foi observado no presente estudo para o ano de 2012.

Ainda que não fosse objetivo do trabalho comparar os anos experimentais, foi verificado que em 2013 os valores para as variáveis agronômicas foram superiores (entre 5, massa de 100 sementes, e 35%, matéria fresca de plantas e produtividade de grãos) aos de 2012, o que provavelmente esteve relacionado às melhores condições climáticas no ano de 2013. Contudo, este mesmo ano apresentou valores inferiores para as variáveis agronômicas vagens granadas (5%) e teor de clorofila total (33%).

Conclusões

As doses do nitrogênio, contendo ácido salicílico, aplicado via foliar não

influenciaram na produtividade de grãos das cultivares IAC-Alvorada e Verde-ISA. Porém, para o fator estágio fenológico em 2012, o estágio V₄₋₃ teve incremento na produtividade de grãos quando comparado ao estágio R₅.

A cultivar IAC-Alvorada, no geral, apresentou desempenho superior à Verde-ISA.

Para todas as características agromômicas, exceto vagens chochas, houve potencialização da resposta (seja da dose, do momento ou da cultivar) em função da aplicação do fertilizante foliar (10%N) associado ao ácido salicílico (5 mM).

Referências

- ABRANTES, F.L.; SÁ, M.E. de; SOUZA, L.C.D. de; 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**, v. 41, n. 2, p. 148-154, 2011.
<http://dx.doi.org/10.5216/pat.v41i2.8287>
- ALBRECHT, L.P.; BRACCINI, A.L.; ÁVILA, M.R.; BARBOSA, M.C.; RICCI, T.T.; ALBRECHT, A.J. P. Componentes da produção do algodoeiro e qualidade de fibra em resposta à aplicação de biorregulador. **Scientia Agraria**, v. 10, n. 3, p. 191-198, 2009.
- ALBRECHT, L.P.; BRACCINI, A.L.; SCAPIM, C.A.; ÁVILA, M.R.; ALBRECHT, A.J.P.; RICCI, T.T. Manejo de biorregulador nos componentes de produção e desempenho das plantas de soja. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 6, p. 865-876, 2011.
- AMBROSANO, E.J.; WUTKE, E.B.; AMBROSANO, G.M.B.; BULISANI, E.A.; BORTOLETTO, N.; MARTINS, A.L.M.; PEREIRA, J.C.V.N.A.; DE SORDI, G. Efeito do nitrogênio no cultivo de feijão irrigado no inverno. **Revista Scientia Agrícola**, v. 53, n. 3, p. 338-342, 1996.
- ARF, O.; AFONSO, R.J.; ROMANINI JUNIOR, A.; SILVA, M.G.; BUZETTI, S. Mecanismos de abertura do sulco e adubação nitrogenada no cultivo do feijoeiro em sistema plantio direto. **Bragantia**, v. 67, n. 2, p. 499-506, 2008.
<http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052008000200026>
- BERTOLIN, D.C.; SÁ, M.E.; ARF, O.; FURLANI JUNIOR, E.; COLOMBO, A.S.; CARVALHO, F.L.B.M. de. Aumento da produtividade de soja com a aplicação de bioestimulantes. **Bragantia**, v. 69, n. 2, p. 339-347, 2010.
<http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052010000200011>
- CARVALHO, M.A.C.; FURLANI JUNIOR, E.; ARF, O.; SÁ, M.E.; PAULINO, H.B.; BUZETTI, S. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio e teores foliares deste nutriente e de clorofila em feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 27, n. 3, p. 445-450, 2003.
<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832003000300006>
- DOURADO NETO, DARIO, G.J.A.; VIEIRA JÚNIOR, P.A.; MANFRON, P.A.; MARTIN, T.N.; BONNECARRÉRE, R.A.G.; CRESPO, P.E.N. Aplicação e influência do fitorregulador no crescimento das plantas de milho. **Revista da FZVA**, v. 11, n. 1, p. 1-9, 2004.
- DURNER, J.; SHAH, J.; KLESSIG, D.F. Salicylic acid and disease resistance in plants. **Trends in Plant Science**, v. 2, n. 7, p. 266-274, 1997.
[http://dx.doi.org/10.1016/S1360-1385\(97\)86349-2](http://dx.doi.org/10.1016/S1360-1385(97)86349-2)

- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa. 306p, 2013.
- FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. **Produção de feijão**. Campinas: Os autores. 386 p., 2007.
- FELISBERTO, P.A. de C.; GODOY, L.J.G. de; FELISBERTO, G. Índices de cor da folha para monitoramento nutricional de nitrogênio em plantas de pimentão. **Científica**, v. 44, n. 2, p. 207-216, 2016. <http://dx.doi.org/10.15361/1984-5529.2016v44n2p207-216>
- FERNANDES, C.F.; VIEIRA JÚNIOR, J.R.; SILVA, D.S.G.; REIS, N.D.; ANTUNES JÚNIOR, H. **Mecanismos de defesa de plantas contra o ataque de agentes fitopatogênicos**. Brasília, DF: EMBRAPA. 14 p. (Documentos 133), 2009.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agro-tecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>
- FERREIRA, M.M.R.; ARF, O.; GITTI, D. DE. C.; FERREIRA, L.H.Z.; de SILVA, J.C. da. Reguladores vegetais e nitrogênio em cobertura em feijoeiro de inverno no sistema plantio direto. **Agrarian**, v. 6, n. 21, p. 268-280, 2013.
- HAIM, P.G.; ZOFFOLI, B.C.; ZONTA, E.; ARAÚJO, A.P. Diagnose nutricional de nitrogênio em folhas de feijoeiro pela análise digital de imagens. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 47, n. 10, p. 1546-1549, 2012.
- KERBAUY, G.B. **Fisiologia vegetal**. 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 447 p., 2012.
- MAIA, F.C.; MORAES, D.M.; MORAES, C.P. Acido salicílico: efeito na qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 22, n. 1, p. 264-270, 2000. <http://dx.doi.org/10.17801/0101-3122/rbs.v22n1p264-270>
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFÓS. 308 p., 1997.
- MEIRA, F. DE A.; SÁ, M.E.; BUZETTI, S.; ARF, O. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio no feijoeiro irrigado cultivado em plantio direto. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 40, n. 4, p.383-388, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2005000400010>
- MELO FILHO, L.C.; CAMARGO, S.L.; LEITE, U.T.; LIMA, A.A. Adubação molébdica em feijoeiro no Cone Sul de Rondônia. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 17, n. 2-4, p. 228-233, 2011.
- PORTES, T.A. Ecofisiologia. In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. (Eds) - **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFÓS. 786 p., 1996.
- RAPASSI, R.M.A.; SÁ, M.E.; TARSITANO, M.A.A.; CARVALHO, M.A.C. DE; PROENÇA, E.R.; NEVES, C.M.T. DE C.; COLOMBO, E.C.M. Análise econômica comparativa após um ano de cultivo do feijoeiro irrigado, no inverno, em sistemas de plantio convencional e direto, com diferentes fontes e doses de nitrogênio. **Bragantia**, v. 62, n. 3, p. 397-404, 2003. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052003000300006>
- SANTOS, L.A. dos; SORATTO, R.P.; FERNANDES, A.M.; GONSALES, J.R. Crescimento, índices fisiológicos e produtividade de cultivares de feijoeiro sob diferentes níveis de adubação. **Revista Ceres**, v. 62, n. 1, p. 107-116, 2015.

<http://dx.doi.org/10.1590/0034-737X201562010014>

SILVEIRA, P.M.; DAMASCENO, M.A. Doses e parcelamento de K e de N na cultura do feijoeiro irrigado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 28, n. 11, p.1269-1276, 1993.

SORATTO, R.P.; CRUSCIOL, C.A.C.; SILVA, L.M. da; LEMOS, L.B. Aplicação tardia de nitrogênio no feijoeiro em sistema de plantio direto. **Bragantia**, v. 64, n. 2, p. 211-218, 2005.
<http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052005000200007>

SORATTO, R.P.; FERNANDES, A.M.; PILLON, C.; CRUSCIOL, C.A.C.; BORGHI, E. Épocas de aplicação de nitrogênio em feijoeiro cultivado após milho solteiro ou consorciado com braquiária. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 48, n. 10, p. 1351-1359, out. 2013.
<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2013001000006>

SORATTO, R.P.; FERNANDES, A.M.; SOUZA, E. DE F.C. de; SOUZA-SCHLICK, G.D. de. Produtividade e qualidade dos grãos de feijão em função da aplicação de nitrogênio em cobertura e via foliar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 6, p. 2019-2028, 2011.
<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832011000600018>

SOUZA, E. de F.C. de; SORATTO, R.P. Adubação nitrogenada no feijoeiro após milho safrinha consorciado com *Urochloa brizantha* e *Urochloa ruziziensis*. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, supl. 1, p. 2669-2680, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**, 6. ed. Porto Alegre: ArtMed. 888 p., 2017.