

EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DOS RIZÓBIOS SEMIA 6156, F 3 (4), F 2 (1), F2 - 2B, CPAC-B10 EM FEIJÃO DE PORCO

Thiago Santos de Paula Silva¹, Rháldine Bernardo Coelho¹, Bruno Fardim Christo¹, Diego Mathias Natal da Silva², Mateus Augusto Lima Quaresma², Fábio Luiz de Oliveira³

RESUMO – O objetivo foi validar e recomendar bactérias fixadoras de nitrogênio usadas em inoculantes comerciais na leguminosa *Canavalia ensiformis*. O trabalho foi conduzido durante os meses de novembro de 2013 a fevereiro 2014. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com quatro repetições e com unidade experimental de 24 m², o plantio realizado no espaçamento de 0,5 m entre sulcos, densidade de 10 sementes por metro linear. As estirpes de rizóbio avaliadas foram: SEMIA 6156, F 3 (4), F 2 (1), F2 - 2B, CPAC-B10. A primeira avaliação foi realizada aos 30 dias após a semeadura (DAS), para número e massa de nódulos frescos e secos, massa seca da parte aérea e raízes. A segunda avaliação foi realizada quando 50% das plantas estavam em florescimento, quantificando-se a massa seca das folhas e caules, massa seca total da parte aérea e análise total de macronutrientes em folhas e caule. A estirpe F 2 (1) pode realizar efetiva simbiose com as plantas de feijão de porco, promovendo ganhos no acúmulo de massa seca de parte aérea das plantas, sendo assim considerada agronomicamente eficiente e recomendada para uso em inoculantes comerciais.

Palavras chave: adubação verde, *Canavalia ensiformis*, estirpes de rizóbio, FBN.

AGRONOMIC EFFICIENCY OF RHIZOBIA SEMIA 6156, F 3 (4), F 2 (1), F2 - 2B, CPAC-B10 IN JACK BEAN

ABSTRACT – The objective was to validate and recommend nitrogen-fixing bacteria used in legume inoculants in *Canavalia ensiformis*. The work was conducted during the months of November 2013 to February 2014. The experimental design was a randomized block with four replications and experimental unit of 24 m², planting done in the spacing of 0.5 m between rows, density of 10 seeds per meter, and the evaluated rhizobia strains were: SEMIA 6156, F 3 (4), F 2 (1), F2 - 2B, CPAC-B10. The first evaluation was performed 30 days after sowing (DAS), for number and weight of fresh and dry nodules, dry mass of shoots and roots. The second evaluation was performed when 50% of the plants were in bloom, quantifying the dry mass of leaves and stems, total dry weight of shoot and complete analysis of nutrients in leaves and stem. The F 2 (1) strain can perform effective symbiosis with the jack bean plants, promoting gains in dry matter accumulation of the shoot, thus being considered agronomically effective and recommended for use in commercial inoculants.

Keywords: BNF, *Canavalia ensiformis*, green manure, *Rhizobium* strains.

¹ Agronomia - Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), Alegre-ES, thiagodepaula9@hotmail.com, coelhorh@hotmail.com, brunochristo@hotmail.com.

² Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), Alegre-ES, diegoufvjm@yahoo.com.br, mateusveio@hotmail.com.

³ Professor do Departamento de Produção Vegetal no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), Alegre-ES, fabio.oliveira@cca.ufes.br.



1. INTRODUÇÃO

As principais fontes de Nitrogênio (N_2) para plantas são: o N armazenado no solo e na matéria orgânica e ou presente no ar atmosférico (N_2). A maioria das plantas não conseguem capturar o N_2 , com exceção de algumas espécies, da família das leguminosas (*Fabaceae*), por meio de uma simbiose com algumas bactérias conseguem capturar e fixar o N, processo conhecido como Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN).

As plantas que não realizam a FBN dependem de utilizar o que está disponível no solo, o que muitas vezes está em quantidades menores que o ideal necessário as plantas cultivadas (Mercante et al., 1999).

Uma forma de incorporar o N ao sistema de produção é através da adubação verde, utilizando leguminosas, visto que esta prática pode significar uma estratégia importante na busca da sustentabilidade, pelos benefícios proporcionados ao solo, como melhoria das características físicas, tais como agregação e incremento do carbono orgânico, aporte de fitomassa e nutrientes para as áreas cultivadas e em especial, o fornecimento de N pela fixação biológica (Mercante et al., 1999; Perin et al., 2002; Gama-Rodrigues et al., 2007; Oliveira & Gosch, 2007).

