

SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS

INOCULAÇÃO DO FEIJOEIRO COM *RHIZOBIUM TROPICI* ASSOCIADA À EXSUDATO DE *MIMOSA FLOCCULOSA* COM DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO ⁽¹⁾

EULENE FRANCISCO DA SILVA ⁽²⁾; MARLENE ESTEVÃO MARCHETTI ^(3*);
LUIZ CARLOS FERREIRA DE SOUZA ⁽³⁾; FÁBIO MARTINS MERCANTE ⁽⁴⁾;
EDSON TALARICO RODRIGUES ⁽⁵⁾; ANTONIO CARLOS TADEU VITORINO ⁽³⁾

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da inoculação de rizóbio, associada à adição de exsudatos de sementes de *Mimosa flocculosa*, e/ou de N-mineral nas características agronômicas do feijoeiro, em sucessão à soja e ao milho. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições, sendo os tratamentos dispostos em parcelas sub-subdivididas. As culturas soja e milho antecessoras à cultura do feijoeiro formaram as parcelas. As subparcelas foram constituídas pelos tratamentos: testemunha sem inoculação, inoculação de *Rhizobium tropici*, estirpes CIAT 899 e PRF 81 e a associação deste com os exsudatos das sementes de *Mimosa flocculosa*. As sub-subparcelas constituíram-se de quatro doses de N aplicadas em cobertura: 0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹. A inoculação de rizóbio associada à adição de exsudato de sementes de *Mimosa flocculosa* contribuiu para o melhor desenvolvimento da parte aérea do feijoeiro. A adubação nitrogenada reduziu, de forma linear, a nodulação do feijoeiro. O milho como cultura antecessora ao feijão contribuiu para o aumento do peso de 100 grãos e a adição de N combinado não contribuiu para o aumento do número de vagens por planta e produtividade de grãos do feijoeiro, independente da dose utilizada.

Palavras-chave: Adubação, *Phaseolus vulgaris*, simbiose, fixação biológica de N₂.

⁽¹⁾ Dissertação apresentada pela primeira autora ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD). Recebido para publicação em 28 de agosto de 2007 e aceito em 28 de novembro de 2008.

⁽²⁾ Engenheira Agrônoma, Mestre em Agronomia. E-mail: eulene_silva@yahoo.com.br

⁽³⁾ Faculdade de Ciências Agrárias/UFGD, Caixa Postal 533, 79804-970, Dourados (MS). E-mail: emarche@ufgd.edu.br (*)
Autora correspondente.

⁽⁴⁾ Embrapa Agropecuária Oeste, Caixa Postal 661, 79804-970 Dourados (MS).

⁽⁵⁾ Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul, Rodovia Aquidauna-CEPA, Km 12, Bairro Camisão, 79200-000 Aquidauana (MS).

ABSTRACT

RHIZOBIUM TROPICI ASSOCIATED WITH MIMOSA FLOCCULOSA EXUDATES INOCULATION EFFECT ON BEAN PLANTS UNDER DIFFERENT NITROGEN RATES

The aim of this work was to evaluate the effect of the *Rhizobium* inoculation, associated with seed exudates of *Mimosa flocculosa*, under different rates of nitrogen fertilization was evaluated in bean crops following soybean (*Glycine max* L. Merrill) and corn (*Zea mays* L.). The experimental design was randomized blocks with four replications, with treatments arranged in sub-divided parcels. The parcels were constituted of two summer crops preceding the common bean crop: soybean and corn. In the sub-parcels three treatments involving inoculation of the common bean seeds were considered: control treatment without inoculation; bean seeds inoculated with *Rhizobium tropici*, strains CIAT 899 and PRF 81, and the association of *Rhizobium* with the exudates of the *Mimosa flocculosa* seeds. The sub-subparcels received of four doses of nitrogen fertilization applied on covering: 0, 40, 80 and 120 kg ha⁻¹ N. The inoculation of *Rhizobium* associated with the addition of exudates of *Mimosa flocculosa* seeds resulted in higher shoot dry weight. Besides that, the nitrogen fertilization, on the tested doses, reduced, in a linear way, the nodulation of the bean plant. It was also verified that corn as a preceding crop for bean has contributed to the increase of the weight of 100 grains, while the addition of combined N did not contribute to the improvement on the number of beans per plant, neither of the grain yield of bean plants, independent of the dose that was used.

Key words: Fertilization, *Phaseolus vulgaris*, symbiosis, biological nitrogen fixation.

