



**Inoculação de *Azospirillum brasilense* em cultivares de feijões cultivados no inverno**

***Inoculation of *Azospirillum brasilense* cultivars of beans types in winter crop***

**Douglas de Castilho Gitti<sup>1</sup>, Orivaldo Arf<sup>1</sup>, Flávio Hiroshi Kaneko<sup>1</sup>, Ricardo Antonio Ferreira Rodrigues<sup>2</sup>, Salatiér Buzetti<sup>3</sup>, José Roberto Portugal<sup>1</sup>, Daiene Camila Dias Chaves Corsini<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Estadual Paulista- UNESP, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia. Avenida Brasil Centro, 56, CEP: 15385-000, Caixa-Postal 31, Ilha Solteira, SP. E-mail: gittidouglas@hotmail.com

<sup>2</sup>Universidade Estadual Paulista- UNESP, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos

<sup>3</sup>Universidade Estadual Paulista- UNESP, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos

Recebido em: 07/10/2011

Aceito em: 03/04/2012

**Resumo.** O maior potencial produtivo das culturas, a demanda por alimentos e a recuperação de áreas degradadas aumentam a demanda pelos fertilizantes minerais no Brasil, elevando seu preço. A utilização de organismos fixadores de nitrogênio atmosférico pode contribuir com o fornecimento de todo ou parte deste nutriente às plantas, reduzindo custos de produção e proporcionando sustentabilidade a produção agrícola. Assim, o trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento, componentes de produção e produtividade de grãos de feijões tipos especiais na presença e ausência da inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* (estirpe AbV<sub>5</sub> e AbV<sub>6</sub>) e o fornecimento de nitrogênio. O trabalho foi desenvolvido no município de Selvíria, Mato Grosso do Sul, Brasil, no período de inverno de 2011. Concluiu-se que: na ausência do fornecimento de nitrogênio em cobertura a inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* proporcionou maior teor de N foliar e não influenciou o desenvolvimento de plantas, os componentes de produção e a produtividade de grãos dos feijões avaliados; o fornecimento de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura na forma de uréia proporcionou os maiores valores no desenvolvimento das plantas, componentes de produção e produtividade de grãos dos feijões avaliados e, entre os feijões do tipo de grãos preto, o cultivar ETA 15 obteve a maior produtividade de grãos.

**Palavras-chave.** BRS Radiante, Cranberry, feijão preto, Jalo Precoce, *Phaseolus vulgaris* L.

**Abstract.** The highest yield potential of crops, food demand and the recovery of degraded areas intensify the demand for mineral fertilizers in Brazil, increasing its price. The use of nitrogen-fixing organisms may contribute to the delivery of all or part of the nitrogen plants, reducing production costs and providing sustainable agricultural production. Thus, the study aimed to evaluate the development, yield components and grain yield special types of beans in the presence and absence of seed inoculation with *Azospirillum brasilense* (strain AbV<sub>5</sub> e AbV<sub>6</sub>) and nitrogen supply in the city of Selvíria, Mato Grosso do Sul, Brazil, during the winter of 2011. It was concluded that: in the absence of supply of nitrogen in the seed inoculation with *Azospirillum brasilense* showed higher leaf N content and did not influence significantly the development of plants, yield components and grain yield of beans evaluated, providing 60 kg ha<sup>-1</sup> of nitrogen in the form of urea gave the highest values in plant development, yield components and grain yield of beans and evaluated, including the type of beans black beans, the material ETA 15 obtained the highest grain yield.

**Keywords.** BRS Radiante, black bean, Cranberry, Jalo Precoce, *Phaseolus vulgaris* L,

### **Introdução**

O feijoeiro, a exemplo de outras leguminosas, apresenta a propriedade de fixar o nitrogênio da atmosfera quando em simbiose com

bactérias do gênero *Rhizobium*, o que pode contribuir para a redução no uso de fertilizantes nitrogenados. No entanto, a disponibilidade de nitrogênio pelas bactérias não supre toda a



necessidade das plantas de feijão (Pelegrin et al., 2009).

O potencial para aumentar a nodulação e o crescimento de plantas, tem sido demonstrado com a inoculação combinada de *Rhizobium* e *Azospirillum* em plantas de feijão (Remans et al., 2008; Yadegari et al., 2010). A presença de bactérias do gênero *Azospirillum* é capaz de aumentar a produção de matéria seca e o número de nódulos por planta, devido à liberação de fitohormônios que induzem a formação de pelos radiculares no feijão (Burdman et al., 1996; 1997). German et al. (2000), avaliando a morfologia das raízes de plantas de feijoeiro comum após inoculação com *Azospirillum brasilense* (estirpe ATCC 29729), obtiveram aumento no comprimento e peso fresco de raízes em 95 e 66 %, respectivamente, em relação ao tratamento sem inoculação. O maior volume de solo explorado contribui para a absorção de água e nutrientes pelas plantas, refletindo em produtividade de grãos, como observado por Ögüt et al. (2005), ao inocular em sementes de feijão *Azospirillum brasilense* (estirpe Sp-7) e *Trichoderma harzianum* (estirpe Rifai 1295-22), obtendo aumento de 117 % na produtividade de grãos em relação ao tratamento sem inoculação.

O gênero *Azospirillum*, pertence ao grupo das bactérias promotoras de crescimento de plantas, que possuem como principais características a capacidade de fixação biológica de nitrogênio, o aumento da atividade da redutase do nitrato quando crescem endofiticamente nas plantas, a produção de hormônios como auxinas, citocininas, giberilinas e etileno (Tien et al., 1979; Bottini et al., 1989; Strzelczyk & Kamper, 1994; Cassán et al., 2008; Huergo et al., 2008). Segundo Hungria (2011), atualmente o *Azospirillum* spp. são comercializados para inoculação em trigo e milho, com aumentos de 31 e 26 % na produtividade de grãos, respectivamente, porém, com fornecimento de parte do nitrogênio requerido pela planta pelo fertilizante mineral.

