

DESEMPENHO DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO COMUM INOCULADOS COM ESTIRPES DE RIZÓBIO ASSOCIADO À ADUBAÇÃO NITROGENADA

Sandra Aparecida Camacho Reck¹ e Carlos Alberto de Bastos Andrade²

¹Universidade Estadual de Maringá – UEM, Pós – Graduação em Genética e Melhoramento, Campus de Maringá. Av. Colombo, 5.790, Jardim Universitário Maringá, CEP 87020-900, Maringá, PR. E-mail: sacreck@hotmail.com

² Universidade Estadual de Maringá – UEM, Departamento de Ciências Agronômicas, Campus de Maringá. Av. Colombo, 5.790, Jardim Universitário Maringá, CEP 87020-900, Maringá, PR. E-mail: cabandrade@uem.br

RESUMO: Este experimento teve como objetivo avaliar a resposta das cultivares IPR Tangará, IPR Tuiuiú e IPR Eldorado de feijão comum submetido à inoculação com estirpes de *Rhizobium* sp. e adubação nitrogenada, em relação à nodulação das plantas e produtividade de grãos. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial 5 x 3, com quatro repetições, constituindo-se das combinações de inoculação com as estirpes UFLA 04-195 e UFLA 02-100 de *Rhizobium etli*, UFLA 02-127 de *R. leguminosarum* bv. *phaseoli*, SEMIA 4077 de *R. tropici* e sem inoculação e da adubação nitrogenada, realizada com três doses de N (0, 40 e 80 kg ha⁻¹). As características avaliadas foram: número de nódulos, massa seca de nódulos, massa seca da parte aérea, teor e acúmulo de nitrogênio na parte aérea, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos e produtividade. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott (1974). Constatou-se que a adubação nitrogenada afetou negativamente a nodulação, mas o aumento das doses de N influenciou de forma crescente a produtividade de grãos nas cultivares IPR Tangará nas safras avaliadas e IPR Tuiuiú – safra 2012/2013.

PALAVRAS-CHAVE: *Phaseolus vulgaris* L., fixação biológica de nitrogênio, inoculantes.

RESPONSES OF COMMON BEAN GENOTYPES AFTER SEED INOCULATION WITH RHIZOBIUM STRAINS ASSOCIATED WITH MINERAL NITROGEN FERTILIZATION

ABSTRACT: This study aimed to evaluate the responses from the following common bean cultivars IPR Tangará, IPR Tuiuiú and IPR Eldorado submitted to inoculation with *Rhizobium* sp. strains and in conjunction with mineral nitrogen fertilization to analyze the plant nodulation and the components of the grain yield. The experimental design was completely randomized blocks under the factorial 5 x 3 with four replications. The treatments had combinations of the *Rhizobium etli* strains UFLA 04-195 and UFLA 02-100, *R. leguminosarum* bv. *phaseoli* UFLA 02-127, *R. tropici* SEMIA 4077 and the control without inoculation in conjunction with three doses of N (0, 40 and 80 kg ha⁻¹). The traits evaluated were number of nodules, nodule dry weight, dry biomass of shoots, content and accumulation of nitrogen in the shoots, number of pods per plant, number of grains per pod, weight of 100 grains and crop yield. Data were subjected to analysis of variance and the means compared by the Scott-Knott test. We found that the mineral nitrogen fertilization negatively affected the nodulation, but the increased doses of N had increases grain yield of the cultivars IPR Tangará and IPR Tuiuiú in two growing seasons: 2012 and 2013.

KEY WORDS: *Phaseolus vulgaris* L., biological nitrogen fixation, inoculants.

INTRODUÇÃO

O Brasil e a Índia são os principais produtores mundiais de *Phaseolus vulgaris* L. e, no Brasil, o feijão comum é cultivado, na maioria dos estados, em três safras: das águas, da seca e de inverno, contribuindo com 16,2% para a produção mundial (Fao, 2013). No entanto, a produtividade média brasileira está em torno de 988 kg ha⁻¹ (Conab, 2014).

Entre os principais fatores considerados limitantes à produtividade brasileira de feijão comum estão: o baixo nível tecnológico adotado pelos produtores e o cultivo em solos com baixa disponibilidade de nutrientes, sobretudo fósforo (P) e nitrogênio (N) (Pelegri et al., 2009). Por isso, o equilíbrio de nutrientes é considerado fator chave para estabelecer o aumento na produtividade dessa cultura.

Dos elementos essenciais requeridos pela cultura do feijão comum, o nitrogênio é o mais exigido. É fundamental para o crescimento e desenvolvimento de todos os organismos, pelo fato de ser constituinte do DNA, RNA, ATP e proteína (Andrews e Lea, 2013). As fontes deste N no solo são: os fertilizantes nitrogenados, a fixação biológica do nitrogênio (FBN), e a matéria orgânica do solo.

A FBN no feijão comum, assim como em outras leguminosas da família Fabaceae, é um processo diazotrófico simbiótico complexo, que envolve várias etapas, incluindo modificações fisiológicas e morfológicas, tanto na planta hospedeira como na bactéria (Oldroyd e Downie, 2008). As bactérias diferenciam-se em bacteróides nos nódulos da planta hospedeira, fixando nitrogênio por meio do processo enzimático que reduz N₂ à amônia (Okazaki et al., 2004; Miransari et al., 2013).