Como exemplo de leguminosas que realizam a FBN pode-se citar: *Cajanus cajan*, *Crotalaria macronata* e outras. Dentre estas, encontra-se o feijão de porco (*Canavalia ensiformis*), leguminosa de crescimento anual, porte ereto, herbácea, originária da América tropical, rústica, rasteira e apresenta um crescimento determinado rápido com excelente cobertura de solo competindo com ervas daninhas indesejada. É resistente às altas temperaturas e à seca adaptando-se a solos pobres e tolerando sombreamento parcial. O feijão de porco não tem boa palatabilidade, sendo, portanto pouco usada como pastagem. Além do que produz grandes vagens, que, se consumidas em quantidade, podem ser tóxica aos animais.

Uma das formas de garantir o sucesso da FBN é a introdução de inoculantes com maior afinidade de realização da FBN com a espécie utilizada como adubo verde, por meio de uma população viável e adequada de estirpe de rizóbio eficiente e competitiva.

O objetivo foi avaliar a eficiência agrônômica do feijão de porco (*Canavalia ensiformis*), utilizada como adubo verde, em associação às estirpes de rizóbio SEMIA

6156, F 3 (4), F2 (1), F2 - 2B e CPAC-B10, para as condições edafoclimáticas do município de Alegre, Espírito Santo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado entre novembro de 2013 a fevereiro de 2014, na área experimental do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, situada no município de Alegre. A região se localiza a 20° 45' 12,10" latitude Sul e 41° 29' 21,44" longitude Oeste e altitude de 113 m. A precipitação acumulada no período experimental foi de 706,4 mm e foram registradas médias de temperatura mínima de 20,9° C e máxima de 32,13° C.

As amostras do solo (0-20 cm) apresentaram as seguintes características químicas e granulométricas: pH (água) 5,83; 111,34 mg.dm⁻³ de P-Mehlich 1; 200 mg.dm⁻³ de K; 5,0 cmolc.dm⁻³ de Ca; 1,07 cmolc.dm⁻³ de Mg; 0,0 cmolc.dm⁻³ de Al; saturação por bases igual a 36,47 %; areia, 580,97 g/kg; silte, 92,89 g/kg; e argila, 326,14 g/kg, sendo classificado segundo diagrama triangular simplificado para a classificação textural do solo da Embrapa, como de Textura Média.

Para a dispersão física empregou-se o Método de Agitação lenta a 50 rpm por 16 horas, com agitador tipo Wagner (Ruiz, 2005a) e determinação de silte por pipetagem (Ruiz, 2005b).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições. A unidade experimental foi constituída por 24 m², sendo o plantio realizado utilizando espaçamento entre sulcos de 0,5 m, com densidade de semeadura de 10 sementes por metro linear, à profundidade de 0,05 m. A área amostrada da parcela foi de 4 m². A média do número de plantas das parcelas foi de 50.000 plantas.ha⁻¹. Os tratamentos foram: 1 – sem adubação nitrogenada e sem inoculante; 2 – somente adubação nitrogenada; 3 – somente inoculação da estirpe SEMIA 6156; 4 – somente inoculação da estirpe F 3 (4); 5 – somente inoculação da estirpe F 2 (1); 6 – somente inoculação da estirpe F2 - 2B; e 7 – somente inoculação da estirpe CPAC - B10.

O plantio das plantas de feijão de porco foi realizado no dia 27 de novembro de 2013. As sementes e estirpes foram previamente selecionadas e obtidas pela Embrapa Agrobiologia e Embrapa Agropecuária Oeste, sendo que para a inoculação, as sementes foram umedecidas com água e misturadas com o inoculante à base de

turfa. Os tratamentos 1 e 2 foram usados como referenciais, ou controle onde o tratamento 2 recebeu adubação de plantio na dose de 50 kg.ha⁻¹ de N.

A primeira avaliação foi realizada aos 30 DAS, coletando um metro linear de plantas. Foram avaliados: o número e amassa dos nódulos frescos e secos, massa seca da parte aérea e das raízes.

Quando 50% de plantas estavam em florescimento, aos 65 dias após plantio, realizou-se a segunda avaliação, separando folhas e caules e quantificando o acúmulo de massa seca dos mesmos, além da massa seca total da parte aérea e determinação do teor de Calcio (Ca), Potássio (K), Magnésio (Mg), Nitrogênio (N) e Fósforo (P).