1. INTRODUÇÃO

O feijoeiro se constitui em importante cultura de subsistência e principal fonte de proteínas na dieta humana de populações pobres especialmente na América Latina e África. No Brasil é cultivado em vastas áreas, embora com baixos níveis de produtividade, em média 822 kg ha⁻¹, uma vez que, grande parte da produção está ligada a pequenas e médias propriedades, geralmente utilizando baixo nível tecnológico (CONAB, 2007; STRALIOTTO, 2002). Entre as tecnologias indicadas para o aumento da produtividade está a adubação nitrogenada (VALÉRIO et al., 2003; BARBOSA FILHO et al., 2005; BINOTTI et al., 2007).

Todavia, considerando a baixa eficiência no uso do fertilizante nitrogenado, exigindo aplicações cada vez mais freqüentes que elevam os custos de produção, e os problemas ambientais causados pela sua utilização, a fixação biológica de nitrogênio (FBN) tem importância destacada, representando a alternativa viável para o fornecimento de N à cultura. Apesar do conceito geral de que há baixa capacidade fixadora no feijoeiro, os resultados de pesquisa, obtidos em condições de campo, indicam ser possível que a planta se beneficie da inoculação com o rizóbio, atingindo níveis de produtividade entre 1.500 e 2.000 kg ha⁻¹ (STRALIOTTO, 2002).

O conhecimento de que *R. tropici* proporciona maior estabilidade genética, permitiu a recomendação dessa espécie para a cultura do feijoeiro (HUNGRIA e ARAUJO, 1995; HUNGRIA et al., 2003). Essas estirpes possuem diversas características agronomicamente importantes para as condições tropicais, como

tolerância a temperaturas elevadas, toxidez de alumínio, acidez elevada e altos níveis de antibiótico (MARTINEZ-ROMERO et al., 1991). Entretanto, diversos fatores ambientais podem limitar a fixação biológica de N₂ (FBN) na interação *Rhizobium*-feijoeiro, interferindo nas atividades fisiológicas de cada um dos parceiros envolvidos (HUNGRIA et al., 1993).

Uma alternativa para promover incrementos na nodulação e, conseqüentemente, na eficiência da FBN, consiste na utilização de moléculas bioativas, presentes em exsudatos de plantas, capazes de promover um efeito sinérgico na nodulação do feijoeiro (MERCANTE et al., 2002). HUNGRIA et al. (1992) observaram aumento na transcrição dos genes da nodulação de *R. leguminosarum* bv. *phaseoli* pela ação sinérgica entre a malvidina, principal indutor das sementes de feijão, e a genisteína, indutor mais ativo das raízes. Do mesmo modo, observou-se aumento na nodulação do feijoeiro quando consorciado com *Mimosa flocculosa* e submetido à inoculação com estirpes de *R. tropici* (CUNHA, 1992).

Estudando o estabelecimento da nodulação do feijoeiro na presença de exsudatos de sementes de *Mimosa flocculosa* e *Leucaena leucocephala*, MERCANTE e FRANCO (2000) verificaram que com tais exsudatos houve aumentos significativos na nodulação da planta. Nos testes "in vitro", utilizando estirpes marcadas com gene *gusA*, a mistura de exsudatos de sementes de feijoeiro e *M. flocculosa* também promoveu aumentos significativos na expressão dos genes da nodulação, tanto de estirpes de *R. tropici* como de *R. etli*. O número limitado de estudos e a falta de conhecimento em condições de campo

motivaram esta pesquisa, que teve por objetivo avaliar os efeitos da inoculação com estirpes de *R. tropici* associada à adição de exsudatos de sementes de *Mimosa flocculosa* na cultura do feijoeiro em sucessão aos cultivos de soja e milho.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no período de março a julho de 2003, no campo experimental da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, em Dourados (MS), situado na latitude 22° 14' S,

longitude de 54° 49' W e a 452 metros de altitude. O clima da região é do tipo Mesotérmico úmido, de acordo com a classificação de Köppen. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico, originalmente sob vegetação de cerrado, do qual foram coletadas amostras na profundidade de 0 – 20 cm para obtenção das características químicas, determinadas segundo EMBRAPA (1997) (Tabela 1). As precipitações pluviométricas registradas durante o desenvolvimento da pesquisa e as temperaturas estão relacionadas na Figura 1.