Atualmente, a seleção de estirpes eficientes que visam a otimizar o potencial de fixação do N₂ em culturas de importância econômica deve levar em conta não apenas a eficiência da estirpe, mas também características como habilidade de competir com estirpes nativas por sítios de infecção, maior estabilidade genética, maior tolerância a estresses, habilidade de sobreviver e se multiplicar no solo mesmo na ausência do hospedeiro, formação de nódulos sob larga faixa de temperatura e umidade nas raízes, dentre outras (Hungria et al., 1997; Chueire et al, 2003).

O estudo da eficiência simbiótica e da sobrevivência das bactérias inoculadas em competição com a microbiota do solo têm sido fundamentais para seleção de estirpes, devido à grande variabilidade genética entre o microssimbionte e estirpes de rizóbios na simbiose (Geetha e Joshi, 2013).

Por isso, as pesquisas com estirpes de rizóbio com elevado potencial simbiótico, previamente selecionadas, e estirpes recomendadas para produção de inoculantes comerciais

no Brasil tornam-se de grande importância para obtenção de aumentos na nodulação, na fixação biológica de nitrogênio e na produtividade do feijão comum, em condições tropicais. Dessa forma, o emprego do inoculante favorece a sustentabilidade da agricultura brasileira, tendo em vista o fornecimento de nitrogênio às culturas com baixo custo econômico e impacto ambiental reduzido (Ferreira et al., 2009).

Um número cada vez maior de pesquisas evidencia a possibilidade da cultura de feijão comum realmente se beneficiar da FBN em condições de campo, desde que estabelecidas boas práticas de inoculação e adaptação no manejo dos fatores relacionados. Assim sendo, a FBN deve ser utilizada não apenas visando substituir o N mineral, mas como fonte complementar de N para a planta (Jensen et al., 2012), uma vez que, do ponto de vista ambiental e agrícola, é um processo crucial, ocupando o segundo lugar em importância para a manutenção da biosfera, depois da fotossíntese (Olivares et al., 2013).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a resposta do feijão comum submetido à inoculação com estirpes de *Rhizobium* sp. e adubação nitrogenada, analisando aspectos relacionados à nodulação das plantas e produtividade de grãos em três genótipos, nas safras das águas e seca.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento da safra das águas 2012/2013 foi conduzido em condições de campo em área experimental do Centro Técnico de Irrigação (CTI) da Universidade Estadual de Maringá, localizado na cidade de Maringá - PR, no período de outubro de 2012 a janeiro de 2013. Na Safra da Seca 2013 e Safra das Águas 2013/2014, os experimentos foram instalados na Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI) da Universidade Estadual de Maringá, com localização na cidade de Maringá - PR, no período de abril a julho de 2013 e outubro de 2013 a janeiro de 2014, respectivamente.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, em esquema fatorial 5 x 3, com quatro repetições, totalizando 60 unidades experimentais. Sendo, o primeiro fator composto por: sem inoculação, inoculação com as estirpes UFLA 04-195, UFLA 02-100 de *Rhizobium etli*, UFLA 02-127 de *R. leguminosarum* bv. *phaseoli* e SEMIA 4077 (= CIAT 899=BR 322) de *R. tropici*; e o segundo fator por três doses de N (fonte Ureia): 0, 40 e 80 kg ha⁻¹ divididas na semeadura e na cobertura que foi efetuada no início do estágio fenológico V4, caracterizado pela presença da terceira folha trifoliolada completamente aberta em 50% das plantas.

As cultivares de feijão comum utilizadas nas Safras das Águas 2012/2013 e 2013/2014 foram: IPR Tangará (Grupo Carioca) e IPR Tuiuiú (Grupo Preto) (Moda-Cirino et al., 2012). Na Safra da Seca 2013, optou-se por utilizar a cultivar IPR Eldorado de grãos tipo Carioca, que apresenta resistência horizontal ou parcial ao mosaico dourado (Comissão Técnica Sul-Brasileira de Feijão, 2012). Estas cultivares são recomendadas para o cultivo no estado do Paraná.

As parcelas foram constituídas por seis linhas de 5,0 metros de comprimento e espaçadas, entre si, a 0,45 m, com densidade de semeadura de 15 sementes por metro linear de sulco. As linhas 1 e 6 foram consideradas bordaduras, as linhas 2 e 3 foram utilizadas para a coleta das amostras no período de florescimento, enquanto que as linhas 4 e 5 foram empregadas na colheita (Fonseca et al., 2013), excluindo 0,5 m de suas extremidades para calcular o rendimento médio dos grãos e ainda, na coleta de 10 plantas para avaliação dos componentes primários do rendimento de grãos.

