

AGRÁRIA

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

v.5, n.1, p.36-42, jan.-mar., 2010

Recife, PE, UFRPE. www.agraria.ufrpe.br

Protocolo 575 - 03/05/2009 • Aprovado em 23/11/2009

Luciana R. S. Nascimento¹Clayton A. Sousa¹Carolina E. R. S. Santos¹Ana D. S. Freitas¹Iraci M. M. B. Vieira¹Everardo V. S. B. Sampaio²

Eficiência de isolados de rizóbios nativos do agreste paraibano em caupi

RESUMO

O caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma leguminosa presente principalmente nas regiões tropicais, capaz de fixação biológica do nitrogênio em simbiose com bactérias denominadas rizóbios. A ação de inoculantes contendo rizóbios eficientes pode ser limitada pela alta competitividade das estirpes nativas. Este trabalho teve por objetivo avaliar a eficiência da inoculação do feijão-caupi cv. Sempre-Verde, com rizóbios nativos de solos do Agreste da Paraíba. No primeiro experimento, foram testados 52 isolados de rizóbio de caupi nativos de solos da Paraíba, a estirpe BR 3267 e dois tratamentos controle, com e sem adição de N mineral, em vasos de Leonard. 13 isolados foram selecionados para um segundo experimento em vasos contendo Neossolo Regolítico, e comparados com a estirpe recomendada e os tratamentos com e sem N mineral. O caupi respondeu à adição de N e à inoculação. Doze isolados nativos promoveram biomassa da parte aérea do caupi e eficiência relativa equivalentes aos das plantas inoculadas com a estirpe recomendada ou fertilizadas com N. A biomassa da parte aérea e o N total do caupi correlacionaram-se altamente com a eficiência relativa dos isolados testados.

Palavras-chave: fixação biológica de nitrogênio, leguminosa tropical, inoculante

Efficiency of native rhizobia isolates from Paraíba state on cowpea

ABSTRACT

Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) is a legume present mainly in tropical regions, capable of biological nitrogen fixation in symbiosis with bacteria known as rhizobia. The action of efficient rhizobial inoculants may be limited by the high competitiveness of the native strains. This study aimed to evaluate the efficiency of inoculation of cowpea cv. Sempre-Verde with native rhizobia obtained from soil samples collected in the Agreste region of Paraíba state. In the first experiment, 52 native rhizobia isolated from the soil samples were tested, together with strain BR 3267 and two treatments with presence and absence of mineral N, in Leonard jars. 13 isolates were selected for a second experiment in pots filled with Regolith Neosol, and compared with the recommended strain and the treatments with and without mineral N. The cowpea plants responded to the N addition and to the inoculations. Twelve native isolates promoted aboveground biomass and relative effectiveness that were equivalent to those obtained with the recommended strain or the N fertilization. Aboveground biomass and total N were highly correlated with the relative effectiveness of the isolates.

Key words: biological nitrogen fixation, tropical legumes, inoculant

¹ Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros s/n, CEP: 52171-900, Dois Irmãos, Recife-PE. Fone: (81) 3320-6237. Fax: (81) 3320-6220. E-mail:

lucaremigio@yahoo.com.br;

claytondesousa@hotmail.com;

etienne@depa.ufrpe.br; ana.freitas@depa.ufrpe.br;

iracibastos@yahoo.com.br

² Universidade Federal de Pernambuco, Av. Professor Luís Freire, n 1000, CEP: 50740-540, Cidade Universitária, Recife-PE. Fone: (81) 21267979, E-mail: esampaio@ufpe.br

INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), também conhecido como feijão-macassar ou de corda, é uma leguminosa de ampla distribuição mundial, cultivado principalmente nas regiões tropicais do globo. É a cultura granífera mais importante da região semi-árida brasileira, em particular para agricultores com baixa capacidade financeira. É cultivado em quase todas as microrregiões do estado da Paraíba, numa área total de 176.586 ha, produção de 64.672 toneladas ano⁻¹ e rendimento médio de 366 kg ha⁻¹ (IBGE, 2007).

A fixação biológica do nitrogênio (FBN) é o processo realizado por microrganismos, denominados diazotróficos, que captam o nitrogênio atmosférico e o converte em amônia, forma disponível para as plantas. Esse processo é o principal meio de incorporação do nitrogênio atmosférico ao solo, sendo responsável por cerca de 65% do nitrogênio anualmente fixado na Terra (Moreira & Siqueira, 2006; Hungria & Campo, 2005). Quando comparada ao uso de fertilizantes nitrogenados (fixação industrial), a FBN apresenta vantagens como baixo custo, ausência de problemas ambientais e abundância do nitrogênio na atmosfera.