Tabela 1. Atributos químicos da amostra de solo da área experimental, na profundidade de 0- 20 cm, em Dourados (MS)

Atributos	Extrator/determinação	Resultados - parcela soja	Resultados - parcela milho
pH (1:2,5)	CaCl ₂ 2H ₂ O	5,1	5,3
M.O. (gdm ⁻³)	Walkley-Black	35,6	36,8
P (mg dm ⁻³)	Mehlich 1	16,0	16,1
K ⁺ (mmol _c dm ⁻³)	Mehlich 1	2,5	2,5
Ca ²⁺ (mmol _c dm ⁻³)	KCl 1 mol L ⁻¹	46,3	48,2
Mg ²⁺ (mmol _c dm ⁻³)	KCl 1 mol L ⁻¹	18,2	16,5
Al ³⁺ (mmol _c dm ⁻³)	KCl 1 mol L ⁻¹	1,2	1,8
H ⁺ + Al ³⁺ (mmol _c dm ⁻³)	Acetato de cálcio	49,0	47,5
Soma de Bases (mmol _c dm ⁻³)	-	67,0	67,2
CTC (mmol _c dm ⁻³)	-	116,0	114,7
V (%)	-	57,8	58,59

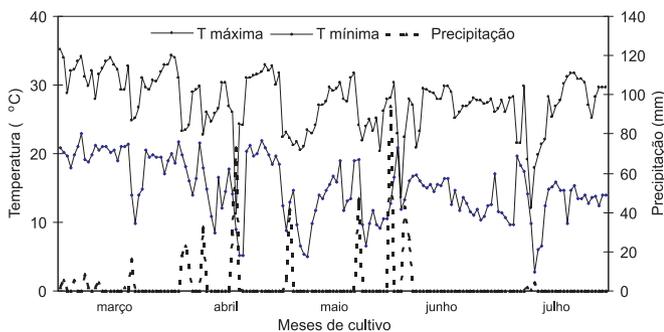


Figura 1. Médias mensais de temperaturas (°C) máximas e mínimas, e precipitações pluviométricas ocorridas no período de março a julho de 2003, no município de Dourados (MS).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições, e os tratamentos dispostos em parcelas sub-subdivididas. As parcelas foram constituídas de

duas culturas de verão antecessoras à cultura do feijão: soja (*Glycines max* L. Merrill) e milho (*Zea mays* L.). Nas subparcelas, foram aplicados três tratamentos envolvendo a inoculação das sementes de feijão: (a) testemunha sem inoculação; (b) inoculação das sementes de feijão com as estirpes CIAT 899 + PRF 81 de *Rhizobium tropici* e (c) associação do inoculante contendo as estirpes de rizóbio acima mencionadas com a adição de exsudatos de sementes de *Mimosa flocculosa*. As sub-subparcelas foram constituídas de quatro doses de adubação nitrogenada: 0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹ de N, tendo como fonte a uréia, sendo aplicados 40 kg ha⁻¹ de N na semeadura para todos os tratamentos, exceto a testemunha e, o restante, aplicado em cobertura no estágio V6 (seis trifólios). Cada parcela media 36 metros de comprimento por 10 metros de largura e as subparcelas eram compostas por seis linhas de feijão com 36 metros de comprimento. As sub-subparcelas foram sorteadas ao acaso dentro das subparcelas, sendo representadas por seis linhas de feijoeiro com 5 m de comprimento.

Para a obtenção dos exsudatos das sementes de *Mimosa flocculosa*, foram adotados os procedimentos utilizados por MERCANTE e FRANCO (2000). As sementes foram submetidas à inoculação utilizando-se 100g de inoculante turfoso contendo as estirpes CIAT 899 e PRF 81 de *Rhizobium tropici*, para 10 kg de sementes de feijoeiro. Para melhor aderência do inoculante, foram adicionados às sementes 36 mL de solução açucarada, a 10%. No tratamento com adição de exsudatos de sementes de *M. flocculosa*, adicionaram-se 60 mL do exsudato para cada 10 kg de semente.

O feijão do grupo Carioca variedade IAPAR 81 foi semeado mecanicamente em 14 de março de 2003, obedecendo aos tratamentos de inoculação das sementes, utilizando-se uma semeadora equipada para plantio direto, com três linhas de semeadura, espaçadas 0,45 m entre si, regulada para distribuir 300 kg ha⁻¹ da fórmula 00-20-20 e densidade de 12 sementes por metro linear.

No florescimento, foram coletadas cinco plantas inteiras em linha contínua, logo após a bordadura, para obtenção da massa seca da parte aérea, teor de N da parte aérea, segundo MALAVOLTA et al. (1997), número e massa de nódulos secos. Após a maturação fisiológica, foram colhidas as plantas das duas linhas centrais de 5 m de comprimento dentro de cada sub-subparcela, as quais foram trilhadas para debulha das vagens; os grãos foram pesados, e a produção estimada para kg ha⁻¹. Durante a colheita, foram amostradas aleatoriamente cinco plantas por parcela, determinando-se o número de vagens por planta.