A adubação fosfatada e potássica foi a mesma para todas as parcelas e definida em função do resultado da análise de solo de cada área e recomendações da Comissão Técnica Sul-Brasileira de Feijão (2012). Na Safra 2012/2013, foram empregados 50 kg de P_2O_5 ha^{-1} e 30 kg de K_2O ha^{-1} ; na Safra 2013, foram 30 kg de P_2O_5 ha^{-1} e 40 kg de K_2O ha^{-1} ; na Safra 2013/2014, aplicou-se 70 kg de P_2O_5 ha^{-1} e 20 kg de K_2O ha^{-1} , tendo como fonte o Superfosfato Simples e o Cloreto de Potássio em todos os experimentos, ambos aplicados por ocasião da semeadura.

Os tratos culturais foram os normalmente dispensados à cultura na região, sendo os experimentos irrigados via aspersão.

Por ocasião da plena floração (estádio R6) foram coletadas amostras de raízes e da parte aérea de 10 plantas ao acaso (linhas 2 e 3) em cada parcela, para contagem do número de nódulos (NN) e determinação da massa seca de nódulos (MSN) e da parte aérea (MSPA). A massa seca foi determinada após secagem do material em estufa com circulação de ar à temperatura de 65°C, até peso constante. Posteriormente, realizou-se a análise laboratorial do teor de nitrogênio da parte aérea (TNPA) pelo método semi-microkjedhal, de acordo com Sarruge and Haag (1979). Avaliou-se, também, o nitrogênio acumulado na parte aérea (ANPA), multiplicando a massa seca pelo teor de nitrogênio e dividindo por 100 (Fonseca et al., 2013).

Na época da colheita (estádio R9) foi determinado o rendimento de grãos ($kg\ ha^{-1}$) e seus componentes primários: número de vagens por planta (NVG), número de grãos por vagem (NGV) e massa média de 100 grãos (M100). Os componentes primários do rendimento

foram obtidos de uma amostra de 10 plantas ao acaso, enquanto o rendimento de grãos foi calculado a partir da massa de grãos produzidos na área útil da parcela (linhas 4 e 5), incluindo a citada amostra de 10 plantas (Fonseca et al., 2013). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e nos casos de efeito significativo de tratamentos ($P \leq 0,05$), realizou-se a comparação das médias utilizando o critério de agrupamento de Scott-Knott (1974).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das características avaliadas no período do florescimento encontram-se na Tabela 1.

Na análise do número de nódulos por planta, observou-se interações entre adubação nitrogenada e a inoculação de sementes para essa característica, assim como, Valadão et al. (2009). A seleção de estirpes de rizóbio por programas e experimentos, com o objetivo de avaliar a eficiência agrônômica de estirpes, inoculantes e tecnologias, baseiam-se na avaliação de diversos parâmetros relacionados à simbiose, dos quais a nodulação das raízes representa um componente importante (Cardoso et al., 2009).

Verificou-se ainda, que as plantas que receberam N mineral apresentaram menor número de nódulos. Assim como Pelegrin et al. (2009) e Silva et al. (2009), que também relataram a diminuição da nodulação, conforme o aumento da dose de N aplicada. Do mesmo modo, Ferreira et al. (2009), em experimento conduzido em condições de campo em Perdões – MG, observaram efeito inibitório sobre a nodulação com a aplicação de 80 kg de N ha⁻¹. Albuquerque et al. (2012), avaliando as cultivares Carioca Precoce e Rosinha, concluíram que a adubação nitrogenada com 42 kg ha⁻¹ promoveu maior redução do número de nódulos.

De modo geral, o menor número de nódulos nos tratamentos que receberam adubação nitrogenada confirma o efeito negativo da adição de nitrogênio sobre a nodulação (Hungria et al., 1997; Romanini Júnior et al., 2007). Isso se deve ao fato de que, em leguminosas, a adição de adubos nitrogenados tem efeito adverso na fixação biológica devido à diminuição de disponibilidade de oxigênio na respiração nodular e à limitação de carboidratos ao metabolismo do nódulo (Dias et al., 2012).

Neste trabalho, pôde-se observar que a maior produção de nódulos e massa seca de nódulos foi obtida pelos tratamentos inoculados com a estirpe UFLA 04-195 na ausência de N e pela UFLA 02-127 quando na presença de 40 kg de N ha⁻¹.

Tabela 1 - Número de nódulos por planta (NN), massa seca de nódulos (MSN), teor de nitrogênio na parte aérea (Teor de N) e acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA) das cultivares IPR Tangará safras 2012/2013 e 2013/2014, IPR Tuiuiú safras 2012/2013 e 2013/2014 e IPR Eldorado safra 2013 de feijão comum, em função da aplicação de nitrogênio e inoculação de sementes com diferentes estirpes de rizóbio (Maringá, PR)