A determinação de massa seca em ambas as avaliações foi realizada após secagem em estufa, com ventilação de ar forçada à temperatura de 65° ± 2°C, até atingir massa constante. Após secagem, as amostras foram pesadas em balança de precisão para quantificação da massa seca (Prado, 2008).

Na determinação de macronutrientes os métodos utilizados foram de Absorção Atômica para Ca e Mg, Fotometria de Chama para K, Kjeldahl para N e Colorímetro para P (Nogueira & Souza, 2005).

As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do programa SISVAR (Ferreira, 1998). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade. Para aqueles que se mostraram significativos foi feita a comparação das médias pelo teste de Scott-Knott (para Massa Seca e Fresca) e Tukey (para Teor de Nutrientes) a 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na primeira avaliação, realizada 30 dias após a semeadura, constatou-se que o número de nódulos nas plantas de feijão de porco não diferiu entre os tratamentos. No entanto, houve diferença significativa quanto à massa fresca de nódulos, sendo que as estirpes F 2 (1) e F 3 (4) se destacaram, com maior acúmulo. As estirpes F 2 (1), F 3 (4), SEMIA 6156 e F2 - 2B apresentaram o maior acúmulo de massa seca de nódulos, com valores superiores às das testemunhas (Tabela 1).

Nessa primeira avaliação as estirpes F 2 (1) e F 3 (4) promoveram os melhores resultados, pois

apresentaram a melhor capacidade de competição, conseguindo se instalar e realizar o processo de simbiose com maior eficiência, em relação às demais. Dessa forma, os comportamentos destas estirpes merecem atenção quanto à capacidade de nodulação, pois para expressar sua capacidade de fixação de nitrogênio, nas plantas, dependem tanto de fatores intrínsecos do processo de simbiose bactéria-leguminosa, quanto de fatores ambientais, que afetam a sobrevivência da planta e da bactéria (Hungria et al., 1997).

Dentre os fatores mais relevantes, destacam-se a efetividade e a competitividade entre as estirpes presentes no inóculo e as naturais do solo (Vargas & Hungria, 1997; Stralioetto & Rumjanek, 1999). Assim, nessa primeira avaliação, pode-se afirmar que as estirpes F 2 (1) e F 3 (4) apresentaram a melhor capacidade de competição, conseguindo se instalar e realizar o processo de simbiose com maior eficiência, em relação às demais.

Quanto ao ganho de massa seca das raízes das plantas de feijão de porco até os 30 dias do ciclo, não houve diferença significativa entre as estirpes e os tratamentos controle. Já para a massa seca de parte aérea, nota-se que o tratamento que recebeu adubação nitrogenada promoveu o maior acúmulo (Tabela 2), resultados diferentes dos encontrados por Gualter (2011), onde 30 DAP, estirpes promoveram houve incremento de matéria seca comparadas ao controle.

Houve diferença significativa entre as estirpes e os tratamentos controle para o ganho de massa seca da parte aérea das plantas de feijão de porco, no momento do florescimento (Tabela 3). Quanto à massa seca de caule, a estirpe F 2 (1) e CPAC - B10 se destacaram e quanto à massa seca de folhas, apenas estirpe F 2 (1) se destacou, com maior acúmulo de massa seca (Tabela 3).

A massa seca total da parte aérea (caule + folhas), mostra que a estirpe F 2 (1) se destacou das demais, com maior acúmulo. Isto pode ser explicado pelo maior acúmulo de massa seca de nódulos da estirpe F 2 (1) (Tabela 1). Esses resultados estão de acordo com Fernandes et al. (2003) que relacionam positivamente o acúmulo de massa seca de nódulos com aumento de massa seca na parte aérea.

Esse resultado também reforça os dados obtidos na primeira avaliação, quando a estirpe F 2 (1) se destacou das demais, apresentando melhor capacidade de



Tabela 1 - Número, massa fresca e seca de nódulos em plantas de feijão de porco, 30 dias após a semeadura, em função da inoculação com estirpes de rizóbios. CCA/UFES – Alegre-ES, 2014

Tratamentos	Nº de nódulos Milhões nódulos.ha ⁻¹	Massa fresca de nódulos		Massa seca nódulos	
		kg ha ⁻¹			
Tratamento 1 ¹	2,75 a ¹	63,00 b	20,00 b		
Tratamento 2	2,79 a	51,60 c	18,40 b		
Tratamento 3	2,79 a	62,94 b	22,80 a		
Tratamento 4	2,75 a	74,20 a	26,20 a		
Tratamento 5	2,92 a	85,80 a	26,80 a		
Tratamento 6	3,51 a	62,60 b	24,80 a		
Tratamento 7	3,09 a	50,20 c	16,60 b		
C.V. (%)	14,47	12,70	13,44		

¹ Médias seguidas da mesma letra, em cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, P<0,05.