Técnicas eficientes que reduzem os custos de produção das culturas devem ser avaliadas e aprimoradas para utilização nos diversos sistemas de produção agrícola. A inoculação de sementes por bactérias simbióticas pode proporcionar reduções nos custos de produção do feijão. Além disso, é uma tecnologia que pode ser utilizada na produção de feijão orgânico, agregando valor ao produto.

Atualmente, experimentos com feijão orgânico mostram sua similaridade em produção em relação ao cultivo convencional. Como constatado

por Ferreira (2011), com o cultivo orgânico do feijão na Embrapa Arroz e Feijão, na primeira, segunda e terceira safra atingiram produtividades de 1.500 a 2.500, 800 e 2.000 kg ha<sup>-1</sup> de grãos, respectivamente. Sendo as produtividades médias de lavouras comerciais na primeira, segunda e terceira safra de 2010/11 de 1.169, 750 e 2.000 kg ha<sup>-1</sup>, segundo o relatório da Conab, de abril de 2011.

Segundo Thung et al. (2009), entre as alternativas que pode dar economicidade a produção de feijão está a produção de feijões especiais, materiais predominantes nas transações internacionais. Isso insere a produção de feijão brasileira no mercado internacional e reduz flutuações de preço do produto durante o ano, devido grande parte da produção nacional ser do tipo de grão carioca e de cor preta, comercializados exclusivamente no Brasil.

Com base no exposto, o trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento, componentes de produção e produtividade de grãos de feijões tipos especiais na presença e ausência da inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* (estirpe AbV<sub>5</sub> e AbV<sub>6</sub>) e o fornecimento de nitrogênio em cobertura no município de Selvíria, Mato Grosso do Sul, Brasil.

### **Material e Métodos**

A pesquisa foi desenvolvida em área experimental da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria, Estado de Mato Grosso do Sul, situada a aproximadamente 20° 20' 53" de latitude Sul e 51° 24' 02" de longitude Oeste de Greenwich, com altitude de 340 m. O relevo é caracterizado como moderadamente plano e ondulado. O experimento foi conduzido na terceira safra do feijão (safra de inverno) durante o ano de 2011.

O clima predominante da região, conforme classificação de Koppen é do tipo Aw, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. A precipitação pluvial média anual é de 1.330 mm, com temperatura média anual de aproximadamente 25 °C e umidade relativa do ar média anual de 66% (Centurion, 1982). Os dados climáticos durante o período experimental foram coletados em Estação Meteorológica da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira.

O solo predominante da área, conforme a nova denominação do Sistema Brasileiro de



Classificação de Solos (Embrapa, 2006) é classificado como Latossolo Vermelho distrófico álico e de textura argilosa, o qual foi originalmente ocupado por vegetação de Cerrado e vem sendo explorado por culturas anuais há mais de 26 anos.

Antes da instalação do experimento e do manejo do solo, foram realizadas amostragens do solo da área na camada de 0,0 a 0,20 m para análise, conforme metodologia descrita por Rajj et al. (1996). A análise química da área experimental revelou o seguinte resultado: P(resina) = 17mg dm<sup>-3</sup>, M.O. = 13 g dm<sup>-3</sup>, pH (CaCl<sub>2</sub>)= 5,2; K, Ca, Mg, H + Al, Al, SB e CTC = 2,9; 33; 14; 27; 00; 50 e 70 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, respectivamente e V = 65%.

Foram estabelecidos vinte tratamentos com quatro repetições em delineamento em blocos casualizados, os quais resultaram da combinação dos fatores, cultivares de feijão (BRS Radiante, Cranberry, Jalo Precoce, ETA 10 e ETA 15), inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* (presença e ausência) e aplicação de nitrogênio em cobertura (aplicação de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N e ausência de aplicação) segundo as recomendações de Ambrosano et al. (1997), tendo como fonte nitrogenada a uréia (45 % de N).

As parcelas experimentais consistiram em cinco linhas de cinco metros de comprimento e a área útil para coleta das amostras para avaliações foi considerada as três linhas centrais de cada parcela, desconsiderando 0,50 m das extremidades de cada linha. A coleta de plantas para determinação da massa seca de plantas e os componentes de produção foi realizada em uma das três linhas centrais, sendo as outras duas linhas, para determinação do teor de nitrogênio foliar, população de plantas, massa de cem grãos e produtividade.

Os cultivares utilizados foram três tipos de feijões especiais: BRS Radiante, Cranberry e Jalo Precoce, que possuem hábito de crescimento do tipo I, para os dois primeiros, e tipo II, para o terceiro, sendo ambos com haste principal curta e poucos ramos laterais e curtos (Portes et al., 2009). E dois feijões pretos: ETA 10 e ETA 15, ambos com hábito de crescimento do tipo III. As sementes foram fornecidas pela Embrapa Arroz e Feijão.

Antes da instalação do experimento de feijão no período “de inverno” a área foi cultivada com arroz na safra de verão no ano agrícola 2010/11, e após a colheita em fevereiro de 2011, a área permaneceu em pousio até abril, onde foi realizado o preparo convencional do solo, com duas operações com grade pesada para incorporação dos restos

vegetais, e uma gradagem niveladora para destorroamento e nivelamento.