Comparação da aplicação de fungicidas e inoculação de sementes com diferentes cultivares de arroz (Marinho, 1997)																
	IPR Tangará Safr 2012/2013			IPR Tuiuiú Safr 2012/2013			IPR Tangará Safr 2013/2014			IPR Tuiuiú Safr 2013/2014			IPR Eldorado Safr 2013			
	0,0	40	80	0,0	40	80	0,0	40	80	0,0	40	80	0,0	40	80	
ZN	Sem inoculação	219,25 b	56,25 c	40,25 c	123,25 d	95,00 c	103,00 b	120,50 c	62,75 c	46,00 c	110,50 d	97,75 c	105,50 b	60,50 c	12,75 c	11,25 b
	UFLA 04-195	351,00 a	140,00 b	135,25 a	317,25 b	315,00 a	40,75 c	351,25 a	129,50 b	145,00 a	342,00 b	314,50 a	44,75 c	184,25 a	77,75 a	48,50 a
	SEMIA 4077	134,75 c	42,75 c	69,00 b	184,00 c	33,25 d	171,25 a	126,50 c	47,75 c	74,25 b	186,00 c	36,50 e	169,25a	121,25 b	23,75 b	44,75 a
	UFLA 02-127	210,75 b	312,00 a	69,00 b	452,25 a	53,50 d	52,25 c	195,50 b	314,50 a	73,25 b	456,00 a	61,25 d	57,00 c	58,25 c	11,75 c	12,50 b
	UFLA 02-100	74,00 d	105,25 b	25,00 c	62,75 e	202,75 b	35,00 c	90,50 d	106,25 b	31,00 c	60,50 e	201,25 b	39,50 c	24,25 d	22,75 b	12,50 b
	CV*(%)	21,00			13,68			14,30			7,69			10,02		
MSN	Sem inoculação	0,122 c	0,024 b	0,020 b	0,120 c	0,087 c	0,073 b	0,067 c	0,028 b	0,022 a	0,108 d	0,082 d	0,074 b	0,231 b	0,030 c	0,044 a
	UFLA 04-195	0,256 a	0,031 b	0,033 a	0,338 b	0,301 a	0,025 c	0,258 a	0,031 b	0,035 a	0,361 b	0,302 a	0,032 d	0,567 a	0,143 a	0,044 a
	SEMIA 4077	0,063 d	0,017 b	0,017 b	0,316 b	0,020 d	0,142 a	0,060 c	0,021 b	0,019 a	0,295 c	0,017 e	0,140 a	0,203 c	0,025 c	0,047 a
	UFLA 02-127	0,204 b	0,178 a	0,026 a	0,432 a	0,040 d	0,042 c	0,191 b	0,171 a	0,028 a	0,425 a	0,044 d	0,050 c	0,101 d	0,028 c	0,018 b
	UFLA 02-100	0,020 e	0,028 b	0,006 c	0,034 d	0,250 b	0,014 c	0,025 d	0,028 b	0,014 a	0,041 e	0,247 b	0,022 d	0,036 e	0,066 b	0,015 b
	CV(%)	15,06			16,51			19,24			11,09			11,01		
Teor de N	Sem inoculação	2,69 a	4,04 b	3,13 c	2,72 c	2,78 b	3,15 b							2,57 a	3,32 c	3,56 b
	UFLA 04-195	2,88 a	4,03 b	3,84 b	2,94 b	2,80 b	3,56 a							2,64 a	3,72 b	3,85 a
	SEMIA 4077	2,27 b	3,97 b	4,20 a	2,60 c	3,30 a	3,09 b							2,50 a	4,12 a	3,65 a
	UFLA 02-127	2,72 a	4,23 a	4,17 a	3,19 a	3,36 a	3,49 a							2,51 a	3,57 b	3,71 a
	UFLA 02-100	2,56 a	3,81 b	4,36 a	3,25 a	3,18 a	3,62 a							2,40 a	3,44 c	3,45 b
	CV(%)	4,47			5,05									4,79		

		IPR Tangará Safrá 2012/2013			IPR Tuiuiú Safrá 2012/2013			IPR Tangará Safrá 2013/2014			IPR Tuiuiú Safrá 2013/2014			IPR Eldorado Safrá 2013		
		0,0	40	80	0,0	40	80	0,0	40	80	0,0	40	80	0,0	40	80
Acúmulo de N na parte aérea	Sem inoculação	236,28 b	410,36 b	354,81	176,86 b	234,00 b	321,61 c							124,50 a	197,87 c	179,95 b
	UFLA 04-195	237,90 b	479,05 a	421,40 b	184,70 b	204,45 b	413,11 a							139,00 a	259,62 a	158,26 c
	SEMIA 4077	225,65 b	444,49 a	469,98 a	191,70 b	325,19 a	254,03 d							117,50 a	164,77 d	204,27 b
	UFLA 02-127	327,60 a	358,48 c	479,83 a	233,44 a	321,05 a	336,69 c							109,67 a	146,45 d	275,54 a
	UFLA 02-100	263,62 b	366,24 c	456,61 a	242,66 a	314,68 a	365,79 b							70,75 b	228,86 b	126,86 d
	CV(%)		7,69			7,97									10,90	

Médias seguidas de letras iguais na coluna, para cada característica avaliada, pertencem ao mesmo agrupamento de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

*CV = coeficiente de variação.