Para os procedimentos estatísticos, utilizou-se o aplicativo computacional SAEG 5 (RIBEIRO JÚNIOR, 2001). Os dados foram submetidos à análise de variância e quando houve significância pelo teste F, compararam-se as médias entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Para os dados quantitativos, foi realizada a análise de regressão, até 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando as características agronômicas observa-se que, com relação à massa seca da parte aérea das plantas de feijoeiro, houve influência (p<0,05) apenas da inoculação, e a maior produção foi observada quando se utilizou a inoculação associada aos exsudatos de sementes de *Mimosa flocculosa* (Tabela 2). Isso ocorreu, provavelmente, devido ao estímulo dado à nodulação do feijoeiro pelos compostos presentes nos exsudatos utilizados.

Tal estímulo pode ter ocorrido em função do efeito sinérgico promovido pelo aumento de indutores dos genes da nodulação do rizóbio, conforme sugerido por outros autores (MERCANTE e FRANCO, 2000).

Tabela 2. Massa seca da parte aérea do feijoeiro, em função da inoculação

Tratamento	Massa seca da parte aérea g planta ⁻¹
Inoculação + <i>Mimosa flocculosa</i>	17,4 a
Inoculação	15,5 b
Testemunha	14,9 b

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Apesar de não ter sido estatisticamente diferente, o número e a massa nodular das raízes, no tratamento que também recebeu exsudatos de sementes de *M. flocculosa*, em magnitude, foi superior aos demais tratamentos, independentemente da sucessão à soja ou ao milho (Tabela 3). Isso pode ter contribuído para maior eficiência do processo de fixação biológica de N₂ e, conseqüentemente, melhor desenvolvimento das plantas.

Com relação ao número e à massa seca de nódulos, verificou-se efeito significativo (p<0,01) apenas para as doses de N aplicadas às plantas. A massa seca e o número de nódulos decresceram linearmente, à medida que houve aumento da adubação nitrogenada nas doses estudadas (Figura 2). FERREIRA et al. (2000), estudando estirpes de *Rhizobium tropici* na inoculação do feijoeiro, observaram que nos tratamentos não inoculados que receberam adubação nitrogenada havia menor número de nódulos, confirmando o efeito negativo da adubação nitrogenada na nodulação. Esses resultados concordam com os de MENDES et al. (1998), os quais observaram diminuição da nodulação em presença de adubação nitrogenada. Este fato também foi observado por TRICHANT e RIGAUF (1984), demonstrando que com a aplicação de N-nitrato na concentração de 3 mM ocorreu redução no fornecimento de poder redutor para a dinitrogenase, contribuindo para a redução na fixação de N₂.

Em relação ao efeito do N sobre a massa nodular por planta, existe uma faixa na concentração de nitrato foliar (4 a 14 mM), na qual se observaram grandes reduções no tamanho do nódulo. De acordo com STREETER (1988), o desenvolvimento do nódulo é mais influenciado pelo nitrato do que pelo amônio. Em geral, as doses de fertilizante nitrogenado influenciam a nodulação a partir de 40 kg ha⁻¹ N ou 5 mM de N mineral, principalmente em solos marginais e de baixa fertilidade (TSAI et al., 1993).

Tabela 3. Número de nódulos, massa seca de nódulos, teor de N foliar e teor de N nos grãos de feijoeiro, em função de diferentes doses de adubação nitrogenada e inoculação de *R. tropici* acrescida ou não de exsudatos de sementes de *Mimosa flocculosa* (Mf), em sucessão às culturas de soja e milho