A semeadura foi realizada manualmente em 03/05/2011, com espaçamento de 0,45 m entrelinhas e de maneira a obter 12 a 13 plantas por metro, levando-se em consideração o poder germinativo das sementes de cada cultivar. A adubação básica nos sulcos de semeadura foi constituída por 250 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 04-30-10, realizada de acordo com as características químicas do solo e as recomendações de adubação para a cultura. Após a distribuição das sementes e do fertilizante no sulco de semeadura foi realizada a aplicação do inseticida granulado carbofuran (1.000 g ha<sup>-1</sup>) com o objetivo de controle e prevenção das principais pragas de solo. O tratamento de sementes com o inoculante foi realizado no momento da semeadura com o produto comercial Azototal® (200 ml para 25 kg de sementes), com mistura das estirpes AbV<sub>5</sub> e AbV<sub>6</sub> da bactéria *Azospirillum brasilense*. A emergência das plântulas ocorreu uniformemente para todos os cultivares no dia 09/05/2011, aos seis dias após a semeadura.

O controle de plantas daninhas em pós-emergência foi realizado com o herbicida fluazifop-p-butil + fomesafen (120 + 150 g ha<sup>-1</sup>) entre os estágios V<sub>3</sub> (primeira folha trifoliada) a V<sub>4</sub> (terceira folha trifoliada) dos cultivares, aos 16 dias após a emergência (DAE). A aplicação foi realizada mediante o uso de pulverizador de barras manual de 20 litros, munido com bicos contendo pontas do tipo jato plano (“leque”) e regulado para aplicar 200 L ha<sup>-1</sup> de calda.

A adubação nitrogenada em cobertura foi realizada no estágio V<sub>4.4</sub> (quarta folha trifoliada) dos cultivares, aproximadamente aos 25 DAE, utilizando 60 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de uréia. Após a adubação, a área foi irrigada com o objetivo de incorporar ao solo o fertilizante aplicado. O fornecimento de água foi realizado por um sistema fixo de irrigação por aspersão com precipitação de 3,3 mm h<sup>-1</sup> nos aspersores. No manejo de água foram utilizados cinco coeficientes de cultura (Kc), de acordo com as fases de desenvolvimento, ou seja, 0,30; 0,70; 1,05; 0,75 e 0,25 para as fases V<sub>0</sub> (germinação) - V<sub>2</sub> (folhas primárias unifoliadas), V<sub>3</sub> - V<sub>4</sub>, R<sub>5</sub> (início de formação dos botões florais) - R<sub>7</sub> (início da formação das vagens), R<sub>8</sub> (enchimento dos grãos/vagens) e R<sub>9</sub> (maturação fisiológica), respectivamente (Fernandez et al., 1986).

O controle de pragas foi realizado com a aplicação de chlorpyrifos (480 g ha<sup>-1</sup>) nos estádios



de  $V_{4.4}$  e  $R_5$ . Para proteção do feijoeiro contra a entrada de doenças fúngicas, foram realizadas duas aplicações do fungicida mancozeb ( $1.600 \text{ g ha}^{-1}$ ), sendo a primeira quando as plantas estavam no estágio  $V_4$ , e a segunda, em  $R_5$ .

As características avaliadas durante o desenvolvimento da cultura foram: 1) População de plantas: na ocasião da colheita, contou-se o número de plantas em duas linhas de quatro metros de comprimento de cada parcela e em seguida calculou-se o número de plantas por hectare; 2) Massa seca das plantas: por ocasião do florescimento pleno das plantas, coletaram-se 10 plantas em local predeterminado na área útil de cada parcela; em seguida, levou-se ao laboratório onde foram acondicionadas em sacos de papel devidamente identificados e colocados em estufa de ventilação forçada à temperatura média de 60 a 70°C, até atingir massa constante; 3) Teor de nitrogênio nas folhas: utilizaram-se as folhas das plantas coletadas em cada unidade experimental, durante o período de florescimento pleno. Após secagem em estufa com circulação forçada de ar 60 a 70 °C, até atingir massa constante, as folhas foram moídas em moinho tipo Wiley e em seguida realizada a digestão sulfúrica, conforme método proposto por Malavolta et al. (1997); 4) Massa de cem grãos: obtida através da coleta ao acaso e pesagem de duas amostras de 100 grãos por parcela; 5) Componentes de produção: na colheita, foram coletadas 10 plantas na área útil de cada parcela para determinação do número de vagens por planta, número de grãos por planta e número de grãos por vagem; 6) Produtividade de grãos: as plantas de duas linhas com quatro metros de comprimento de cada parcela foram arrancadas e colocadas para secagem a pleno sol. Após a secagem, as plantas foram submetidas à trilha mecânica, os grãos pesados e os dados transformados em  $\text{kg ha}^{-1}$  (13% base úmida).

Foram efetuadas as análises de variância para todas as características avaliadas pelo teste F ( $P < 0,01$  e  $P < 0,05$ ). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). A análise estatística foi realizada pelo software SISVAR (Ferreira, 2007).

## Resultados e Discussão

O florescimento dos cultivares ocorreu aos 28 DAE para os cultivares Cranberry e BRS Radiante, aos 33 DAE para o cultivar Jalo Precoce e aos 35 DAE para os cultivares ETA 10 e ETA 15, respectivamente. A colheita foi realizada para os

cultivares Cranberry e BRS Radiantes aos 79 DAE, para o Jalo Precoce aos 84 DAE e para os cultivares ETA 10 e 15, aos 94 DAE. Concordando com Portes et al. (2009), a duração do ciclo dos cultivares se localizaram nas faixas de dias mencionadas pelos autores. Os cultivares mais precoces foram Cranberry e BRS Radiante, com hábito de crescimento do tipo I, período curto de florescimento e maturação uniforme das vagens apresentaram duração do ciclo entre 60 a 80 dias. O cultivar Jalo Precoce, de hábito de crescimento tipo II e maturação uniforme das vagens, apresentou ciclo intermediário em relação aos cultivares avaliados, situando-se na faixa de 80 a 90 dias. Os cultivares ETA 10 e ETA 15, de hábito de crescimento tipo III, possuem maturação desuniforme e apresentam ramos laterais numerosos e desenvolvidos, com ciclo mais longo, situando-se na faixa de 85 a 90 dias.