Constatou-se ainda, que mesmo as sementes de feijão comum não inoculadas, originaram plantas que desenvolveram nódulos. Segundo Silva et al. (2009) e Kaneko et al. (2010), a ocorrência de nódulos nas plantas testemunhas (não inoculadas) indica a existência de estirpes nativas de *Rhizobium* sp. no solo, capazes de fixar N₂ simbioticamente, que podem limitar o estabelecimento das estirpes inoculadas, geralmente mais eficientes. Outros pesquisadores, como Vieira et al. (2005), também observaram a nodulação de feijão comum devido à presença de população nativa de rizóbio nos solos. Por isso, é importante destacar que, quando se introduzem rizóbios selecionados via inoculante, não se exclui a possibilidade dos naturalmente presentes no solo (nativos) promoverem nodulação (Matoso e Kusdra, 2014).

O efeito da adubação nitrogenada aplicada nas sementes inoculadas evidencia a diminuição da massa seca de nódulos à medida que se aumenta a dose de N, assim como analisado para a característica número de nódulos. Pelegrin et al. (2009), Valadão et al. (2009), Silva et al. (2009) e Souza et al. (2011) verificaram que o N fornecido via adubação, em doses que variam de 60 a 350 kg ha⁻¹, reduziram o estabelecimento das bactérias simbiontes e, conseqüentemente, o número e a massa seca de nódulos. Esses resultados corroboram com os trabalhos de Souza et al. (2011), uma vez que aplicações de doses mais elevadas de N refletem em ação negativa sobre a nodulação, como é o caso de número e massa seca de nódulos, além da fixação de nitrogênio.

Em relação à massa seca da parte aérea, na ausência da adubação nitrogenada, a melhor média para essa característica foi obtida com a estirpe UFLA 02-127. Ao utilizar a dose de 40 kg de N ha⁻¹, o tratamento inoculado com a estirpe UFLA 02-127 obteve média similar ao inoculado com a SEMIA 4077. Destaca-se ainda, que a adição de 40 e 80 kg de N ha⁻¹ refletiu em incremento na produção de matéria seca da parte aérea. Esses resultados evidenciam que o uso de nitrogênio no solo é facilmente absorvido pelo sistema radicular do feijão comum, otimizando seu crescimento e acúmulo de massa seca (Valadão et al., 2009). Moraes et al. (2010) também verificaram que a matéria seca da parte aérea foi maior no tratamento que recebeu aplicação de N.

Os trabalhos de Soratto et al. (2006), Romanini Junior et al. (2007) e Souza et al. (2011) também comprovaram os efeitos positivos da adubação nitrogenada, mas com doses superiores às utilizadas nesse trabalho.

De acordo com Brito et al. (2011) as doses de nitrogênio influenciam a produção de matéria seca da parte aérea, pois a aplicação de adubação nitrogenada resulta em plantas mais altas e com massa seca superior à massa encontrada na ausência de N mineral. Por esse fato, a

massa seca da parte aérea é considerada um bom indicativo do estado nutricional das plantas, pois possibilita à cultura grande potencial de produção (Souza et al., 2008). Os resultados obtidos neste trabalho indicam que as estirpes testadas proporcionaram crescimento adequado da cultura.

As médias dos teores de N na parte aérea (TNPA) foram superiores com o emprego da adubação nitrogenada. A maioria dos tratamentos que recebeu a aplicação de 40 e 80 kg de N ha⁻¹ apresentou teores de nitrogênio na faixa considerada adequada para o feijão comum no período do florescimento, que segundo Malavolta et al. (1997) é de 3 a 5%. Segundo Fonseca et al. (2013), o teor de N na parte aérea é um dos indicativos de quão eficiente foi a absorção e assimilação do N, inclusive via fixação biológica – FBN.

Na ausência de N mineral, apenas o tratamento inoculado com a SEMIA 4077 resultou em menor TNPA. Quando realizou-se a aplicação de 40 kg de N ha⁻¹, a maior média para essa característica foi obtida pelo tratamento com a estirpe UFLA 02-127 e ao adicionar 80 kg de N ha⁻¹, as estirpes SEMIA 4077, UFLA 02-127 e UFLA 02-100 destacaram-se das demais. Araújo et al. (2007) verificaram maior TNPA do feijão comum, no tratamento inoculado, em relação à testemunha sem inoculação e adubação nitrogenada e em comparação ao tratamento sem inoculação com adição de 45 kg de N ha⁻¹ em cobertura.

Com relação ao acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA), de modo geral, as sementes inoculadas com as estirpes obtiveram ANPA superior comparada à testemunha não inoculada. Constatou-se que, quando não houve aplicação de N, a estirpe UFLA 02-127 promoveu um ANPA de 327,60g, mas com a utilização de 40 kg de N ha⁻¹ foram as estirpes UFLA 04-195 e SEMIA 4077 que obtiveram as melhores médias para essa característica. No entanto, com a adição de 80 kg de N ha⁻¹, destacaram-se as estirpes SEMIA 4077, UFLA 02-127 e UFLA 02-100. Ferreira *et al.* (2009) obtiveram valores de acúmulo de nitrogênio na parte aérea que variaram de 277,33 mg planta⁻¹ com a estirpe UFLA 02-68 a 309 mg planta⁻¹ com as estirpes UFLA 02-100 e UFLA 02-127. No entanto, na testemunha não inoculada, mas adubada com 80 kg de N ha⁻¹, o valor do ANPA foi de 357 mg planta⁻¹.