A observação de características relativas à especificidade é importante na seleção de estirpes que visem obtenção de um inoculante com maior afinidade com a planta hospedeira e que seja capaz de colonizar as raízes mais eficientemente do que as estirpes nativas (Rumjanek, 2005). Entretanto, leguminosas tropicais normalmente são capazes de nodular com uma ampla faixa de rizóbios, o que dificulta a introdução de inoculantes contendo rizóbios eficientes, uma vez que as bactérias indígenas ou nativas são mais adaptadas e competitivas, deslocando rapidamente as estirpes dos inoculantes dos sítios de infecção (Santos et al., 2007). Por esta razão, é interessante estudar estratégias para avaliar a composição e a contribuição de estirpes de rizóbios nativos do solo onde se pretende introduzir o inoculante (Zilli, 2001). Outro aspecto a ser observado é que, muitas vezes, uma estirpe eficiente utilizada como inoculante de qualidade pode começar a perder sua eficiência algum tempo depois, devido ao uso de estirpes melhores ou mesmo de novas cultivares do hospedeiro, que se associam mais eficientemente com outras bactérias (Hafeez et al., 2001).

Este trabalho teve por objetivo avaliar a eficiência da inoculação do feijão-caupi cv. Sempre-Verde e a competitividade de rizóbios nativos de solos do Agreste da Paraíba.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos em casa-de-vegetação do Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), sendo um em substrato estéril, para avaliar a eficiência dos isolados, e outro em solo não esterilizado, para avaliar a competitividade dos isolados previamente selecionados.

No primeiro experimento foram testados 52 isolados de rizóbio pertencentes ao Núcleo de Fixação Biológica do Nitrogênio nos Trópicos (NFBNT-UFRPE), provenientes de nódulos

de cultivares de feijão-caupi: 1) Corujinha; 2) Sempre-Verde; 3) Sedinha e 4) Azul; cultivadas em solos de três municípios da Região do Agreste do Estado da Paraíba (Solânea, Esperança e Lagoa Seca), ocupados com diferentes tipos de uso: 1) caatinga; 2) pasto; 3) roçado de feijão e 4) roçado de mandioca (Nascimento, 2009).

O experimento foi desenvolvido em vasos de Leonard contendo 1,5 kg de areia lavada e autoclavada e 500 mL de solução nutritiva de Norris isenta de nitrogênio (Norris, 1964). Foi utilizado um delineamento experimental em blocos casualizados com 55 tratamentos (52 isolados de rizóbio mais estirpe recomendada (BR 3267) mais tratamento com adição de N mineral (100 mg L⁻¹ de solução nutritiva) na forma de uréia e ausência de inoculação mais tratamento com ausência de N mineral e de inoculação) com três repetições.

Sementes de feijão-caupi cv. Sempre-Verde foram desinfestadas com álcool etílico a 70% por 30 segundos para quebrar a tensão superficial, em seguida foram imersas em hipoclorito de sódio a 1% por 1 minuto, e finalmente lavadas com água destilada por 10 vezes. Após a desinfestação, as sementes foram deixadas de molho em água potável autoclavada para o plantio no dia seguinte. Foram semeadas quatro sementes por vaso. Após cinco dias de germinadas foi feito o desbaste, deixando duas plantas por vaso.

A inoculação das bactérias foi realizada imediatamente após o desbaste aplicando 1 mL de inoculante líquido por planta e repetida após 10 dias. Os inoculantes utilizados consistiram em cultivos monoxênicos dos isolados e da estirpe BR 3267 em meio líquido contendo extrato de levedura e manitol (Vincent, 1970), com concentração mínima de 10⁸ células viáveis.

Durante todo o período de condução do experimento, foi realizada a reposição da solução nutritiva de Norris isenta de nitrogênio (Norris, 1964) a cada três dias, com 50 mL de solução para os tratamentos que não receberam N mineral. A mesma quantidade de solução de Norris completa foi fornecida para as plantas que receberam N mineral.

As plantas foram coletadas aos 45 dias após germinação. A parte aérea foi separada da raiz e foram feitas as seguintes avaliações: a) biomassa seca da parte aérea; b) biomassa seca de nódulos; c) N total na parte aérea. Para a avaliação da biomassa seca da parte aérea das plantas, os ramos foram colocados em sacos de papel, devidamente identificados, levados para estufa de circulação de ar com temperatura regulada a 65 °C, em seguida pesados em balança de 0,01 g de precisão. As raízes com os nódulos aderidos foram colocadas em sacos plásticos, devidamente identificados e armazenados em freezer. Posteriormente, os nódulos foram separados das raízes, contados e colocados para secar em estufa de circulação de ar com temperatura regulada a 65 °C e, em seguida, pesados em balança de 0,01g de precisão. A parte aérea seca foi moída em micro-moinho tipo Willey para determinação do N total, realizada pelo método semi-micro Kjeldhal, em auto-analisador TECATOR Kjeltex, de acordo com Bezerra Neto & Barreto (2004). O N acumulado na parte aérea foi calculado multiplicando-se as massas secas pelos seus respectivos teores de N.

Os dados do experimento foram submetidos à análise de variância, utilizando o SAS Learning Edition 2.0 (SAS Insti-

tute, 2004). Os dados de número de nódulos foram transformados para \sqrt{x} . As médias foram comparadas pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade, adotando o tratamento com a estirpe recomendada BR 3267 como controle. Este teste permitiu a comparação pareada do controle com cada um dos demais tratamentos.