Tabela 2 - Massa seca de raízes e parte aérea de feijão de porco 30 dias após a semeadura, em função da inoculação com estirpes de rizóbios. CCA/UFES, Alegre-ES, 2014

Tratamentos	Massa seca raízes		Massa seca parte aérea	
	kg ha ⁻¹			
Tratamento 1 ¹	31,80 a ¹	298,20 c		
Tratamento 2	42,60 a	432,40 a		
Tratamento 3	36,60 a	362,40 b		
Tratamento 4	39,20 a	366,00 b		
Tratamento 5	30,00 a	315,00 c		
Tratamento 6	33,60 a	284,60 c		
Tratamento 7	35,80 a	357,80 b		
CV (%)	22,52	11,97		

¹ Médias seguidas da mesma letra, em cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, P<0,05.

Tabela 3 - Massa seca de caule e de folhas e total da parte aérea em plantas de feijão de porco, no florescimento, em função da inoculação com estirpes de rizóbios. CCA/UFES, Alegre-ES, 2014

Tratamentos	Massa seca caule	Massa seca folhas	Massa seca parte aérea total
	kg ha ⁻¹		
Tratamento 1 ¹	582,10 c ¹	582,20 c	1164,30 c
Tratamento 2	562,70 c	518,30 c	1081,00 c
Tratamento 3	707,10 b	668,90 b	1376,00 b
Tratamento 4	705,50 b	683,70 b	1389,20 b
Tratamento 5	885,50 a	845,30 a	1730,80 a
Tratamento 6	482,90 c	418,60 d	901,58 d
Tratamento 7	800,80 a	698,07 b	1498,90 b
CV (%)	9,91	12,51	9,73

¹ Médias seguidas da mesma letra, em cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, P<0,05.

nodulação apesar de não apresentar tanto destaque no acúmulo de massa seca nas plantas de feijão de porco. No entanto, na fase de florescimento, observa-se que a maior capacidade de nodulação pôde refletir nos maiores acúmulos de massa seca das plantas, sendo

inclusive superior às plantas que receberam apenas adubação nitrogenada (Tratamento controle).

Há uma relação positiva entre massa seca de nódulos e massa seca de parte aérea (Fernandes, Fernandes e Hungria, 2003), entretanto, para a estirpe CPAC –

Tabela 4 - Teores totais de nutrientes em plantas de feijão de porco, em função da inoculação com estirpes de rizóbios. CCA/UFES – Alegre-ES, 2014.

Tratamentos	Ca	K	Mg	N	P
	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg
Tratamento 1 ¹	25,15 a ¹	31,00 a ¹	2,41 a ¹	34,0 a ¹	2,49 a ¹
Tratamento 2	22,68 a ¹	30,50 a ¹	2,60 a ¹	29,6 a ¹	2,45 a ¹
Tratamento 5	25,32 a ¹	28,00 a ¹	2,35 a ¹	31,3 a ¹	2,22 a ¹
Tratamento 7	25,15 a ¹	28,00 a ¹	2,16 a ¹	31,4 a ¹	2,65 a ¹
C.V. (%)	20,48	17,64	18,85	16,13	17,80

¹ Médias seguidas da mesma letra, em cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, P<0,05.

B10 a relação foi inversa, pois inicialmente apresentou menor acúmulo de massa seca de nódulos (Tabela 1), porém, com as plantas em florescimento, houve considerável acúmulo de massa seca de parte aérea total (Tabela 3).

Quanto aos teores totais de macronutrientes, não houve diferença entre os tratamentos (Tabela 4), porém a incorporação deste material na fase de florescimento poderia favorecer a ciclagem de nutrientes do solo (Barroso et al., 2009).

A FBN por bactérias simbiotes, por ser um processo natural, permite ao agricultor economizar com adubação química nitrogenada, sem reduzir produtividade e sem prejudicar o meio ambiente, garantindo maior competitividade aos produtos agrícolas, tal como destacado por Hungria et al. (1997) que ressalta que a nodulação das raízes supre as necessidades das plantas leguminosas.