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos para os fatores cultivares de feijão e da aplicação do nitrogênio em cobertura. Quanto à inoculação de sementes por *Azospirillum brasilense*, os resultados foram apresentados na Figura 1.

O teor de nitrogênio foliar não obteve diferença significativa entre os cultivares avaliados. Houve interação significativa entre a inoculação das sementes e a aplicação do nitrogênio em cobertura nos cultivares de feijão.

Avaliando a inoculação dentro de aplicação de nitrogênio (Tabela 2), o tratamento de sementes com *Azospirillum brasilense* apresentou valor superior -  $36,21 \text{ g kg}^{-1}$  no teor de nitrogênio foliar onde não se realizou a aplicação do nitrogênio em cobertura. Já, com a aplicação do nitrogênio em cobertura, o teor de nitrogênio foi superior -  $41,78 \text{ g kg}^{-1}$  onde não se inoculou as sementes.

Quanto ao nitrogênio dentro da inoculação, tanto na presença e ausência da inoculação a aplicação do nitrogênio proporcionou maiores teores -  $39,00$  e  $41,78 \text{ g kg}^{-1}$  do nutriente na folha. Entre os benefícios da bactéria, o aumento da atividade da enzima redutase do nitrato pode ter contribuído para o maior teor de N foliar pela assimilação principalmente de nitrato, predominante em solos com preparo convencional.

O amônio é a primeira forma disponível para as plantas. No entanto, o fenômeno que se processa com rapidez nas condições aeróbicas de solo (preparo convencional), principalmente por bactérias autotróficas (Nitrosomonas e Nitrobacter), é o da nitrificação, que consiste em oxidar o nitrogênio





amoniaco a nitrato (Malavolta, 1980). Assim, o e também a mais absorvida pelas plantas. nitrato torna-se a forma de N mais abundante no solo

**Tabela 1.** Características de cultivares de feijão em função da inoculação de *Azospirillum brasilense* em sementes de cultivares de feijão com e sem o fornecimento de nitrogênio. Selvíria (MS), Brasil, 2011.

Tratamentos	N foliar (g kg <sup>-1</sup> )	Massa seca (g planta <sup>-1</sup> )	Pop. final (plantas ha <sup>-1</sup> )	Vagens planta <sup>-1</sup>	Grãos planta <sup>-1</sup>	Grãos vagem <sup>-1</sup>
<b>Cultivares</b>						
Cranberry	37,29	6,45	221.429	6,2 b	21,0 b	3,4 b
ETA10	38,94	5,67	223.809	10,9 a	41,7 a	3,8 a
ETA 15	37,21	6,19	211.111	11,2 a	42,7 a	3,8 a
Jalo Precoce	35,77	5,53	266.270	6,1 b	22,1 b	3,6 ab
BRS Radiante	37,11	6,89	226.984	7,3 b	24,8 b	3,3 b
<b>Nitrogênio (kg ha<sup>-1</sup>)</b>						
0	34,14	5,71 b	227.460	7,5 b	26,9 b	3,4 b
60	40,39	6,58 a	232.381	9,1 a	34,3 a	3,7 a
<b>Teste F</b>						
Cultivares (C)	2,03 ns	2,05 ns	9,76 **	20,65**	20,73**	5,40 ns
Nitrogênio (N)	78,20 **	6,07 *	1,52 ns	10,20 *	13,27**	11,09**
Inoculação (I)	0,93 ns	1,75 ns	0,66 ns	2,15 ns	1,22 ns	0,34 ns
C x N	1,06 ns	1,51 ns	1,74 ns	0,82 ns	0,41 ns	1,53 ns
C x I	1,36 ns	0,15 ns	3,40 *	0,45 ns	0,29 ns	0,49 ns
I x N	24,00**	2,10 ns	0,15 ns	0,01 ns	0,35 ns	1,80 ns
C x N x I	1,06 ns	0,53 ns	1,88 ns	0,39 ns	0,61 ns	0,28 ns
<b>D.M.S.</b>						
C	-	-	26.996	2,20	9,45	0,38
N	-	0,70	-	1,00	4,25	0,17
I	-	-	-	-	-	-
C.V. (%)	8,49	25,54	11,79	20,52	31,17	10,72

\*\* , \* e ns – significativos a 1 e 5 % de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente; Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade (P<0,05); D.M.S. – diferença mínima significativa; C.V. – coeficiente de variação;

**Tabela 2.** Desdobramento das interações significativas da análise de variância referente ao teor de nitrogênio foliar. Selvíria (MS), Brasil, 2011.

Tratamentos	Nitrogênio foliar (g kg <sup>-1</sup> )	
	Sem cobertura nitrogenada	Com cobertura nitrogenada
Inoculação	36,21 a B	39,00 b A
Não inoculação	32,06 b B	41,78 a A
D.M.S.	Inoculação dentro de N e, N dentro de inoculação – 2,00	

Médias seguidas por mesma letra maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade (P<0,05); D.M.S. – diferença mínima significativa.

A matéria orgânica do solo constitui a principal fonte de nitrogênio as plantas. Entretanto, ela não consegue atender a alta demanda de nitrogênio pelas culturas comerciais. Por essa razão, a adição de fertilizantes nitrogenados minerais ou utilização de bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico torna-se necessária para aumentar a disponibilidade de nitrogênio nos sistemas de

produção. A disponibilidade de nitrogênio nas formas minerais (amônio e nitrato) depende da quantidade de matéria orgânica no solo. Segundo Malavolta (1980), em um hectare, na profundidade de 30 cm, que apresenta entre 1.000 a 1.500 kg de nitrogênio total, e que quase todo esse nitrogênio está na forma orgânica, a fração mineral corresponde a apenas 25 kg. Ressalta-se que o uso do solo sem



reposição da matéria orgânica pode exaurir as reservas de nitrogênio orgânico, acelerando o processo de degradação dos solos.