Tratamentos	Doses de N (kg ha ⁻¹)				Média
	0	40	80	120	
Número de nódulos					
Sucessão Soja					
Testemunha	62,5	53,5	43,4	37,1	49,1 A
Inoculação	59,9	43,1	33,8	27,5	41,4 A
Inoc + Mf	62,4	51,4	56,7	37,5	51,9 A
Média	61,6 a	49,3 a	44,6 a	34,1 a	47,4 A
Sucessão Milho					
Testemunha	41,3	53,7	38,1	22,8	38,9 A
Inoculação	31,7	49,7	32,5	19,6	33,4 A
Inoc + Mf	48,7	56,8	29,8	27,8	40,8 A
Média	40,5 a	52,4 a	33,5 a	25,4 a	37,9 A
Massa de nódulos secos (mg planta ⁻¹)					
Sucessão Soja					
Testemunha	87,0	69,8	75,3	54,0	71,5 A
Inoculação	72,5	58,8	48,3	74,3	63,4 A
Inoc + Mf	79,3	88,3	76,7	59,3	79,9 A
Média	79,6 a	72,3 a	66,7 a	62,5 a	71,6 A
Sucessão Milho					
Testemunha	81,3	97,8	69,0	45,8	73,4 A
Inoculação	58,0	76,8	56,3	37,8	57,2 A
Inoc + Mf	89,8	94,8	59,9	49,9	73,6 A
Média	76,3 a	89,8 a	61,7 a	44,5 a	68,2 A
Teor de N foliar (g kg ⁻¹)					
Sucessão Soja					
Testemunha	33,9	33,7	36,3	35,9	34,9 A
Inoculação	36,2	38,4	36,9	35,4	36,7 A
Inoc + Mf	35,0	32,9	31,4	32,8	33,1 A
Média	35,1 a	35,1 a	34,9 a	34,7 a	34,9 A
Sucessão Milho					
Testemunha	28,6	29,9	32,5	30,6	30,4 A
Inoculação	31,2	36,2	34,2	35,4	34,2 A
Inoc + Mf	30,4	35,3	36,8	34,0	34,1 A
Média	30,1 a	33,8 a	34,5 a	33,3 a	32,9 A
Teor de N nos grãos (g kg ⁻¹)					
Sucessão Soja					
Testemunha	37,9	37,2	36,4	38,9	37,6 A
Inoculação	38,7	36,4	37,4	39,2	37,9 A
Inoc + Mf	38,1	37,3	34,4	38,8	37,1 A
Média	38,2 a	36,9 a	36,1 a	38,9 a	37,6 A
Sucessão Milho					
Testemunha	35,4	37,1	37,9	38,8	37,3 A
Inoculação	38,6	36,3	38,6	37,3	37,7 A
Inoc + Mf	37,5	33,6	35,3	33,6	34,9 A
Média	37,2 a	35,7 a	37,3 a	36,5 a	36,2 A

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

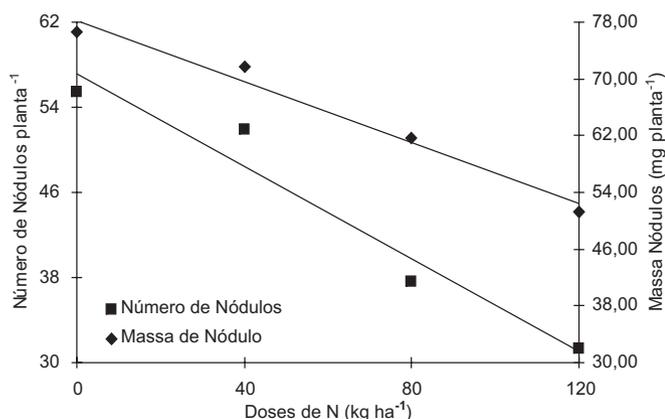


Figura 2. Massa e número de nódulos do feijoeiro, grupo Carioca variedade IAPAR 81, em função das doses de N.

MERCANTE e FRANCO (2000) citaram evidências de que determinados hormônios da planta poderiam estar envolvidos no controle da nodulação, quando o N foi adicionado, como o ácido indol acético (AIA), necessário para o processo de infecção, o qual pode ser destruído pelo nitrito formado pela adição de nitrato.

Verificou-se aumento em magnitude na massa seca e no número de nódulos por planta, quando adicionados exsudatos das sementes de *Mimosa flocculosa*, fato que, provavelmente, contribuiu para o maior desenvolvimento da parte aérea das plantas (Tabela 3). Por outro lado, nenhum tratamento influenciou significativamente o teor de N na parte aérea das plantas nem nos grãos. Os teores de N na parte aérea situaram-se entre 30 e 35 g kg⁻¹ e nos grãos entre 35 a 38 g kg⁻¹ de N, considerados adequados para um desempenho satisfatório da cultura. Segundo OLIVEIRA e THUNG (1988), nas folhas, o teor de N varia de 15,4 a 51,0 g kg⁻¹, e nos caules, está normalmente entre 11,0 e 32,0 g kg⁻¹. RAIJ et al. (1996) verificaram faixa mais estreita para o teor foliar de N considerada adequada para feijoeiro, situada entre 30 a 50 g kg⁻¹. DOURADO NETTO e FANCELLI (2000) verificaram que os teores críticos de N nas folhas do feijoeiro estão compreendidos entre 20,0 e 30,0 g kg⁻¹.

Com relação ao teor de N nos grãos, PESSOA et al. (1996) relataram que, com 34,7 g kg⁻¹ de N no grão, não há deficiência desse elemento na planta. Como podem ser observados na tabela 3, os teores de N nos grãos e na parte aérea da planta do feijoeiro estão acima dos teores críticos constatados por diversos autores, não tendo sido

limitantes para a produção da cultura. Esses resultados reforçam a indicação da ocorrência de estirpes nativas de rizóbio com elevada eficiência simbiótica com o feijoeiro.