Em relação às características avaliadas no período de colheita (Tabela 2), a associação dos componentes primários do rendimento resulta na característica de maior importância econômica do feijão comum: a produtividade de grãos (PROD). A seguir, serão discutidos esses componentes: número de vagens por planta (NV), número de grãos por vagem (NGV) e massa de 100 grãos.

Referente ao número de vagens por planta, a dose de 40 kg de N ha⁻¹ foi mais responsiva quando associada à inoculação com a estirpe UFLA 02-100. Mas ao aplicar 80 kg

de N ha⁻¹, foram as estirpes UFLA 05-195 e UFLA 02-127 que contribuíram para a maior produção dessa característica, resultando em 12,40 e 11,02 vagens por planta, respectivamente. Biscaro et al. (2011) observaram que o número de vagens por planta foi influenciado pela aplicação de N e pela interação entre as doses de N e as estirpes.

Segundo Ramos et al. (2014), a adubação nitrogenada proporciona melhor nutrição da planta e, conseqüentemente, maior número e vagens por planta, e ainda, dentre os componentes primários do rendimento, o número de vagens por planta é o componente de produção que mais influencia a produtividade (Souza *et al.*, 2008), fato confirmado neste trabalho.

Tratando-se do número de grãos por vagem, observa-se que, na ausência de N mineral, o menor valor para essa característica foi obtido com o tratamento não inoculado, entretanto, ao utilizar 40 kg de N ha⁻¹, todas as estirpes tiveram bom desempenho, com exceção da UFLA 02-127.

Quanto à característica massa de 100 grãos, não verificou-se diferença significativa ($P>0,05$) entre os tratamentos. Resultado similar ao obtido por Kaneko et al. (2010) em seu trabalho com a cultivar Pérola, no qual não verificaram diferenças significativas na massa de 100 grãos entre os tratamentos com e sem inoculação.

Em relação à produtividade, verificou-se que, quando a cultivar não recebeu adubação nitrogenada, mas foi inoculada com as estirpes UFLA 04-195, SEMIA 4077, UFLA 02-127 e UFLA 02-100 houve um incremento de 490,48 (113%), 555,23(128%), 484,60 (111%) e 295,90 (68%) kg na produção de grãos, respectivamente, em comparação à testemunha absoluta que não recebeu adubação e inoculação. Ferreira *et al.* (2009) constataram aumento na produção de grãos de 329 kg (28%) com a inoculação da estirpe UFLA 02-68 na cultivar BRS-MG Talismã, evidenciando que a fixação biológica de nitrogênio pode suplementar ou até mesmo substituir a adubação nitrogenada na cultura do feijão, levando à possível redução nas doses de adubo nitrogenado sem prejudicar o rendimento de grãos. Do mesmo modo, Romanini Júnior *et al.* (2007) também verificaram que a inoculação com *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* realizada com a mistura das estirpes CM255 e CM01 (safra 2002) e CM225 e CM255 (safra 2003) contribuiu para o aumento na produtividade de grãos e obtiveram incremento superior a 17%.

Tabela 2 - Número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV) e produtividade de grãos (PROD) das cultivares IPR Tangará safras 2012/2013 e 2013/2014, IPR Tuiuiú safras 2012/2013 e 2013/2014 e IPR Eldorado safra 2013 de feijão comum, em função da aplicação de nitrogênio e inoculação de sementes com diferentes estirpes de rizóbio (Maringá, PR)