Entre os isolados que não diferiram do controle na biomassa seca da parte aérea, biomassa seca de nódulos e nitrogênio total, foi realizada uma amostragem, visando avaliar no mínimo um isolado proveniente da combinação de um dos quatro tipos de uso do solo com uma das quatro cultivares, totalizando 16 isolados possíveis para o teste de competitividade em vasos com solo. A combinação entre um tipo de uso do solo e cultivar que não possuiu isolado para representá-la, foi substituída por outro isolado, sorteado entre os isolados restantes no grupo que não diferiu do controle, desde que fosse proveniente do mesmo tipo de uso do solo. Depois de esgotadas todas as possibilidades de substituição, 13 isolados foram selecionados para o experimento em vasos com solo.

No segundo experimento, os tratamentos consistiram nas inoculações de 13 isolados de rizóbio selecionados no experimento em vaso de Leonard e da estirpe recomendada BR 3267, aplicadas isoladamente; além de dois tratamentos sem inoculação, sendo um com adição de 80 kg N ha⁻¹ (235 kg ha⁻¹ de nitrato de amônio contendo 34% de N), e outro com ausência de N mineral. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com quatro repetições.

Foi utilizado um Neossolo Regolítico, coletado na camada de 0 a 20 cm no município de Remígio, localizado na mesorregião do Agreste do Estado da Paraíba. A área de coleta havia sido ocupada anteriormente, com a cultura da batatinha e atualmente está sob pastagem nativa de braquiária. As características físicas e químicas do solo, determinadas de acordo com a Embrapa (1997), e a população rizobiana nativa capaz de nodular o feijão-caupi, determinada através da técnica do Número Mais Provável (NMP), de acordo com a RELARE (Rede de Laboratórios para Recomendação, Padronização e Difusão de Tecnologia de Inoculantes Microbianos de Interesse Agrícola, 2007), estão apresentadas na Tabela 1.

O solo foi seco ao ar, destorroado, passado em peneira de malha 6 mm e acondicionado em vasos com capacidade para 2 Kg. Todos os vasos receberam uma adubação equivalente a 20 Kg ha⁻¹ de P, na forma de supertríplo e 40 Kg ha⁻¹ de K, na forma de KCl, segundo Cavalcanti (1998) para a cultura do feijão-caupi. Para as plantas que receberam o tratamento com

nitrogênio mineral, este foi fornecido na dosagem de 80 Kg ha⁻¹ (RELARE, 2007) na forma de nitrato de amônio.

O semeio, o desbaste e a inoculação foram feitos da mesma maneira do experimento em vasos de Leonard. Durante todo o período de condução do experimento, a irrigação foi realizada a cada dois dias. A coleta das plantas foi realizada 45 dias após germinação. A parte aérea foi separada das raízes, bem como os nódulos, da mesma forma que no primeiro experimento, para a obtenção da biomassa seca, a qual foi usada para a análise da eficiência relativa dos isolados segundo a fórmula adotada por Bergensen et al. (1971):

$$ER = \frac{BSPA_{\text{isolado}}}{BSPA_{N \text{ mineral}}} \times 100$$

onde: ER é a eficiência relativa, BSPA_{isolado} é a biomassa seca da parte aérea do isolado testado e BSPA_{N mineral} é a biomassa seca da parte aérea da planta que recebeu o tratamento com N mineral.

Os dados do experimento foram submetidos à análise de variância, utilizando o SAS Learning Edition 2.0 (SAS Institute, 2004). Os dados de número de nódulos foram transformados para log₁₀(x) e os de nitrogênio total para \sqrt{x} . As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. O teste de Tukey permitiu fazer a comparação múltipla dos tratamentos de inoculação dos isolados, inoculação da estirpe recomendada, presença e ausência de N mineral. Análise de correlação foi conduzida entre as variáveis da biomassa seca de nódulos e biomassa seca da parte aérea e entre eficiência relativa e nitrogênio total da parte aérea.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos 52 isolados de rizóbio testados no experimento conduzido em vasos de Leonard, 18 não formaram nódulos nas raízes de feijão-caupi e foram excluídos dos testes.

As plantas inoculadas com a estirpe BR 3267, recomendada nacionalmente para o feijão-caupi, produziram uma biomassa seca da parte aérea 50% maior, em média, que as plantas que receberam N mineral. Entre os isolados testados, 21 proporcionaram acúmulo de biomassa seca e de nitrogênio total na parte aérea e biomassa seca de nódulos do feijão-caupi semelhante ao proporcionado pela estirpe recomendada, comprovando a eficiência destes isolados nativos em fixar N₂ atmosférico (Tabela 2).