Para o número de vagens por planta, não se verificou diferença significativa ($p < 0,05$) para sucessão de cultura, para a inoculação, doses de N e suas interações. Apesar de o número de vagens por planta ser uma característica controlada geneticamente, CORRÊA (1999), estudando adubação nitrogenada em solos de várzea, verificou respostas significativas dessa característica para as doses de N aplicadas em diferentes tipos de solo; além disso, observou relação direta com a produção de grãos. TEIXEIRA (1998) também observou que o número médio de vagens por planta foi semelhante nas três safras (inverno-primavera, seca e das águas); na safra das águas houve a estimativa de 7,6 vagens por planta, contra 8,3 vagens por planta nas demais safras. Entretanto, o incremento da dose de N resultou em acréscimo linear no número de vagens. Os acréscimos podem ser devido à maior altura de plantas e/ou à maior emissão de ramos reprodutivos.

Quando as sementes de feijão foram submetidas à inoculação com rizóbio e com exsudato de *M. flocculosa*, houve aumento na massa seca da parte aérea, porém, esse crescimento não influenciou no aumento do número de vagens por planta, provavelmente, devido à baixa temperatura ocorrida na época do florescimento (Figura 1). Segundo FANCELLI e DOURADO NETTO (2001), quando há predominância de temperaturas baixas no florescimento, o processo de fecundação de flores pode ser afetado.

A germinação do pólen do feijoeiro é reduzida em temperaturas inferiores a 10 °C, ao passo que temperaturas abaixo de 16,8 °C concorrem para a redução do crescimento do tubo polínico, interferindo no processo de fertilização.

As espécies de plantas de cobertura do solo proporcionam efeito residual variável. Analisando-se a massa de cem grãos, observou-se diferença significativa ($p < 0,01$) apenas com relação às sucessões de culturas.

A maior massa de cem grãos foi obtida quando o feijão teve o milho como cultura antecessora (27,2 g), em relação à soja (26,6 g) (Tabela 4). CÔRREA (2002), estudando a caracterização e análise genética de genótipos de feijoeiro comum em Dourados (MS), observou que, em média, a massa de cem grãos oscilou entre 15,18 e 27,20 g, dependendo do cultivar.

Tabela 4. Número de vagens por planta, massa de cem grãos e rendimento de grãos da cultura de feijoeiro, em função de diferentes doses de adubação nitrogenada e inoculação de *R. tropici*, em sucessão à cultura de soja ou milho

Tratamentos	Doses de N (kg ha ⁻¹)				Média
	0	40	80	120	
Número de vagens/ planta					
Sucessão Soja					
Testemunha	13,2	13,3	13,3	13,6	13,3 A
Inoculação	12,6	12,9	13,1	13,2	12,9 A
Inoc + Mf	13,1	13,2	12,9	13,2	13,1 A
Média	12,9 a	13,2 a	13,1 a	13,3 a	13,1 A
Sucessão Milho					
Testemunha	13,0	13,3	13,1	13,3	13,2 A
Inoculação	13,2	13,1	12,8	13,3	13,1 A
Inoc + Mf	13,2	13,4	12,8	12,9	13,1 A
Média	13,2 a	13,3 a	12,9 a	13,2 a	13,1 A
Massa de cem grãos (g)					
Sucessão Soja					
Testemunha	27,0	26,1	26,1	27,7	26,7 A
Inoculação	29,9	25,8	26,6	25,9	26,9 A
Inoc + Mf	25,4	26,5	26,3	26,0	26,0 A
Média	27,4 a	26,1 a	26,1 a	26,6 a	26,6 A
Sucessão Milho					
Testemunha	26,9	26,4	26,6	26,9	26,7 A
Inoculação	27,4	27,3	27,8	28,5	27,8 A
Inoc + Mf	26,8	27,6	27,6	26,9	27,2 A
Média	27,1 a	27,1 a	27,3 a	27,4 a	27,2 A
Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)					
Sucessão Soja					
Testemunha	2500	2258	2375	1833	2242 A
Inoculação	2235	1935	2349	2223	2186 A
Inoc + Mf	2053	2054	2463	2347	2229 A
Média	2263 a	2082 a	2396 a	2134 a	2219 A
Sucessão Milho					
Testemunha	2088	2127	2328	2789	2333 A
Inoculação	2381	2296	2448	2454	2395 A
Inoc + Mf	2255	2162	2219	2501	2284 A
Média	2241 a	2195 a	2332 a	2581 a	2337 A

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Com relação à produtividade do feijoeiro, a análise de variância não detectou diferença estatística significativa entre a sucessão soja e milho, a inoculação, adubação nitrogenada e suas interações. Em geral, a produtividade de grãos da cultura de feijoeiro foi, em magnitude, superior, quando a cultura antecessora foi o milho (2.337 kg ha⁻¹). WUTKE et al. (1998) avaliaram o efeito residual de culturas graníferas e adubos verdes, e a produtividade média obtida pelo feijoeiro irrigado foi de 1.826 kg ha⁻¹ após o milho.