		IPR Tangará Safr 2012/2013			IPR Tuiuiú Safr 2012/2013			IPR Tangará Safr 2013/2014			IPR Tuiuiú Safr 2013/2014			IPR Eldorado Safr 2013		
Estirpes		0,0	40	80	0,0	40	80	0,0	40	80	0,0	40	80	0,0	40	80
NVP	Sem inoculação	6,80a	7,32b	6,60c	5,62c	7,70c	10,00a	9,27a	7,90c	13,96a	7,52b	10,69b	16,81a	9,07a	10,90a	11,30b
	UFLA 04-195	7,40a	7,12b	12,40a	5,12c	7,25c	8,55b	8,91a	7,56c	12,57b	7,21b	14,04a	14,54b	6,72b	11,17a	10,32c
	SEMIA 4077	5,92 a	4,72c	9,00b	6,45b	9,25a	9,55a	5,80b	12,30b	12,83b	8,43b	12,21b	12,18c	6,97b	10,07a	10,00c
	UFLA 02-127	5,77a	7,12b	11,02a	6,20b	6,32d	10,35a	9,53a	14,31a	12,45b	9,86a	13,03a	12,96c	7,50b	9,47b	12,75a
	UFLA 02-100	6,92a	11,52a	5,80c	7,42a	8,12b	9,35a	9,71a	13,80a	11,20c	10,05a	14,40a	11,13c	7,80b	8,02c	8,17d
CV*(%)		13,54			7,64			5,97			11,61			10,62		
NGV	Sem inoculação	2,45b	3,32a	3,22a	3,12b	3,40b	3,82a	2,51b	2,36c	2,67c	3,22a	2,72b	3,88a	3,75a	3,65a	3,57a
	UFLA 04-195	3,05a	3,00a	3,47a	3,62a	3,70a	3,72a	2,96a	2,19c	3,65a	3,19a	3,78a	3,45a	3,70a	3,50a	3,72a
	SEMIA 4077	3,25a	3,02a	3,02a	3,55a	3,75a	3,70a	2,36b	2,89b	3,43a	3,43a	3,52a	3,69a	3,67a	3,70a	3,67a
	UFLA 02-127	3,25a	2,62b	3,12a	3,62a	3,70a	3,40b	2,12c	3,33a	3,11b	3,08a	3,86a	3,85a	3,45a	3,77a	3,57a
	UFLA 02-100	3,50a	2,97a	3,25a	3,20b	3,25b	3,57b	2,71a	3,30a	3,36a	2,55b	3,69a	3,67a	3,70a	3,55a	3,35b
CV(%)		9,69			5,49			7,17			6,84			4,84		
PROD	Sem inoculação	433,52b	1233,25a	1531,25a	946,87b	1204,25b	1928,12a	975,51b	1081,72c	1449,42c	1523,58a	1827,22b	2286,34a	1550,02b	1813,26a	971,80b
	UFLA 04-195	924,00a	968,35a	1750,00a	1.076,25b	1302,12b	1698,50a	1062,11b	918,86c	2445,12a	1143,58a	2856,94a	2231,34a	1434,00b	1365,51b	1539,88a
	SEMIA 4077	988,75a	1286,87a	1249,37b	1003,12b	1710,11a	2040,00a	771,94 b	2205,80b	2043,90b	1576,50a	2585,46a	2233,02a	2492,82a	1581,17a	1512,50a
	UFLA 02-127	918,12a	1166,25a	1587,50a	916,67b	1641,65a	1965,62a	1535,00a	2485,93a	2131,92b	1504,10a	2740,10a	1562,58b	1505,68b	1465,42b	1575,67a
	UFLA 02-100	729,42a	1440,62a	965,62 c	1256,62 a	1475,37a	1781,25a	1630,16a	2216,06b	1629,54c	1623,42a	2753,51a	1580,74b	1453,28b	1234,68b	1181,92b
CV(%)		16,75			22,23			10,79			16,12			17,06		

Médias seguidas de letras iguais na coluna, para cada característica avaliada, pertencem ao mesmo agrupamento de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

*CV = coeficiente de variação.

Em trabalho realizado por Pelegrin et al. (2009), os autores verificaram que a adubação com 20 kg de N ha⁻¹, acrescida de inoculante com a estirpe SEMIA 4077 possibilitou a obtenção de produtividade de grãos na cultura do feijão comum de 3.339 kg ha⁻¹, o equivalente à aplicação de até 160 kg de N ha⁻¹. Ao utilizar 80 kg de N ha⁻¹, os tratamentos inoculados com as estirpes UFLA 04-195 e UFLA 02-127 resultaram nas melhores produtividades.

No entanto, ressalta-se ainda, que os valores de produtividade de grãos obtidos no presente trabalho foram superiores à média nacional que equivale a 913 kg ha⁻¹, de acordo com a Conab (2014).

CONCLUSÕES

As cultivares IPR Tangará e IPR Tuiuiú, que possuem ciclo médio mais longo, apresentaram maior potencial à nodulação comparadas à IPR Eldorado. A inoculação com as estirpes UFLA 04-195 e UFLA 02-127, nas cultivares IPR Tangará e IPR Tuiuiú, proporcionou as maiores médias de número e massa seca de nódulos, enquanto na cultivar IPR Eldorado a estirpe mais responsiva foi a UFLA 04-195.

A adubação nitrogenada afetou negativamente a nodulação, mas o aumento das doses de N influenciou de forma crescente a produtividade de grãos nas cultivares IPR Tangará, nas duas safras, e IPR Tuiuiú – safra 2012/2013. As estirpes UFLA 04-195 e UFLA 02-127 proporcionaram maior produtividade de grãos na cultivar IPR Tangará e constatou-se que a inoculação foi significativa para a cultivar IPR Tuiuiú. A SEMIA 4077 inoculada na IPR Eldorado, quando na ausência de N mineral, resultou na maior média de rendimento de grãos obtida pela cultivar.

AGRADECIMENTOS

CNPQ, CAPES, IAPAR, Fundação Araucária e a Dra. Fatima Maria de Souza Moreira e ao Dr. Bruno Lima Soares do Laboratório de Microbiologia do Solo/DCS – UFLA pela doação das estirpes.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, H.C. et al. Capacidade nodulatória e características agrônômicas de feijoeiros comum submetidos à adubação molíbdica parcelada e nitrogenada. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, n.2, p.214-221, 2012.
- ANDREWS, M.; LEA, P.J. Our nitrogen “footprint”: the need for increased crop nitrogen use efficiency. **Annals of Applied Biology**, v.163, n.2, p.165-169, 2013.