Tabela 1. Características químicas, físicas e microbiológicas, na camada de 0-20 cm, do Neossolo Regolítico do município de Remígio, Paraíba, usado no experimento

Table 1. Physical, chemical and microbiological characteristics of the 0-20 cm layer of the Neossolo Regolítico, from Remígio municipality, Paraíba state, used in the experiment

pH*	(cmol _c dm ⁻³)						P (mg dm ⁻³)	C.O (g kg ⁻¹)	M.O (g kg ⁻¹)
	H ⁺ +Al ³⁺	Al ³⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺ +Mg ²⁺	Ca ²⁺			
7,1	2,93	0,0	0,03	0,13	3,00	1,95	50	3,78	6,52
Classe textural			Areia (g kg ⁻¹)			Silte (g kg ⁻¹)		Argila (g kg ⁻¹)	
Arenoso			836			80		84	
População rizobiana							1,14 x 10 ⁶ ufc.g de solo ⁻¹		

*pH em água 1:2,5

Tabela 2. Biomassa seca da parte aérea (BSPA), biomassa seca de nódulos (BSN) e nitrogênio total acumulado (NT) na parte aérea de plantas de feijão-caupi (cv. Sempre-Verde), cultivadas em vasos de Leonard, com diferentes tratamentos de inoculação ou N mineral

Table 2. Aboveground biomass (BSPA), nodules biomass (BSN) and total nitrogen content (NT) in the aboveground parts of cowpea plants (Sempre-Verde variety), cultivated in Leonard jars with different inoculation or N mineral treatments

Fonte de N	BSPA(g)	BSN(g)	NT(mg)
BR 3267 (controle)	3,84	0,2580	113,57
Com N mineral	2,57*	-	31,36*
Sem N mineral	1,51*	-	7,96*
S1CV1(A)	3,97	0,2290	147,31
S1CV1(B)	2,86	0,1541	109,77
S1CV2(A)	3,61	0,2126	136,81
S1CV2(B)	2,25*	0,1578	52,88*
S1CV2(E)	3,00	0,1621	103,32
S1CV2(F)	3,65	0,2783	142,54
S1CV3(A)	1,35*	0,0024*	12,45*
S1CV3(B)	1,78*	0,0518*	29,58*
S1CV4(A)	1,35*	0,0901*	13,98*
S2CV1(C)	1,66*	0,0184*	15,84*
S2CV1(A)	3,30	0,2106	136,20
S2CV1(B)	3,36	0,2196	120,94
S2CV2(A)	3,47	0,2120	130,03
S2CV2(B)	4,11	0,2633	118,48
S2CV4(A)	3,50	0,2115	127,02
S2CV4(B)	4,43	0,2951	125,68
S3CV1(A)	1,63*	0,0023*	11,65*
S3CV1(D)	1,66*	0,0317*	19,79*
S3CV2(C)	1,61*	0,0045*	14,69*
S3CV2(A)	3,51	0,2390	110,66
S3CV2(B)	4,15	0,2323	154,27
S3CV2(D)	1,59*	0,0008*	11,47*
S3CV3(B)	3,24	0,2595	108,21
S3CV4(C)	1,56*	0,0082*	15,64*
S3CV4(A)	2,32*	0,0636*	59,90
S3CV4(D)	1,49*	0,1325	42,26*
S3CV4(B)	3,10	0,1773	34,14*
S4CV1(A)	3,97	0,2415	141,12
S4CV1(B)	3,39	0,2483	110,23
S4CV2(B)	2,98	0,2178	116,66
S4CV2(E)	1,80*	0,0764	26,87*
S4CV3(A)	3,24	0,2016	121,65
S4CV4(A)	3,78	0,2365	149,04
S4CV4(B)	3,24	0,1771	129,41

* Média significativamente diferente do controle (estirpe BR 3267), ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Dunnet; S = tipo de uso do solo: 1) roçado de feijão; 2) caatinga; 3) roçado de mandioca; 4) pasto; CV = cultivares: 1) Corujinha; 2) Sempre-Verde; 3) Sedinha e 4) Azul

Entre os 21 isolados que apresentaram melhor eficiência no conjunto dos parâmetros avaliados no feijão-caupi nos vasos de Leonard, a amostragem para obter 16 isolados que contemplassem a combinação entre cada tipo de uso do solo e cultivar não pode ser completa, pelo fato de isolados provenientes de alguma combinação não terem demonstrado resultados satisfatórios com pelo menos um isolado, e não haver isolados restantes para substituição originado do mesmo tipo de uso do solo, dentro do grupo que não diferiu do controle, reduzindo o número de isolados selecionados de 16 possíveis, para 13 isolados.

Desta forma, para avaliação da competitividade em solo foram selecionados os seguintes isolados, do solo 1: S1CV1(A), S1CV2(A), S1CV2(E), S1CV2(F); do solo 2: S2CV1(A), S2CV2(A), S2CV4(A), S2CV4(B); do solo 3: S3CV2(A), S3CV2 (B); e do solo 4: S4CV1(A), S4CV3(A) e S4CV4(A). Neste experimento, houve efeito significativo en-

tre os tratamentos para biomassa seca da parte aérea ($P=0,0007$) e para eficiência relativa ($P=0,0008$). De acordo com Bohrer & Hungria (1998), que avaliaram o potencial simbiótico de cultivares de soja, estas variáveis são as que melhor exprimem o processo da FBN.

As plantas inoculadas com os isolados produziram biomassa na parte aérea equivalente às plantas que receberam a estirpe recomendada ou o nitrogênio mineral, com exceção das plantas inoculadas com o isolado S2CV2(A). As plantas não inoculadas também produziram biomassa semelhante àquelas inoculadas com a estirpe BR 3267 (Figura 1).