A massa seca das plantas foi influenciada significativamente pela aplicação do nitrogênio, onde o fornecimento de 60 kg ha<sup>-1</sup> proporcionou maior valor - 6,58 g planta<sup>-1</sup>. Concordando com Kaneko et al. (2010) e Arf et al. (2008), avaliando a adubação nitrogenada em cobertura obtiveram incrementos na massa seca das plantas de feijão cv. Pérola com aumentos na dose do fertilizante em cobertura. Esse fato reforça a idéia da importância do nitrogênio, que por se tratar de constituinte da molécula de clorofila, tem influência na fotossíntese e promove o crescimento vegetativo do feijoeiro (Silveira & Damasceno, 1993).

A população final de plantas obteve interação significativa entre a inoculação e os

cultivares de feijão (Tabela 3). Analisando o desdobramento cultivar dentro de inoculação, observa-se que com a inoculação de sementes o cultivar Jalo Precoce apresentou a maior população de plantas em relação aos demais e, os outros cultivares foram semelhantes entre si. Não inoculando, o Jalo Precoce só obteve maior população final significativa em relação ao ETA 15. Houve respostas diferentes entre os cultivares com a inoculação. Os cultivares Cranberry e ETA 10 apresentaram reduções significativas com a inoculação de sementes e, os cultivares ETA 15 e BRS Radiante redução não significativa. Já o cultivar Jalo Precoce, apresentou aumento na população final de plantas com a inoculação, embora o aumento seja apenas numericamente.

**Tabela 3.** Desdobramento das interações significativas da análise de variância referente à população final de plantas. Selvíria (MS), Brasil, 2011.

Tratamentos	População final de plantas (plantas ha <sup>-1</sup> )	
	Inoculação	Não inoculação
Cranberry	205.556 b B	237.301 ab A
ETA10	208.730 b B	238.888 ab A
ETA 15	204.762 b	217.460 b
Jalo Precoce	276.190 a	256.349 a
BRS Radiante	235.714 b	218.253 ab
D.M.S.	- Cultivar dentro de inoculação – 38.179	
	- Inoculação dentro de cultivares de feijão – 27.131	

Médias seguidas por mesma letra maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade (P<0,05); D.M.S. – diferença mínima significativa.

Quanto às características produtivas vagens por planta, grãos por planta e grãos por vagem, houve diferenças significativas com relação aos cultivares e a aplicação do nitrogênio. Os cultivares ETA 10 e ETA 15, ambos feijões preto, apresentaram a maior quantidade de vagens e grãos por planta com relação aos demais cultivares e, grãos por vagem com relação ao Cranberry e BRS Radiante. O hábito de crescimento do tipo III, ou seja, plantas de crescimento indeterminado com ramos laterais bem desenvolvidos e numerosos, favoreceu o número de vagens e grãos por planta, em relação aos feijões do tipo especiais BRS Radiante, Cranberry e Jalo Precoce, que possuem hábito de crescimento do tipo I, para os dois primeiros, e tipo II, para o terceiro, sendo ambos com haste principal curta e poucos ramos laterais e curtos (Portes et al., 2009). Segundo Lopes et al., 2004, o nitrogênio é o nutriente que mais limita o

desenvolvimento, a produtividade e a biomassa da maioria das culturas. Pode-se verificar que a aplicação do nitrogênio em cobertura foi significativamente positiva no incremento do teor de nitrogênio na folha, massa seca das plantas e componentes produtivos dos cultivares dos feijões avaliados.

A massa de 100 grãos apresentou interação entre os cultivares e a aplicação do nitrogênio em cobertura (Tabela 4), sendo os maiores valores para o cultivar Cranberry, valores intermediários para o BRS Radiante e Jalo Precoce, e os menores para o ETA 10 e ETA 15, ambos valores com e sem aplicação de nitrogênio em cobertura. Nota-se também que apenas o cultivar Cranberry respondeu a aplicação do nitrogênio apresentando maior valor de massa de 100 grãos.

A inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* apresentou aumentos numéricos no teor



de nitrogênio foliar, massa seca de plantas, componentes de produção, massa de 100 grãos e produtividade de grãos (Figura 1), porém não significativos. Yadegari et al. (2010), obtiveram resultados significativos com a inoculação combinada de *Rhizobium* e bactérias promotoras do

crescimento de plantas, entre elas *Pseudomonas fluorescens* (estirpe P-93) e *Azospirillum lipoferum* (estirpe S-21), com o aumento no teor de proteínas nas sementes, número de vagens e grãos por planta, massa de 100 grãos e produtividade de grãos em três cultivares de feijão comum.

**Tabela 4.** Desdobramento das interações significativas da análise de variância referente à massa de 100 grãos. Selvíria (MS), Brasil, 2011.