Analisando a testemunha absoluta (sem N e sem inoculação), nota-se que a produtividade (2.500 kg ha⁻¹) foi superior, em magnitude, aos demais tratamentos, exceto na rotação com milho, na dosagem de 120 kg ha⁻¹ de N (2.581,2 kg ha⁻¹) (Tabela 4). A ausência de diferenças significativas entre os diferentes tratamentos indica ser as estirpes de rizóbio nativas presentes no solo de elevada eficiência no processo simbiótico com o feijoeiro.

Além disso, observou-se que a adubação com N mineral não contribuiu para o aumento de rendimento de grãos, independentemente da dose utilizada. FERREIRA et al. (2000), estudando estirpes de *Rhizobium*, concluíram que a inoculação de estirpes eficientes de *Rhizobium* em cultivar nodulante de feijoeiro ou seu cultivo em solos com população nativa eficiente pode possibilitar a não-utilização de nitrogênio em cobertura na cultura do feijoeiro, sem afetar a produtividade.

4. CONCLUSÕES

1. A inoculação de rizóbio associada à adição de exsudato de sementes de *Mimosa flocculosa* contribui para o melhor desenvolvimento da parte aérea do feijoeiro.

2. A adubação nitrogenada nas doses testadas reduz, de forma linear, a nodulação do feijoeiro, no entanto, não contribui para o aumento do número de vagens por planta e produtividade de grãos do feijoeiro, independentemente da dose utilizada.

3. O milho como cultura antecessora ao feijão contribui para o aumento da massa de cem grãos.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA FILHO, M.P.; FAGERIA, N. K.; SILVA, O.F. Fontes, doses e parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura para feijoeiro comum irrigado. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 29, p.69-76, 2005.
- BINOTTI, F.F.S.; ARF, O.; ROMANINI JUNIOR, A.; FERNANDES, F.A.; SÁ, M.E.; BUZZETTI, S. Manejo do solo e da adubação nitrogenada na cultura de feijão de inverno e irrigado. *Bragantia*, Campinas, v.66, p.121-129, 2007.
- CONAB (Campanha Nacional de Abastecimento). **Indicadores da Agropecuária. SAFRAS 2006/2007 – GRÃOS. Série Históricas: Feijão total (Safrá 1, 2, 3 safras)**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/FeijaoTotalSerieHist.xls>. Acesso em 1.º de julho de 2007.
- CORRÊA, F.S. **Adubação nitrogenada e níveis críticos foliares de nitrogênio em feijoeiro cultivado em solos de várzea**. 1999. 45f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- CÔRREA, A.M. **Caracterização e análise genética de genótipos de feijoeiro comum**. 2002. 92f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Dourados.
- CUNHA, C.O. **Rhizobia nodulating *Phaseolus vulgaris* and legumes trees: study of some aspects dealing with heat tolerance and nodulation control**. 1992. 98p. Dissertação. (Mestrado) - Catholic University of Leuven, Bélgica.
- DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A.L. **Produção de feijão**. Guaíba: Agropecuária, 2000. p.385.
- EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. Ecofisiologia: Implicações práticas de manejo. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Sistema de produção de feijão irrigado**. Piracicaba: Departamento de Produção Vegetal, ESALQ, USP, 2001. p.196-211.
- FERREIRA, A.N.; ARF, O.; CARVALHO, M.A.C., ARAÚJO, R.S.; SÁ, M.S., BUZZETTI, S. Estirpes de *Rhizobium tropici* na inoculação do feijoeiro. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v.57, n.3, p.507-512, 2000.
- HUNGRIA, M.; ARAUJO, R.S. Relatos da VI Reunião de Laboratórios para recomendação de estirpes de *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*. In: HUNGRIA, M.; BALOTA, E.L.; COLOZZI FILHO, A.; ANDRADE, D.S. (eds). **Microbiologia do solo: desafios para o século XXI**. Londrina: IAPAR/EMBRAPA-CNPQ, 1995. p.476-489.
- HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C. Benefits of inoculation of the common bean (*Phaseolus vulgaris*) crop with efficient and competitive *Rhizobium tropici* strains. **Biology and Fertility of Soils**, New York, v.39, p.88-93, 2003.
- HUNGRIA, M.; FRANCO, A.A.; SPRENT, J.L.; New sources of high-temperature tolerant rhizobia of *Phaseolus vulgaris* L. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.149, p.103-109, 1993.
- HUNGRIA, M.; JOHNSTON, A.W.B.; PHILLIPS, D.A. Effects of flavonoids released naturally from bean (*Phaseolus vulgaris* L.) on *nod-D* regulated gene transcription in *Rhizobium leguminosarum* bv *phaseoli*. **Molecular Plant-Microbe Interaction**, Saint Paul, v.5, p.199-203, 1992.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 210p.
- MARTÍNEZ-ROMERO, E.; SEGOIA, L.; MERCANTE, F.M.; FRANCO, A.A.; GRAHAM, P.; PARDO, M.A. *Rhizobium tropici*, a novel species nodulating *Phaseolus vulgaris* L. beans and *Leucaena* spp. trees. **International Journal of Systematic Bacteriology**, Washington, v.5, p.417-426, 1991.
- MENDES, L.C.; VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M. Adubação nitrogenada e inoculação do feijoeiro em solo dos cerrados. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2., Caxambu, 1998. **Resumos...** Caxambu: Universidade Federal de Lavras, 1998. p.202.