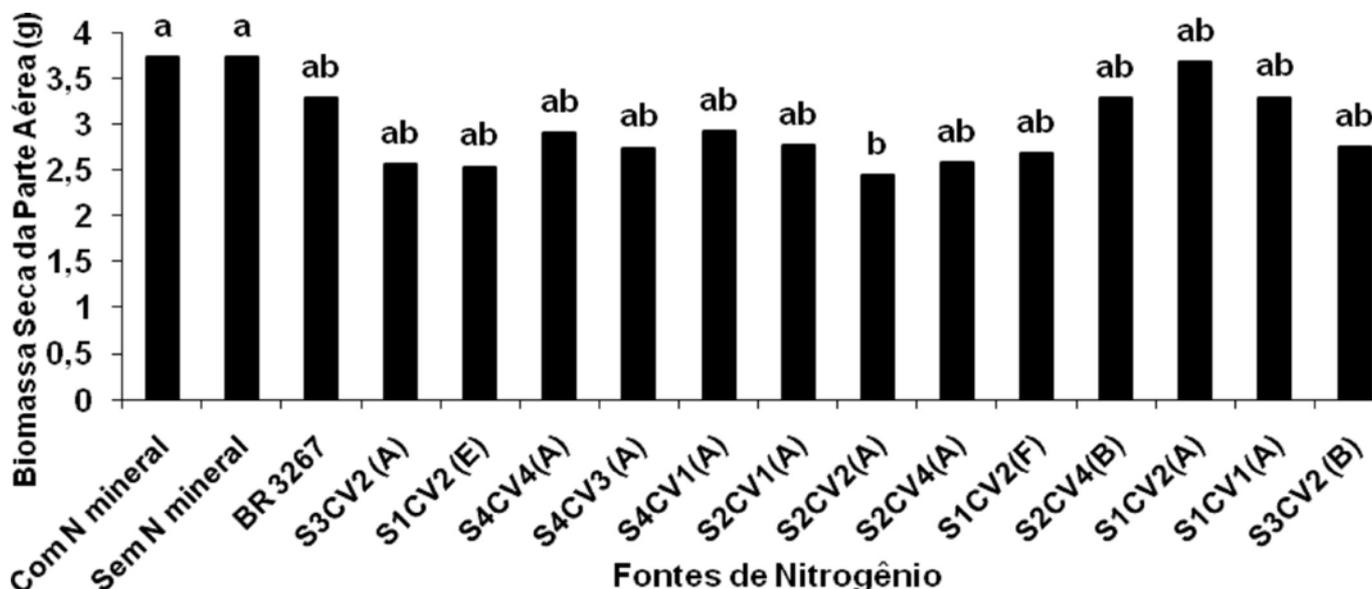
Este fato demonstra a fixação do nitrogênio atmosférico pelos isolados utilizados ou por rizóbios nativos do solo. A análise do número mais provável de células de rizóbio do solo utilizado apresentou uma grande população de rizóbios capaz de nodular o feijão-caupi cv. Sempre-Verde, tendo uma população de $1,14 \times 10^6$ ufc g de solo⁻¹, o que pode justificar uma competição entre os isolados de rizóbios inoculados e os rizóbios nativos pelos sítios de infecção, já que o solo não foi esterilizado.

Thies (1991) avaliou a capacidade de nodulação e de fixação de nitrogênio de nove leguminosas, entre elas o feijão-caupi, através da inoculação de estirpes recomendadas em solos com populações de rizóbios nativos que variaram de 0 a $5,3 \times 10^4$ ufc g de solo⁻¹. Neste estudo, a competição do rizóbio indígena por ocupação de nódulo não foi necessariamente o principal fator determinante do fracasso para obter uma resposta significativa da inoculação. Os resultados sugeriram que a presença de uma população rizobiana adequada aos requisitos para fixação de N₂ do hospedeiro foi a razão principal para o fracasso das culturas para responder à inoculação. Isolados provenientes de populações nativas podem ser tão eficientes quanto as estirpes recomendadas na fixação biológica de nitrogênio. Além disso, trabalhos têm demonstrado alta similaridade entre isolados nativos e estirpes introduzidas a partir de inoculantes (Ferreira & Hungria, 2002).

Os resultados encontrados no presente trabalho corroboraram os encontrados por Nascimento et al. (2008), avaliando o desenvolvimento e a produção do feijão-caupi em condições de campo, onde tanto a inoculação com estirpes recomendadas, como a fixação pela população nativa, permitiram produção de biomassa e grãos no caupi semelhante à da adubação com 50 Kg ha⁻¹ de N.

Os isolados testados apresentaram grande eficiência na fixação do nitrogênio, parte deles com produção de biomassa equivalente a 80%, ou mais, da biomassa produzida pelo tratamento com N mineral (Figura 2). Soares et al., (2006) encontrou comportamento semelhante com relação a BSPA do feijão-caupi e a eficiência relativa de dois isolados nativos de solos da Amazônia, quando comparados com o tratamento nitrogenado. Esses mesmos isolados foram considerados adaptados a alta temperatura e acidez do solo, com potencial para utilização como inoculante para o feijão-caupi cultivado na região Nordeste (Moreira, 2005).