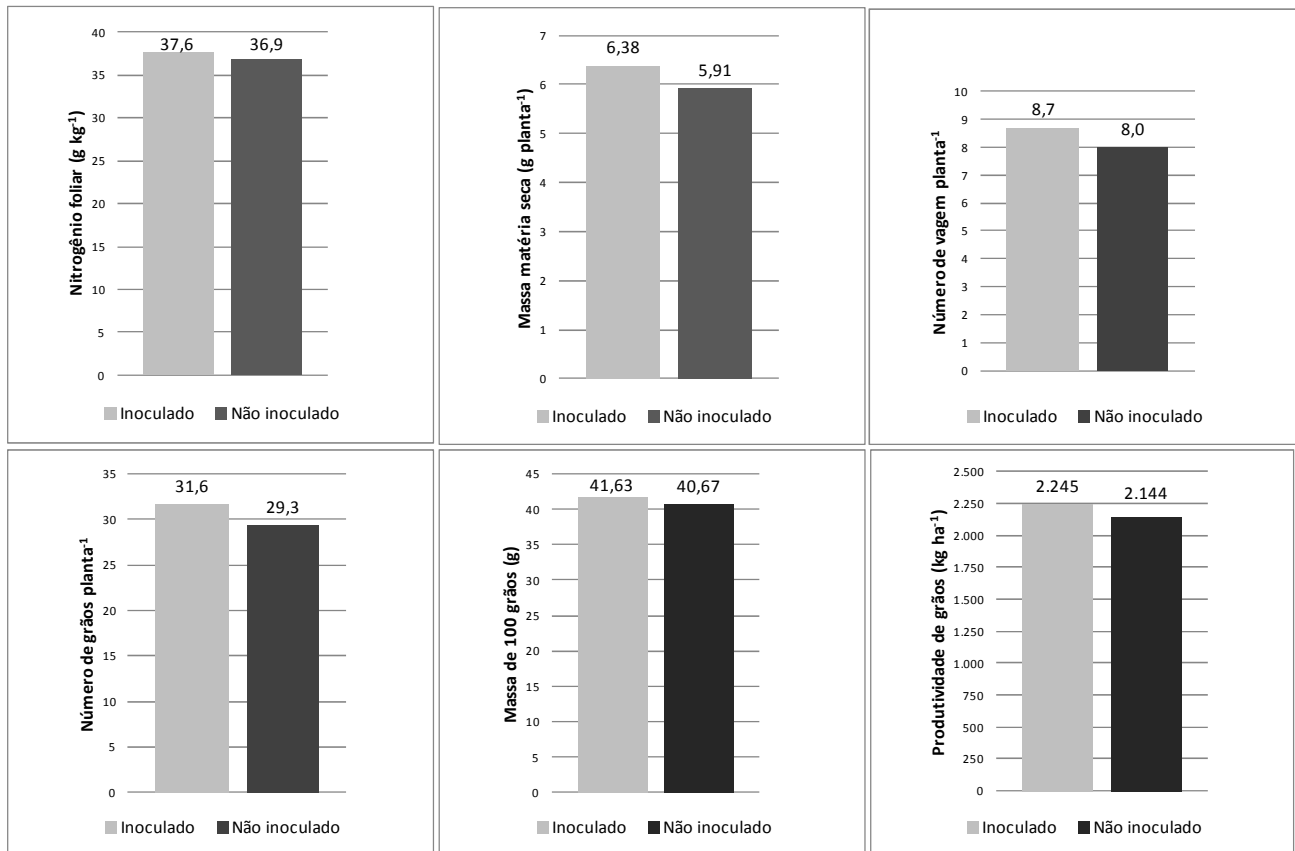
Tratamento	Massa de 100 grãos (g)	
	Sem cobertura nitrogenada	Com cobertura nitrogenada
Cranberry	59,27 a B	64,06 a A
ETA10	31,17 c	29,27 c
ETA 15	27,19 c	27,20 c
Jalo Precoce	41,91 b	43,04 b
BRS Radiante	43,56 b	44,82 b
D.M.S.	- Cultivar dentro de nitrogênio – 4,15	
	- Nitrogênio dentro de cultivar – 2,95	

Médias seguidas por mesma letra maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ); D.M.S. – diferença mínima significativa.

O presente trabalho realizou a inoculação apenas com *Azospirillum brasilense*. Burdman et al. (1996; 1997), afirmam que a inoculação com *Azospirillum* spp. aumenta o número de pelos radiculares e, como há aumento do sistema radicular, a inoculação combinada com *Rhizobium* contribui para colonizar o maior número de raízes, aumentando o número de nódulos fixadores do nitrogênio atmosférico. Isso poderia explicar os aumentos numéricos com a inoculação de *Azospirillum brasilense* no presente trabalho pelo possível aumento do sistema radicular, como observado por German et al. (2000). A inoculação combinada de *Azospirillum* spp. com *Rhizobium* possibilita resultados significativos nas variáveis analisadas em feijão comum, devido o efeito simultâneo de aumento do sistema radicular e maior número de nódulos fixadores de nitrogênio atmosférico.

A inoculação de sementes proporcionou aumento de 101 kg ha<sup>-1</sup> na produtividade de grãos,

em relação ao não inoculado. Isso representa aumento de aproximadamente 1,7 sacos (sc) de 60 kg por ha. Com base na média de preços do feijão tipo carioca no Estado de São Paulo, nos últimos cinco anos, de R\$ 92,52 por sc de 60 kg (IEA, 2011), a inoculação proporcionaria aumento de R\$ 157,28 por ha. O custo da inoculação com *Azospirillum brasilense*, considerando a dose utilizada de 200 mL para 25 kg de sementes e o gasto de 100 kg de sementes por ha, seria de R\$ 48,00 por ha (custo de R\$ 12,00 por 100 mL do produto comercial Azototal®). Subtraindo o custo da inoculação e seu incremento na renda bruta obtida, o benefício seria de R\$ 109,28 por ha ou aproximadamente 1,2 sc por ha. No entanto, outros trabalhos devem ser realizados, visando aumentar a eficiência da inoculação pelo uso de outras espécies de bactérias diazotróficas, diferentes estirpes de *Azospirillum* e também a inoculação combinada de *Azospirillum* e *Rhizobium* em leguminosas.