BISCARO, G.A. et al. Nitrogênio em cobertura e molibdênio via foliar no feijoeiro irrigado cultivado em solo de cerrado. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.33, n.4, p.665-670, 2011.

BRITO, M.M.P.; MURAOKA, T.; SILVA, E.C. Contribuição da fixação biológica de nitrogênio, fertilizante nitrogenado e nitrogênio do solo no desenvolvimento de feijão e caupi. **Bragantia**, v.70, n.1, p.206-215, 2011.

CARDOSO, J.D. et al. Relationship between total nodulation and nodulation at the root crown of peanut, soybean and common bean plants. **Soil Biology and Biochemistry**, v.41, p.1760-1763, 2009.

COMISSÃO TÉCNICA SUL-BRASILEIRA DE FEIJÃO. **Informações técnicas para o cultivo de feijão na Região Sul brasileira**. Florianópolis: Editora Epagri, 2012. 157p.

CONAB. **Acompanhamento as safra brasileira - grãos**. Disponível em: 'http://conab.gov.br/14_10_09_08_47_20_boletim_grãos_outubro_2014.pdf. Acesso em: 22 out. 2014.

DIAS, P.C. et al. Micorriza arbuscular e rizóbios no enraizamento e nutrição de mudas de angico-vermelho. **Revista Árvore**, v.36, n.6, p.1027-1037, 2012.

FAO. **Faostat database gateway**. Disponível em: 'http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor. Acesso em: 16 jul. 2013.

FERREIRA, P.A.A. et al. Inoculação com cepas de rizóbio na cultura do feijoeiro. **Ciência Rural**, v.39, n.7, p.2210-2212, 2009.

FONSECA, G. G. et al. Resposta de cultivares de feijoeiro-comum à inoculação das sementes com duas estirpes de rizóbio. **Bioscience Journal**, v.29, n.6, p.1778-1787, 2013.

HUNGRIA, M.; STACEY, G. Molecular signals exchanged between host plants and rhizobia: basic aspects and potential application in agriculture. **Soil Biology and Biochemistry**, v.29, n.5, p.819-830, 1997.

JENSEN, E.S. et al. Legumes for mitigation of climate change and feedstock in a bio-based economy – A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v.32, p.329-364, 2012.

KANEKO, F.H. et al. Mecanismos de abertura de sulcos, inoculação e adubação nitrogenada em feijoeiro em sistema plantio direto. **Bragantia**, v.69, n.1, p.125-133, 2010.

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

MATOSO, S.C.; KUSDRA, J.F. Nodulação e crescimento do feijoeiro em resposta à aplicação de molibdênio e inoculante rizobiano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.6, p.567-573, 2014.

MODA-CIRINO, V.; et al. Plant breeding at Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.52, p.25-30, 2012.

MORAES, W.B. et al. Avaliação da fixação biológica do nitrogênio em genótipos de feijoeiros tolerantes a seca. **Idesia**, 28(1):61-68, 2010.

PELEGRIN, R. et al. 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.

RAMOS, D.P. et al. Adubação nitrogenada no feijoeiro comum irrigado em diferentes épocas, com e sem parcelamento das doses. **Biotemas**, v.27, n.1, p.9-21, 2014.

ROMANINI JUNIOR, A. et al. Avaliação da inoculação de rizóbio e adubação nitrogenada no desenvolvimento do feijoeiro, sob sistema plantio direto. **Bioscience Journal**, v.23, p.4, p.74-82, 2007.

SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1979. 55p.

SCOTT, A.J.; KNOTT, M. A cluster analysis methods for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v.30, n.3, p. 507-512, 1974.

SILVA, E.F. et al. Inoculação do feijoeiro com *Rhizobium tropici* associada a exsudato de *Mimosa flocculosa* com diferentes doses de nitrogênio. **Bragantia**, v.68, n.2, p.443-451, 2009.

SOARES, A.L.L. et al. Eficiência agrônômica de rizóbios selecionados e diversidade de populações nativas nodulíferas em Perdões, MG – II-Feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.30, p.803-811, 2006.

SORATTO, R.P.; CARVALHO, M.A.C.; ARF, O. Nitrogênio em cobertura no feijoeiro cultivado em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.259-265, 2006.

SOUZA, E.F.C.; SORATTO, R. P.; PAGANI, F.A. Aplicação de nitrogênio e inoculação com rizóbio em feijoeiro cultivado após milho consorciado com braquiária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.370-377, 2011.

SOUZA, R.A. et al. Conjunto mínimo de parâmetros para avaliação da microbiota do solo e da fixação biológica do nitrogênio pela soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.83-91, 2008.

VALADÃO, F.C.A. et al. Inoculação das sementes e adubação nitrogenada e molíbdica do feijoeiro-comum, em Rolim de Moura, RO. **Acta Amazônica**, v.39, p.741-748, 2009.

VIEIRA, R. F.; TSAI, S.M.; TEIXEIRA, M. A. Nodulação e fixação simbiótica de nitrogênio em feijoeiro com estirpes nativas de rizóbio, em solo tratado com iodo de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, p.1047-1050, 2005.