À medida que houve aumento da biomassa seca de nódulos, aumentou também a biomassa seca da parte aérea (Figura



CV: 16% - R²: 0,80

Figura 1. Biomassa seca da parte aérea de plantas de feijão-caupi cv. Sempre-Verdes cultivadas em vasos com solo, inoculadas com 13 isolados de rizóbios de solos do agreste paraibano ou com uma estirpe recomendada ou cultivada com presença e ausência de nitrogênio mineral

Figure 1. Aboveground biomass of cowpea plants (*Sempre-Verdes* variety), cultivated in pots with soil, inoculated with a recommended strain or with 13 rhizobia isolates, obtained from soil samples taken in the Agreste of Paraíba state, or cultivated with or without mineral nitrogen

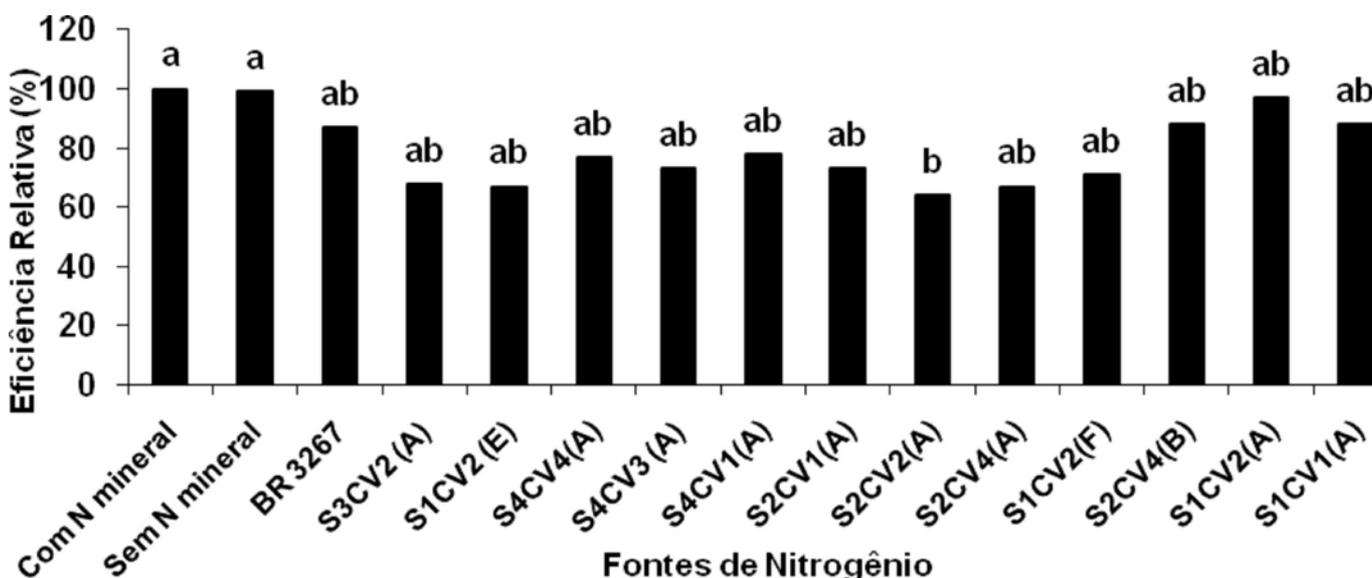
ra 3), sendo encontrado um alto coeficiente de correlação entre estas duas variáveis.

Pimratch et al. (2004 a, b) sugeriram que o acúmulo de BSPA é a característica mais confiável para seleção de cultivares com maior potencial simbiótico em solos com baixa disponibilidade de nitrogênio. O potencial em fixar nitrogênio dos isolados foi de fundamental importância para a produção de biomassa, que demonstrou relação com a efetiva capacidade de fornecimento de N pelos isolados testados, demonstrado

pelo alto coeficiente de correlação encontrado para a eficiência relativa e a produção de biomassa seca da parte aérea.

Da mesma forma que a produção de biomassa, o nitrogênio total foi influenciado pela eficiência dos isolados em fixar nitrogênio. Quanto maior a eficiência do isolado, maior a quantidade de nitrogênio presente na planta (Figura 4).