MERCANTE, F.M.; GOI, S.R.; FRANCO, A.A. Importância dos compostos fenólicos nas interações entre espécies leguminosas e rizóbios. **Revista Universidade Rural**, Rio de Janeiro, v.22, n.1, p.65-81, 2002. (Série Ciência e Vida)

MERCANTE, F.M.; FRANCO, A.A. Expressão dos genes *nod* de *Rhizobium tropici*, *R. etli*, e *R. leguminosarum* bv. *Phaseoli* e estabelecimento da nodulação do feijoeiro na presença de exsudatos de sementes de *Mimosa flocculosa* e *Leucaena leucocephala*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.2, p.301-310, 2000.

OLIVEIRA, S.A.D.; THUNG, M.R.T.; Nutrição mineral. In: ZIMMERMANN, M. J. O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Ed.). **Cultura do feijoeiro**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1988. p.175-212.

PESSOA, A.C.S.; LELLING, C.R.S.; POZZEBON, E.J.; KONIG, O. O. Concentração e acumulação de nitrogênio, fósforo e potássio pelo feijoeiro cultivado sob níveis de irrigação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.26, n.1, p.69-74, 1996.

RAIJ, B. Van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. et al. (Ed.). **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: IAC, 1996. 285p. (Boletim técnico 100)

RIBEIRO JÚNIOR, J.I. **Análises estatísticas no SAEG**. Viçosa: UFV, 2001. 301p.

STRALIOTTO, R. A importância da inoculação com rizóbio na cultura do feijoeiro. EMBRAPA-Agrobiologia, 2002. Disponível em: http://www.cnpab.embrapa.br/publicacoes/artigos/fbnl_inocula_feijoeiro.html. Acesso em 1.º de julho de 2007.

STREETER, J. Inhibition of legume nodule formation and N_2 fixation by nitrate. **Plant Science**, Ottawa, v.7, p.1-23, 1988.

TEIXEIRA, I. R. **Comportamento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Pérola) submetido a diferentes densidades de semeadura e níveis de adubação nitrogenada**. 1998. 67f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia), Universidade Federal de Lavras, Lavras.

TRINCHANT, J.C.; RIGAUF, J. Nitrogen fixation in French-beans in the presence of nitrate: effect on bacteroid respiration and comparison with nitrite. **Journal of Plant Physiology**, Wageningen, v.116, p.209-217, 1984.

TSAI, S.M.; BONETTI, R.; AGBALA, S.M.; ROSSETTO, R. Minimizing the effect of mineral nitrogen on biological nitrogen fixation in common bean by increasing nutrient levels. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.153, p.131-138, 1993.

VALÉRIO, C.R.; ANDRADE, M.J.B.; FERREIRA, D.F.; REZENDE, P.M. Resposta do feijoeiro comum a doses de nitrogênio no plantio e em cobertura. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, Edição Especial, p. 1560-1568, 2003.

WUTKE, E.B.; FANCELLI, E.B.; PEREIRA, J.C.V.N.A.; AMBROSANO, G.M.B. Rendimento do feijoeiro irrigado em rotação com culturas graníferas e adubos verdes. **Bragantia**, Campinas, v.57, p.325-338, 1998.