4. CONCLUSÃO

As informações obtidas possibilitam o uso de estirpes para formulação de inoculantes comerciais, e permitiram conhecer algumas que podem realizar FBN com feijão de porco, promovendo aumento em sua matéria seca de parte aérea, o que poderá aumentar o seu potencial de uso como adubo verde.

A estirpe F 2 (1) pode realizar efetiva simbiose com as plantas de feijão de porco, promovendo maior acúmulo de massa seca de parte aérea das plantas em florescimento.

5. LITERATURA CITADA

ADUBO VERDE. **Saber científico**. Porto Velho, p.37-42, 2009.

BARROSO, G.R.P; CARVALHO, J.O.M.; SANTOS, M.R.A.; FERREIRA, M.G.R.; MARCOLAN, A.L. **Teor de macronutrientes em plantas utilizadas como feijão de porco**. In: <http://www.semeata.com.br/?sessao=produto&ver&id=34> (acessado em 30 de maio de 2015).

FERNANDES, F.M.; FERNANDES, R.P.M.; HUNGRIA, M. Seleção de rizóbios nativos para guandu, caupi e feijão-de-porco nos tabuleiros costeiros de Sergipe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.7, p.835-842, 2003.

FERREIRA, D.F. **Sisvar: sistema de análise de variância para dados balanceados**. Lavras: UFLA, 1998. 19p.

GAMA-RODRIGUES, A.C.; GAMA-RODRIGUES, E.F.; BRITO, E.C. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em argissolo vermelho-amarelo na região noroeste fluminense (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, n.06, p.1421-1428, 2007.

GUALTER, R.M.R; BODDEY, R.M.; RUMJANEK, N.G; FREITAS, A.C.R.; XAVIER, G.R. Eficiência agrônômica de estirpes de rizóbio em feijão-caupi cultivado na região da Pré-Amazônia Maranhense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, 2011.

HUNGRIA, M. Fixação biológica do nitrogênio em feijoeiro. In: VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M. (Ed.) **Biologia dos solos dos cerrados**. Brasília: Embrapa Cerrado. cap.5, p.187-258, 1997.



- HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T.; ARAUJO, R.S. Fixação biológica do nitrogênio em feijoeiro. In: VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M. (Eds.) **Biologia dos Solos dos Cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1997. p.188-294.
- MERCANTE, F.M. et al. Avanços biotecnológicos na cultura do feijoeiro sob condições simbióticas. **Revista Universidade Rural: série ciência da vida**, Rio de Janeiro, v.21, n.1/2, p.127-146, 1999.
- NOGUEIRA, A.R.A.; SOUZA, G.B. **Manual de laboratórios: solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos**. Embrapa Pecuária Sudeste, 2005.
- OLIVEIRA, F.L.; GOSCH, M.S. Potencial de leguminosas herbáceas de hábito ereto para adubação verde no cerrado do Tocantins. **Revista Ciência Agroambiental**, v.02, n.01, p.17-24, 2007.
- PERIN, A. et al. Efeito da cobertura viva com leguminosas herbáceas perenes na agregação de um argissolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, n.30, p.713-720, 2002.
- PRADO, R.M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: UNESP, 2008. 407p.
- RUIZ, H.A. Dispersão física do solo para análise granulométrica por agitação lenta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO, 30., Recife, PE, 2005a. **Anais...Resumos expandidos**. Recife, PE. Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2005a. CD-ROM.
- RUIZ, H.A. Incremento da exatidão da análise granulométrica do solo por meio da coleta da suspensão (silte + argila). **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.29, p.297-300, 2005b.
- RUMJANEK, N.G.; MARTINS, L.M.V.; XAVIER, G.R.; NEVES, M.C.P. Fixação Biológica de Nitrogênio. Ed. FILHO, F.R.F.; LIMA, J.A.A.; SILVA, P.H.S.; VIANA, F.M.P. In: **Feijão caupi: avanços tecnológicos**. Teresina, PI, Embrapa Meio Norte, p.347-417, 2004.
- STRALIOTTO, R.; RUMJANEK, N.G. **Biodiversidade do rizóbio que nodula o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris L.*) e os principais fatores que afetam a simbiose**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, Embrapa-CNPAB, 1999. 51p.
- VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M. **Biologia dos solos dos cerrados**. Planaltina: Embrapa, 1997. 524p.

Recebido para publicação em 11/03/2015 e aprovado em 30/07/2015.