Silva (2007) também encontrou alta correlação envolvendo as variáveis de biomassa seca da parte aérea, nitrogênio total e eficiência relativa de isolados inoculados em plantas



CV: 17% - R²: 0,73

Figura 2. Eficiência relativa da parte aérea de plantas de feijão-caupi, cv. Sempre-Verdes cultivadas em vasos com solo, inoculadas com 13 isolados de rizóbios de solos do agreste paraibano ou com uma estirpe recomendada ou cultivada com presença e ausência de nitrogênio mineral

Figure 2. Relative effectiveness of the aboveground biomass of cowpea plants (*Sempre-Verdes* variety), cultivated in pots with soil, inoculated with a recommended strain or with 13 rhizobia isolates, obtained from soil samples taken in the Agreste of Paraíba state, or cultivated with or without mineral nitrogen

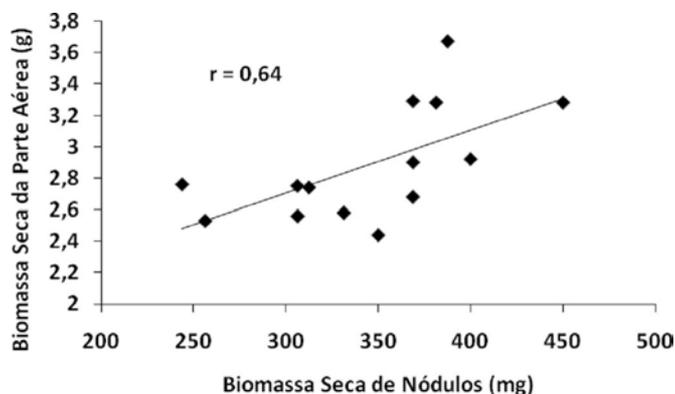


Figura 3. Correlação entre a biomassa seca de nódulos e a biomassa seca da parte aérea de plantas de feijão-caupi cv. Sempre-Verdes cultivadas em vasos com solo, inoculadas com 13 isolados de rizóbios de solos do agreste paraibano e uma estirpe recomendada. Os pontos representam a média de 3 repetições

Figure 3. Correlation between aboveground and nodule biomasses of cowpea plants (Sempre-Verdes variety), cultivated in pots with soil, inoculated with a recommended strain or with 13 rhizobia isolates, obtained from soil samples taken in the Agreste of Paraíba state. The points correspond to averages of 3 replications

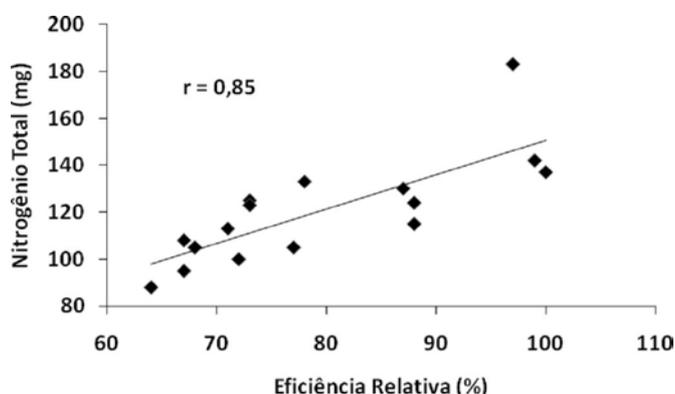


Figura 4. Correlação entre a eficiência relativa e o nitrogênio total da parte aérea de plantas de feijão-caupi cv. Sempre-Verdes cultivadas em vasos com solo, inoculadas com 13 isolados de rizóbios de solos do agreste paraibano, uma estirpe recomendada, presença e ausência de nitrogênio mineral. Os pontos representam a média de 3 repetições

Figure 4. Correlation between relative effectiveness and total nitrogen in the aboveground parts of cowpea plants (Sempre-Verdes variety), cultivated in pots with soil, inoculated with a recommended strain or with 13 rhizobia isolates, obtained from soil samples taken in the Agreste of Paraíba state. The points correspond to averages of 3 replications

de amendoim cultivadas em solo da Zona da Mata de Pernambuco.

Apesar da alta correlação entre as variáveis relacionadas com a fixação biológica de nitrogênio e biomassa seca da parte aérea, ressalva deve ser feita com relação à importância do processo de fixação biológica com relação ao feijão-caupi, quando se tem por objetivo a produção de grãos. Pimrath et al. (2004b) relatam alta correlação entre o acúmulo de MSPA e o peso de 100 grãos, indicando que a FBN pode contribuir para aumento de produtividade,

entretanto, em menor escala quando comparada à contribuição para o crescimento vegetativo.

CONCLUSÕES

A cultivar de feijão-caupi Sempre-Verde respondeu à adição de nitrogênio e à inoculação.

Os isolados de rizóbio ou os rizóbios nativos do solo do município de Remigio apresentaram capacidade de fixação de nitrogênio atmosférico.

Os isolados de rizóbio ou os rizóbios nativos foram capazes de promover o desenvolvimento do feijão caupi equivalente ao desenvolvimento das plantas que receberam adubação com N mineral ou inoculação com estirpe recomendada.

A biomassa da parte aérea e o N total do caupi correlacionaram-se altamente com a eficiência relativa dos isolados testados.

AGRADECIMENTOS

A CAPES pelo apoio financeiro.