**Figura 1.** Efeito da inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em cultivares de feijão sobre o teor de nitrogênio foliar, matéria seca de planta, número de vagem e grãos por planta, massa de 100 grãos e produtividade de grãos. Selvíria (MS), 2011. Médias não significativas ( $P>0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Houve influencia significativa na produtividade de grãos quanto aos cultivares e a aplicação de nitrogênio em cobertura (Figura 2), tendo o cultivar ETA 10 proporcionado a maior produtividade de grãos - 2.715 kg ha<sup>-1</sup> e valor semelhante ao Cranberry - 2.319 kg ha<sup>-1</sup> e superior em relação aos cultivares ETA 15 - 2.076 kg ha<sup>-1</sup>, BRS Radiante - 1.962 kg ha<sup>-1</sup> e Jalo Precoce - 1.900 kg ha<sup>-1</sup>.

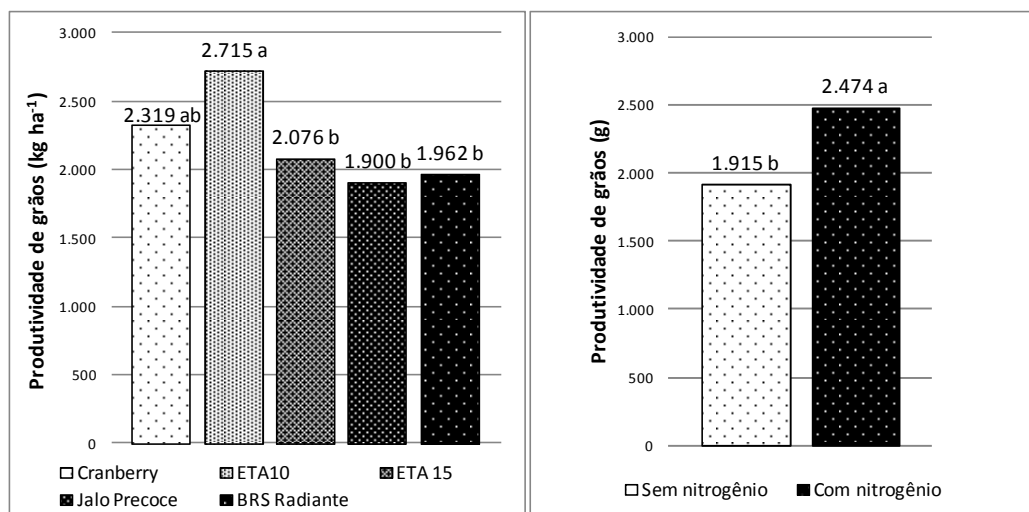
A realização da adubação em cobertura com nitrogênio apresentou produtividade superior, com aumento de 559 kg ha<sup>-1</sup> em relação à ausência da cobertura nitrogenada.

As produtividades de grãos dos cultivares ETA 10, Cranberry e ETA 15, na região de Selvíria

(MS), foram maiores e, pouco menor para os BRS Radiante e Jalo Precoce, que a média de 2.000 kg ha<sup>-1</sup> obtida nos cultivos orgânicos e comerciais convencionais na terceira safra da cultura para cultivares do tipo carioca, segundo os relatórios da Conab de abril de 2011.

Isso amplia o leque de opção de cultivares para os produtores da região e permite, desde que haja demanda por feijões especiais, diversificar a produção na propriedade e participar do mercado internacional, uma vez que os feijões especiais predominam nas transações internacionais, diferente da comercialização nacional do tipo carioca.





**Figura 2.** Efeito da inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* e do fornecimento de nitrogênio em cobertura em cultivares de feijão sobre a produtividade de grãos. Selvíria (MS), 2011. Médias seguidas por mesma letra minúsculas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ).

### Conclusões

Na ausência do fornecimento de nitrogênio em cobertura a inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* proporcionou maior teor de nitrogênio foliar.

A inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* não influencia significativamente o desenvolvimento de plantas, componentes de produção e produtividade de grãos dos feijões avaliados.

Nas condições de clima da região e na dose do inoculante do presente trabalho a inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* pode proporcionar retorno econômico.

O fornecimento de 60 kg de nitrogênio em cobertura na forma de uréia proporcionou os maiores valores no desenvolvimento de plantas, componentes de produção e produtividade de grãos dos feijões avaliados.

Entre os feijões do tipo de grãos preto, o cultivar ETA 15 apresentou a maior produtividade de grãos.

Os feijões especiais Cranberry, BRS Radiante e Jalo Precoce, obtiveram produtividades de grãos semelhantes nas condições de cultivo e clima da região.

### Agradecimentos

Os autores agradecem a Embrapa Arroz e Feijão na pessoa do Dr. João Kluthcouski pelo fornecimento das sementes dos cultivares utilizados no presente estudo.

### Referências

AMBROSANO, E.J.; ELAINE, B.W.; BULISANO, E.A.; CANTARELLA, H. **Feijão**. In: RAIJ van, B. CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. 2 ed. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997, p. 194-195.

ARF, O.; AFONSO, R.J.; JUNIOR, A.R.; SILVA, M.G.; BUZZETTI, 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.

BOTTINI, R.; FULCHIERI, M.; PEARCE, D.; PHARIS, R. Identification of gibberelins A1, A3, and iso-A3 in cultures of *A. lipoferum*. **Plant Physiology**, v.90, p.45-47, 1989.

BURDMAN, S.; KIGEL, J.; OKON, Y. effects of *Azospirillum brasilense* on nodulation and growth of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Soil Biology & Biochemistry**, v.29, n.5/6, p.923-929, 1997.

BURDMAN, S.; VOLPIN, H.; KIGEL, J.; KAPULNIK, Y.; OKON, Y. Promotion of nod Gene Inducers and Nodulation in Common Bean (*Phaseolus vulgaris*) Roots Inoculated with *Azospirillum brasilense* Cd. **Applied and Environmental Microbiology**, v.62, n.8, p.3030-3033, 1996.