LITERATURA CITADA

- Bezerra Neto, E.; Barreto, L.P. Métodos de análises químicas em plantas. Recife: Imprensa Universitária da UFRPE, 2004. 165p.
- Bohrer, T.R.J.; Hungria, M. Avaliação de cultivares de soja quanto à fixação biológica do nitrogênio. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.33, n.12, p. 937-952, 1998.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- Bergensen, F.J.; Brockwell, J.; Gibson, A.H.; Schwinghamer, E.A. Studies of natural populations and mutants of *Rhizobium* in the improvement of legume inoculants. Plant and Soil, v.46, supplement 1, p.3-16, 1971.
- Cavalcanti, F. J. de A. Recomendações de Adubação para o Estado de Pernambuco (2ª aproximação). Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco, 1998. 198p.
- Ferreira, M.C.; Hungria, M. Recovery of soybean inoculant strains from uncropped soils in Brazil. Fields Crops Research v.79, n.2/3, p. 139-152. 2002.
- Hafeez, F.Y. Competition between effective and less effective strains of *Bradyrhizobium* spp. for nodulation in *Vigna radiata*. Biology and Fertility of Soils, v.33, n.5, p. 382-386, 2001.
- Hungria, M.; Campo, R.J. Fixação biológica do nitrogênio em sistemas agrícolas. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 30, 2005, Recife. Anais... Recife: SBS, 2005. CD Rom.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Sistema IBGE de recuperação automática - SIDRA, 2007. <http://www.sidra.ibge.gov.br>. 15 Maio 2009.

- Moreira, F.M.S. Estirpes de bactérias altamente eficientes que fornecem nitrogênio para caupi foram selecionadas na UFLA e já são recomendadas para produção de inoculantes comerciais. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2005. 12p. (Boletim de Extensão, 102).
- Moreira, F.M.S.; Siqueira, J.O. Microbiologia e bioquímica do solo. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2006. 729p.
- Nascimento, C.S.; Lira Junior, M.A.; Stamford, N.P.; Freire, M.B.G.S.; Sousa, C.A. Nodulação e produção do caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) sob efeito de plantas de cobertura e inoculação. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 32, n.2, p. 579-587, 2008.
- Nascimento, L.R.S. Diversidade e eficiência de rizóbios nativos do agreste da Paraíba, capazes de nodular o feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2009. 75p. Dissertação Mestrado.
- Norris, D.O.T.; Mannetje, L. The symbiotic specialization of African *Trifolium* spp. in relation to their taxonomy and their agronomic use. East African Agricultural and Forest Journal, v.29, n.2, p. 214-235, 1964.
- Pimratch, S. Heritability and correlation for nitrogen fixation and agronomic traits of peanut (*Arachis hypogaea* L.). Songklanakarin Journal Science Technology, v.26, n.3, p. 305-315, 2004a.
- Pimratch, S.; Jogloy, S.; Toomsan, B.; Jaisil, P.; Kesmala, T.; Patanothai, A. Evolution of seven peanut genotypes for nitrogen fixation and agronomic traits. Songklanakarin Journal Science Technology, v.26, n.3, p. 295- 304, 2004b.
- Rede de Laboratórios para Recomendação, Padronização e Difusão de Tecnologia de Inoculantes Microbianos de Interesse Agrícola - RELARE. In: Reunião da Rede de Laboratórios para Recomendação, Padronização e Difusão de Tecnologia de Inoculantes Microbianos de Interesse Agrícola, 13., Londrina-PR. Anais... Londrina: Embrapa Soja, 2007. 212p.
- Rumjanek, N.G. Fixação biológica de nitrogênio. In: Freire Filho, F.R.; Lima, J.A.A.; Ribeiro, V.Q. (Ed). Feijão-caupi: avanços tecnológicos. Brasília, DF: Embrapa, 2005. p. 279-335.
- Santos, C.E.R.S.; Stamford, N.P.; Borges, W.L.; Neves, M.C.P.; Runjanek, N.G.; Nascimento, L.R.S.; Freitas, A.D.S.; Vieira, I.M.M.B.; Bezerra, R.V. Faixa hospedeira de rizóbios isolados das espécies *Arachis hypogaea*, *Stylosanthes guyanensis* e *Aeschynomene americana*. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v.2, n.1, p. 20-27, 2007.
- SAS Institute. SAS Learning Edition 2.0. Cary: SAS, 2004. CD Rom for Windows 32-bits.
- Silva, M.F. Efetividade da inoculação com *Bradyrhizobium* spp. em amendoim cultivado em solo da zona da mata de Pernambuco. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2007. 56p. Dissertação Mestrado.
- Soares, A.L.L.; Pereira, J.P.A.R.; Ferreira, P.A.A.; Vale, H.M.M.; Lima, A.S.; Andrade, M.J.B.; Moreira, F.M.S. Eficiência agrônômica de rizóbios selecionados e diversidade de populações nativas nodulíferas em perdões (MG): I - caupi. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 30, n. 5, p. 795-802, 2006.
- Thies, J.E.; Singleton, P.W.; Bohlool, B.B. Influence of the size of indigenous rhizobial populations on establishment and symbiotic performance of introduced rhizobia on field grown legumes. Applied and Environmental Microbiology, v. 57, n. 1, p. 19-28, 1991.
- Vincent, J.M. A manual for the practical study of root nodule bacteria. Scientific Publications Oxford: Blacwell Scientific, 1970. 164 p.
- Zilli, J.L.E. Caracterização e seleção de estirpes de rizóbio para inoculação de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) em áreas do cerrado. Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2001. 137 p. Dissertação Mestrado.