- CASSÁN, F.; SGROY, V.; PERRIG, D.; MASCIARELLI, O.; LUNA, V. **Producción de fitohormonas por Azospirillum sp. Aspectos fisiológicos y tecnológicos de la promoción del crecimiento vegetal.** In: CASSÁN, F.D.; GARCIA DE SALAMONE, I. (Ed.) *Azospirillum sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina.* Argentina: Asociación Argentina de Microbiología, 2008, p.61-86.
- CENTURION, J. F. Balanço hídrico da região de Ilha Solteira. **Científica**, v.10, n.1, p.57-61, 1982.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2. ed. Brasília, DF: Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- FERREIRA, D.F. Sistema de análises de variância para dados balanceados. Lavras: UFLA, 2007. (SISVAR 5. 1.).
- FERREIRA, E.P.B. **Feijão – Compensador.** In: SANTOS, C.; REETZ, E.R.; POLL, H. Anuário Brasileiro de Arroz 2011. Santa Cruz do Sul, 2011. 128 p., p. 106-107.
- FERNANDEZ, F. GEPTS, P.; LOPEZ, M. **Etapas de desarrollo de la planta de frijol (Phaseolus vulgaris L.).** Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1986. 34 p.
- GERMAN, M.A.; BURDMAN, S.; OKON, Y. KIGEL, J. Effects of Azospirillum brasilense on root morphology of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under different water regimes. **Biology and Fertility of Soil**, v.32, p.259-264, 2000.
- HUERGO, L.F.; MONTEIRO, R.A.; BONATTO, A.C.; RIGO, L.U.; STEFFENS, M.B.R.; CRUZ, L.M.; CHUBATSU, L.S.; SOUZA, E.M.; PEDROSA, F.O. **Regulation of nitrogen fixation in Azospirillum brasilense.** In: CASSÁN, F.D.; GARCIA DE SALAMONE, I. *Azospirillum sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina.* Asociación Argentina de Microbiología, Argentina, 2008. p.17-35.
- HUNGRIA, M. **Inoculação com Azospirillum brasilense: inovação em rendimento a baixo custo.** Embrapa Soja – Documentos 325, 2011.
- INSTITUTO DE ECONOMIA AGRICOLA – IEA. **Preços médios diários recebidos pelos produtores no período de 06 de outubro de 2006 a 06 de outubro de 2011.** Disponível em: <<http://ciagri.iea.sp.gov.br/precosdiarios/precosdiariosrecebidos.aspx>>. Acesso em: 03 de outubro de 2011.
- KANEKO, F.H.; ARF, O.; GITTI, D.C.; ARF, M.V.; FERREIRA, J.P.; BUZZETTI, S. Mecanismos de abertura de sulcos, inoculação e adubação nitrogenada em feijoeiro em sistema plantio direto. **Bragantia**, v.69, n. 1, p.125-133, 2010.
- LOPES, A.S.; WIETHÖLTER, S.; GUILHERME, L.R.G.; SILVA, C.A. **Sistema plantio direto: bases para o manejo da fertilidade do solo.** São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos, 2004. 110 p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do Estado Nutricional das Plantas: princípios e aplicações.** Piracicaba: Potafós, 1997. 319p.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas.** São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.
- ÖĞÜT, M.; AKDAĞ, C.; DÜZDEMİR, O.; SAKIN, M.A. Single and double inoculation with Azospirillum/Trichoderma: the effects on dry bean and wheat. **Biology and Fertility of Soil**, v.41, p.262-272, 2005.
- PELEGRIN, R.; MERCANTE, F.M.; OTSUBO, I.M.N.; OTSUBO, A.A. Resposta da cultura do feijoeiro à adubação nitrogenada e à inoculação com rizóbio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.219-226, 2009.
- PORTES, T.A.; KLUTHCOUSKI, J.; OLIVEIRA, P. **Aspectos fenológicos do feijoeiro comum como ferramenta para tomada de decisões fitotécnicas.** p. 45-63. I: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. Fundamentos para uma agricultura sustentável, com ênfase na cultura do feijoeiro. Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, 2009. 452 p.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de**



- adubação e calagem para o Estado de São Paulo.** 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1996. 285 p. (Boletim Técnico, 100).
- REMANS, R.; RAMAEKERS, L.; SCHELKENS, S.; HERNANDEZ, G.; GARCIA, A.; REYES, J.L.; MENDEZ, N.; TOSCANO, V.; MULLING, M.; GALVES, L.; VANDERLEYDEN, J. Effect of Rhizobium–Azospirillum coinoculation on nitrogen fixation and yield of two contrasting Phaseolus vulgaris L. genotypes cultivated across different environments in Cuba. **Plant Soil**, v. 312, p. 25-37, 2008.
- 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.
- STRZELCZYK, E.; KAMPER, M.; LI, C. Cytocinin-like-substances and ethylene production by Azospirillum in media with different carbon sources. **Microbiological Research**, v.149, p.55-60, 1994.
- TIEN, T.M.; GASKINS, M.H.; HUBBELL, D.H. Plant growth substances produced by Azospirillum brasilense and their effect on the growth of pearl millet (Pennisetum americanum L.). **Applied and Environmental Microbiology**, v.37, p.1016-1024, 1979.
- THUNG, M.; SOARES, D.M.; AIDAR, H. **Agregação de valores com feijões especiais.** p. 81-96. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. Fundamentos para uma agricultura sustentável, com ênfase na cultura do feijoeiro. Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, 2009. 452 p.
- YADEGARI, M.; RAHMANI, H.A.; NOORMOHAMMADI, G.; AYNEBAND, A. Plant growth promoting rhizobacteria increase growth, yield and nitrogen fixation in phaseolus vulgaris. **Journal of Plant Nutrition**, v.33, p.1733-1743, 2010.